



UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

REGINA CÉLIA

**DESENVOLVIMENTO DE MICROCÁPSULAS BACTERICIDAS CONTENDO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Syzygium aromaticum* (CRAVO-DA-ÍNDIA) E *Schinus
terebinthifolius* Raddi (PIMENTA ROSA) PARA HIGIENIZAÇÃO EM COLCHÃO
HOSPITALAR**

São José dos Campos
2021

REGINA CÉLIA

**DESENVOLVIMENTO DE MICROCÁPSULAS BACTERICIDAS
CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL DE *Syzygium aromaticum* (CRAVO-DA-ÍNDIA) E
Schinus terebinthifolius Raddi (PIMENTA ROSA) PARA HIGIENIZAÇÃO EM
COLCHÃO HOSPITALAR**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica como complementação dos créditos necessários para obtenção de grau de Dra. Engenharia Biomédica

Orientadora: Prof.^a Dra. Lucia Vieira

São José dos Campos
2021

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

Ficha catalográfica

Célia, Regina

Desenvolvimento de microcápsulas bactericidas contendo óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) E *Schinus terebinthifolius* Raddi (pimenta rosa) para higienização em colchão hospitalar / Regina Célia; orientadora, Profa. Dra. Lucia Vieira. - São José dos Campos, SP, 2021.

1 CD-ROM, 68 p.

Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

1. Engenharia Biomédica. 2. Microcápsulas. 3. Produtos com Ação Antimicrobiana. I. Vieira, Profa. Dra. Lucia, orient. II. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

Eu, Regina Célia, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 24 de Março de 2022.



Autor(a) da Obra

Data da defesa: 09 / 12 / 2021

REGINA CELIA

**"DESENVOLVIMENTO DE MICROCÁPSULAS BACTERICIDAS CONTENDO ÓLEO
ESSENCIAL DE SYZYGIUM AROMATICUM (CRAVO-DA-ÍNDIA) E SICHINUS
TEREBENTHIFOLIUS (PIMENTA ROSA) PARA HIGIENIZAÇÃO DE COLCHÃO
HOSPITALAR."**

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba – Univap, pela seguinte banca examinadora:

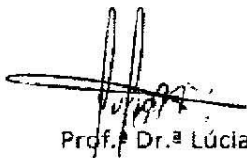
PROF. DR. ALESSANDRO CORRÊA MENDES _____

PROF.ª DR.ª LÚCIA VIEIRA _____

PROF. DR. NEWTON SOARES DA SILVA _____

PROF. DR. BRUNO GUEDES FONSECA - Unifatea _____

PROF. DR. RICARDO MENDONÇA NEVES DOS SANTOS - Unifatea _____


Prof.ª Dr.ª Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 09 de dezembro 2021.

AGRADECIMENTO A DEUS

SENHOR, por muitos nomes te chamamos, pai, irmão, lar, amigo, de muitas maneiras estás conosco em nossas vidas, foste inspiração, orientação, força e estímulo, em minha vocação, fostes amparo quando em minhas dificuldades iniciais, fostes amigo e confidente em minhas noites de solidão, fostes o incentivador em minhas dificuldades de estudo e aprendizado, fostes primeiramente, o corpo indefeso e imprescindível através da qual aprendi um pouco sobre a perfeição na qual nos criastes, andastes sempre comigo e muitas vezes, me levastes nos braços, hoje, chegando ao final desta etapa de minha caminhada, quero agradecer, pois sei que não estaria aqui, se não tivesses caminhado comigo. **AMÉM**

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Para a professora Dra. Lucia Vieira, por ter dedicado o seu tempo para me orientar, ser a minha inspiração na vida acadêmica, com quem eu aprendo só de estar sentada ao lado. Obrigada pela sua generosidade em dividir o seu conhecimento, sua ética e sua humildade e por todos os anos em que estivemos juntas pesquisando, refletindo, compartilhando, e principalmente nos divertindo. Aprendi contigo que o espaço acadêmico é um local de desenvolvimento teórico e pessoal e de que nada adianta um saber se ele não está a serviço da sociedade.

Minha eterna gratidão.

HOMENAGEM AOS FUNCIONÁRIOS DE TODO IP&D – UNIVAP

“Ao distanciar-me da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), deixo um abraço fraterno e a amizade, carinho e respeito, pelo simples convívio com funcionários e a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação.”

AOS MEUS PAIS AUSENTES, MAS PRESENTES EM MEU CORAÇÃO

(in memoriam)

“**VOCÊS** vieram, cumpriram a sua missão e se foram. **VOCÊS** partiram antes mesmo que esse grande momento chegasse. Partiram deixando uma saudade imensa, um vazio, às vezes sufocante. A lembrança de seu amor e sua garra me deu forças para prosseguir com meus sonhos. E foi esse amor que me tornou capaz de superar os momentos mais difíceis de chegar até aqui. Consegui. Estou concluindo mais uma etapa na minha formação profissional. E tenho no fundo do coração a certeza de que **VOCÊS** estiveram olhando por mim. Por isso, no dia da minha apresentação, quando meu nome for chamado para comparecer diante da Banca, ouvirei seus aplausos e compartilharei com **VOCÊS** minha alegria. Obrigado por tudo e por todos os momentos felizes que vivemos e saibam que se tenho algo de especial e importante em minha vida, é o orgulho de ser eternamente, **SUA FILHA**”

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Milton Beltrame Junior, Magnifico Reitor da Universidade do Vale do Paraíba – por sua valiosa ajuda para que pudesse realizar esta pesquisa.

Agradeço a orientadora, Dra. Lucia Vieira, por sua dedicação e incentivo durante todo o período de em que estive realizando esta pesquisa.

Agradeço aos professores das disciplinas estudadas, pela paciência de transmitir seus conhecimentos quando em minhas dúvidas.

Aos colegas do Laboratório de NanoTecPlasma, Thaisa Baesso, Polyana Radi, Michely Glenda, Larissa Lobo, Lucas Manfroi e Paulo Macário, pelo apoio e motivação que tornou possível a realização dessa tese.

Ao Prof. Jorge Benedito Jofee Feire e Jorge Damião de Souza pela sua valiosa ajuda na construção da Microcápsulas.

Agradeço a Prof.^a Me. Mara Filomena Falavigna, pelo apoio e motivação que tornou possível a realização dessa Tese.

Agradeço ao Prof. Neir da Secretaria de Saúde de Lorena por sua contribuição nesta pesquisa.

Ao Priscila Leite da Central Analítica pela ajuda na realização dos testes microbiológicos.

Ao prof. José Vicente Martins, pela colaboração, incentivo, amizade que sempre me dedicou durante a realização deste trabalho.

À “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES”, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma em determinados momentos me ajudaram a percorrer este caminho.

Minha eterna gratidão

CELIA, Regina. **Desenvolvimento de microcapsulas bactericidas contendo óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) E *Schinus terebinthifolius* Raddi (pimenta rosa) para higienização em colchão hospitalar.** 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São Jose dos Campos, 2021.

RESUMO

O principal objetivo desse trabalho foi desenvolver microcápsulas bactericidas para higienização de colchão hospitalar. Para tanto procurou-se materiais biológicos que tivessem propriedade bactericida. Optou-se pelo *Syzygium aromaticum* e por *Schinus terebinthifolius* Raddi, popularmente conhecidos como cravo-da-índia e pimenta rosa, respectivamente, reconhecidos pelas comprovadas ações inseticida, bactericida e antifúngica. Dentre os materiais de paredes das microcápsulas, optou-se pela goma arábica, por sua alta solubilidade em água, e capacidade emulsificante, devido à fração proteica que se liga aos blocos de carboidratos hidrofílicos, sendo essas cadeias de proteínas capazes de adsorver na interface óleo/água. A gelatina, também foi utilizada por seu caráter anfótero, e por poder atuar como molécula catiônica ou aniônica, dependendo do pH do meio. O glutaraldeído é um agente químico usado para formação de ligações cruzadas em proteínas. Sua estrutura, com dois aldeídos terminais, é amplamente utilizada na reticulação de microcápsulas produzidas por coacervação. O óleo essencial cravo-da-índia em concentração 1,78% e o óleo essencial pimenta rosa em concentração de 0,06% comprovaram sua eficácia pelas análises microbiológicas, que demonstraram a formação do halo inibitório. Como perspectivas futuras, sugere-se a realização de estudos direcionados para evidenciar efeitos “*in vitro*”, sobre diferentes bactérias e fungos de importância clínica e ambiental.

Palavras-chave: Microcápsulas; Coacervação complexa; *Syzygium aromaticum*; *Schinus terebinthifolius* Raddi; Infecção; Hospitalar; Antimicrobiana.

CÉLIA, R. Development of bactericide microcapsules containing essential oil of *Syzygium aromaticum* (cloves) and *Schinus terebinthifolius* Raddi (brazilian pepper tree) for hygienization in hospital mattress. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São Jose dos Campos, 2021.

ABSTRAT

The main objective of this work was to develop bactericidal microcapsules for use in hospital mattress hygiene. For this purpose, biological materials that had bactericidal properties were sought. We opted for cloves whose scientific name is *Syzygium aromaticum* for having proven bactericidal, insecticidal action, among others, also for pink pepper whose scientific name is *Schinus terebinthifolius* Raddi for its proven insecticidal, bactericidal, and antifungal action. Among the wall materials, gum arabic was chosen due to its high solubility in water, and its emulsifying capacity due to the protein fraction that binds to hydrophilic carbohydrate blocks, and these protein chains are capable of adsorbing at the oil/water interface. Gelatin was also used for its amphoteric character, and for being able to act as a cationic or anionic molecule, depending on the pH of the medium. Glutaraldehyde is a chemical agent used to form cross-links in proteins. Its structure with two terminal aldehydes is widely used in the crosslinking of microcapsules produced by coacervation. The clove essential oil at a concentration of 1.78% and the pink pepper essential oil at a concentration of 0.06% proved their effectiveness through microbiological analyzes shown by the formation of an inhibitory halo. As future perspectives, it suggests the carrying out of directional studies to evidence “in vitro” effects on different bacteria and fungi of clinical and environmental importance.

Keywords: microcapsules; complex coacervation; hospital infection and antimicrobial activity

“Não deixe que o barulho das opiniões dos outros abafe sua própria voz interior. E o mais importante, tenha a coragem de seguir seu coração e intuição. De alguma forma, eles já sabem o que você realmente quer se tornar. Todo o resto é secundário”.

(Steve Jobs)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotomicrografia da cepa <i>Staphylococcus aureus</i> vista através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	23
Figura 2 - Bactérias encontradas nos colchões hospitalares.....	31
Figura 3 - Bactérias do gênero <i>Staphylococcus</i>	31
Figura 4 - Botões florais secos de cravo-da-índia (<i>Syzygium aromaticum</i>)	33
Figura 5 – <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi com folhagem abundante (a) e frutos da mesma planta na cor vermelha (b).....	34
Figura 6 - Exsudato gomoso no tronco da Acácia.....	36
Figura 7 - Desenho esquemático do processo de (a) coacervação e (b) coacervação complexa	42
Figura 8 – Fluxograma do processo	45
Figura 9 - Micrografias de microcápsulas de goma arábica, gelatina e glutaraldeído, óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa	54
Figura 10 - contém uma fotografia da medição do halo inibitório referente a solução (1) de goma arábica, gelatina e glutaraldeído, solução (2) de óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa e glutaraldeído e a solução (3) de óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa. A análise foi realizada em triplicata.	55
Figura 11 - Fotografias do processo de medição do halo inibitório	56
Figura 12 – Gráfico contendo os espectros de FT-IR nos modos transmitância Figura 12a e Figura 12b absorbância das amostras de cápsula de gelatina com e sem óleo essencial cravo-da-Índia, óleo essencial pimenta rosa e dos espectros respectivos óleos puros.	58

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes	26
Tabela 2 – Métodos de microencapsulação: vantagem e desvantagem.....	41

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Fórmula química estrutural dos componentes do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) nos botões florais secos (BFS) e as principais atividades descritas na literatura para cada componentes..... 34
- Quadro 2 - Fórmula química estrutural dos componentes do óleo essencial pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) 36
- Quadro 3 - Fórmula química estrutural e atividade dos componentes Goma arábica..... 37
- Quadro 4 - Fórmula química estrutural dos componentes Glutaraldeido, classe a que pertencem e as principais atividades descritas na literatura para cada componente. 38
- Quadro 5 - Fórmula química estrutural do monômero da Gelatina..... 40
- Quadro 6 - Composição das soluções de microcápsulas coacervadas..... 46
- Quadro 7 – Modo vibracional e o número de onda correspondente aos grupos funcionais referentes a estrutura do óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, encontrados nas soluções 2 e 3, grupos funcionais referentes as estruturas de goma arábica e gelatina encontrados nas soluções 1, 2 e grupos funcionais referentes as estruturas de goma arábica e gelatina encontrados na solução 3..... 58

ABREVIACOES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
°C	Celsius
CMH	Caldo Mueller -Hinton
KDa	Quilodalton
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NaOH	Hidróxido de sódio
NBR	Normas brasileiras
PI	Ponto Isoelétrico
pH	Potencial hidrogeniônico
SUS	Sistema nico de Saúde
MS	Ministério da Saúde
UV	Ultravioleta
ISSO	Organização Internacional de Normalização
FTIR	Espectroscopia de Infravermelhos com Transformadas de Fourier
IRAS	Infecção Relacionada  Assistência  Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
HCl	cido clorídrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	FORMAS DE CONTAMINAÇÃO DO COLCHÃO.....	20
3.2	INFECÇÕES CAUSADAS PELAS BACTÉRIAS PRESENTES EM COLCHÕES HOSPITALARES	21
3.3	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	22
3.4	COLCHÕES UTILIZADOS NO LEITO HOSPITALAR	23
3.5	PRINCIPAIS BACTÉRIAS ENCONTRADAS EM COLCHÕES HOSPITALARES	24
3.6	ÓLEO ESSENCIAL	32
3.7	ÓLEO ESSENCIAL DO CRAVO-DA-ÍNDIA.....	33
3.8	ÓLEO ESSENCIAL DA PIMENTA ROSA.....	34
3.9	GOMA ARÁBICA	36
3.10	GLUTARALDEIDO	38
3.11	GELATINA	39
3.12	MÉTODOS DE ENCAPSULAMENTO DE FITOTERÁPICOS.....	40
3.13	COACERVAÇÃO.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1	REAGENTES DE ENCAPSULAÇÃO.....	43
4.2	PROCEDIMENTO DA SÍNTESE DAS MICROCÁPSULAS.....	43
4.3	MÉTODOS ANALÍTICOS	46
4.3.1	<i>Microscopia Óptica</i>	46
4.3.2	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	46
4.4	ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA VIA FT-IR.....	48
4.5	ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADAS DE FOURIER (FT-IR).....	48
4.6	TESTES MICROBIOLÓGICOS.....	49
4.7	MICROORGANISMO, INÓCULO E MEIO DE CRESCIMENTO.....	49
4.8	OBTENÇÃO DA CONCENTRAÇÃO MÍNIMA INIBITÓRIA (CMI)	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52

5.1	ÓLEO ESSENCIAL PIMENTA ROSA.....	52
5.2	ÓLEO ESSENCIAL CRAVO-DA-ÍNDIA	52
5.3	ANÁLISE MORFOLÓGICAS DAS MICROCÁPSULAS	53
5.4	RESULTADOS DO TESTE MICROBIOLÓGICOS	54
5.5	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA	56
5.5.1	<i>Disco difusão</i>	56
5.6	ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA VIA FT-IR	57
6	CONCLUSÃO	60
7	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

O ambiente hospitalar é um grande reservatório de patógenos virulentos e oportunistas. Dentre as variáveis responsáveis pela proliferação de bactérias dentro de hospitais estão os próprios profissionais da saúde, que se expõe constantemente a sangue e fluídos corporais dos pacientes (JAGGER; BALON, 1995, MITCHELL; SPENCER; EDMISTON, 2015).

Aqueles que trabalham em unidades menores, como clínicas e ambulatórios ou ambientes em que equipamentos de proteção individual podem ser menos acessíveis, comparados aos grandes hospitais, estão ainda mais vulneráveis a estes microorganismos. Somado a estes fatos, há de se considerar o deslocamento destes profissionais em meios de transporte públicos, com seus uniformes de trabalhos, que acabam se tornando vetores de migração de fora para dentro das unidades de saúde e vice-versa (OTTER; FRENCH, 2009).

Cabe ainda ressaltar que é um fato preocupante a permanência de agentes infecciosos nos leitos após a limpeza/desinfecção, pois se sabe que, por se tratar de limpeza terminal, outros pacientes irão ocupar esses leitos e não há como descartar a possibilidade de colonização ou de infecção por microorganismos deixados nesses colchões, principalmente considerando que podem sobreviver em superfícies por razoável período (KRAMER; SCHWEBKE; KAMPF, 2006).

De acordo com Baptista e Pimenta (2015), várias espécies bacterianas são capazes de se disseminar no ambiente hospitalar. No grupo das enterobactérias, os gêneros mais frequentes isolados em amostras biológicas são *Escherichia coli*, *Klebsiella ssp.*, *Serratia ssp.*, *Proteus ssp.*, *Enterobacter ssp.*, *Providencia ssp.*, *Morganella ssp.*, *Salmonella sp.* e *Shigella sp.* Nos centros de terapia intensiva (CTI), as bactérias mais frequentes são *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi desenvolver microcápsulas com polímeros naturais (Goma Arábica, Gelatina) com a incorporação dos óleos essenciais de cravo-da-índia e óleos essenciais da pimenta rosa, para higienização de colchão hospitalar.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver microcápsulas bactericidas para higienização de colchão hospitalar

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Descrever os agentes fitoterápicos com base em seus componentes bactericidas;
- ✓ Avaliar as microcápsulas pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Infravermelho com Transformadas de Fourier (FT-IR).
- ✓ Avaliar as microcápsulas desenvolvidas por análise microbiológica;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FORMAS DE CONTAMINAÇÃO DO COLCHÃO

São possíveis causas da contaminação dos colchões hospitalares: falhas na execução da limpeza e desinfecção (MUNDIM *et al.*, 2003; MANIAN *et al.*, 2011), estado de conservação das coberturas dos colchões (SHERERTZ, 1985; ROBERTSON, 1980) e adesão insuficiente da higienização das mãos pelos profissionais da saúde (OLIVEIRA, 2012).

A primeira causa pode ser explicada pela ausência da normatização desses processos, como por exemplo, a falta de parâmetros do tempo de contato, do tipo de fricção e do material que será utilizado para friccionar o produto nas superfícies (BATHKE *et al.*, 2013).

Assim como pela ineficiência de alguns desses produtos contra bactérias e fungos, como acontece com o fenol, e a perda da eficácia do álcool a 70% na presença de matéria orgânica quando a limpeza não é feita previamente à desinfecção (FERREIRA *et al.*, 2013).

Conforme foi verificado em estudos que analisaram a efetividade do procedimento de limpeza e desinfecção dos colchões, ainda existem outros fatores responsáveis pela ineficiência desses procedimentos como a falta de capacitação dos profissionais que os executam (MUNDIM *et al.*, 2003).

A segunda causa, pode ser explicada pela perda da impermeabilidade da superfície dos colchões, devido a rasgos ou orifícios, que facilitam a contaminação de seu conteúdo (ROBERTSON *et al.*, 1980).

A terceira causa se deve, supostamente, a alta quantidade de tarefas, alergias na pele causadas pelos produtos utilizados para a higienização, necessidade de transitar frequentemente até a pia, que por vezes pode ser distante, falta de acessibilidade aos produtos, conhecimento limitado, crenças, desmotivação, dentre outros fatores que dificultam a adesão desse procedimento entre os profissionais de saúde (ARAÚJO; PEREIRA, 2017).

Deve-se, portanto, atentar para a importância da limpeza dos colchões, bem como a revisão de protocolos, visando à redução e controle do potencial disseminação de microrganismos para o ambiente hospitalar. No entanto a diminuição na proliferação

microbiana nem sempre é alcançada com o controle das condições físicas do meio ambiente, nem mesmo pelos processos de limpeza frequentes, pois ela pode, por vezes, ser comprometida pela alta demanda dos leitos hospitalares (FERNANDO *et al.*, 2013).

Assim sendo, o tratamento antimicrobiano surge como um potencial meio de controle da proliferação microbiana, uma vez que, diminui/elimina o risco de infecções provocadas pelos microrganismos, notadamente patogênicos, endógenos e exógenos (SCHINDLER; HAUSER, 2005).

Os cenários apontam a necessidade de trabalhos que visem à redução das infecções em ambiente hospitalar, meios de combater, controlar e reduzir o nível de microrganismos responsáveis pela contaminação dos colchões hospitalares no que diz respeito aos produtos saneantes e insumos empregados, métodos de realização da limpeza e desinfecção. Assim como a necessidade de buscar novos recursos tecnológicos que possam minimizar os riscos da contaminação.

3.2 INFECÇÕES CAUSADAS PELAS BACTÉRIAS PRESENTES EM COLCHÕES HOSPITALARES

De acordo com Kramer, Schwebke e Kampf (2006) a permanência de agentes infecciosos nos leitos após a limpeza/desinfecção é um fato preocupante, uma vez que outros pacientes irão ocupar esses leitos e não há como descartar a possibilidade de colonização ou de infecção por microrganismos presentes nos colchões, principalmente considerando que podem sobreviver em superfícies por um período.

Além disso, as infecções hospitalares podem ser adquiridas não apenas por doentes que apresentam maior suscetibilidade, mas, também, por visitantes, familiares e equipe de trabalho, ainda que com menor frequência. Podem ser classificadas como exógenas ou endógenas, sendo que as infecções ocasionadas por microrganismos transmitidos ao paciente oriundos do ambiente e dos artigos médico-hospitalares são classificadas como exógenas (ZANON, 1994).

Por sua vez, essas condições clínicas predisponentes podem se aliar às técnicas diagnóstico-terapêuticas agressivas, invasivas e redutoras de imunidade. A associação de tais mecanismos é responsável por tornar o paciente ainda mais propenso a contrair infecções

endógenas, bem como por determinar a migração e a elevação da resistência dos microrganismos de sua própria flora, proporcionando, como consequência, infecções (ZANON, 1994).

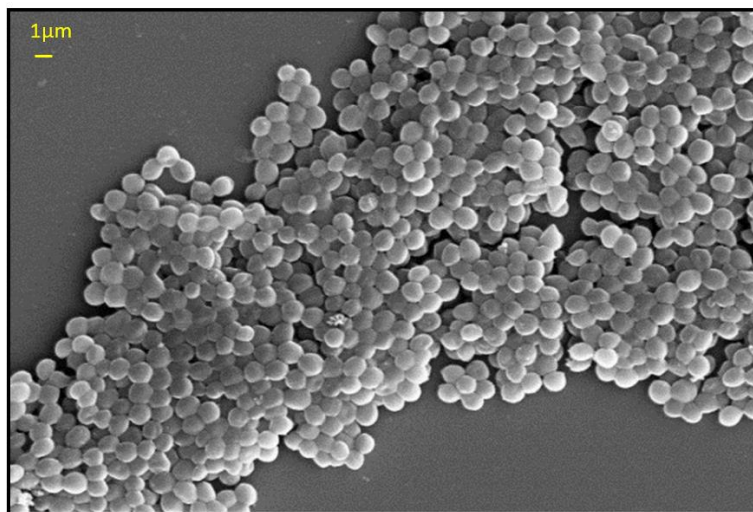
Segundo Lacerda (1997), existe um consenso entre os pesquisadores de que cerca de 70% a 80% das infecções hospitalares são de origem endógena. Em seu estudo, Oliveira (1999) afirma que as IRAS podem ocorrer por meio de bactérias adquiridas de fonte endógenas e exógenas, sendo as fontes endógenas as mais comuns. No entanto, as fontes de contaminação exógenas, como o colchão, não devem ser negligenciadas, pois também podem ocasionar infecções.

3.3 *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

Staphylococcus são cocos Gram e catalase-positivos, com aproximadamente 0,5 a 1,5 μm de diâmetro, conforme pode ser visto na Figura 1. Apresentam a característica de imobilidade, não-esporulados e geralmente não-encapsulados e são anaeróbios facultativos. Essa bactéria apresenta-se agrupada em cachos irregulares (*staphyle*, em grego, significa cacho de uvas), devido a sua divisão celular, que ocorre em três planos perpendiculares. Este gênero compreende 33 espécies e dessas 17 podem ser isoladas de amostras biológicas humanas (SANTOS *et al.*, 2007).

De acordo com Stark (2013), *Staphylococcus aureus* pode se desenvolver de diferentes formas, e podem causar desde infecções simples até graves e potencialmente fatais, tais como pneumonia, endocardite, artrite séptica e septicemia. É encontrada como parte da microbiota normal da pele e mucosa em grande parte dos mamíferos.

Figura 1 – Fotomicrografia da cepa *Staphylococcus aureus* vista através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)



Fonte: autora (2021)

3.4 COLCHÕES UTILIZADOS NO LEITO HOSPITALAR

A Norma Brasileira Regulamentadora 13579-1 define o colchão como um “bem de consumo destinado ao repouso humano” (ABNT, 2011, p.2). Normalmente, ele é confeccionado em espuma, enquanto sua capa é composta de fibras sintéticas, como poliuretano, vinil, polietileno ou poliéster. Em relação à cobertura, deve ser impermeável a fluídos, mas permeável ao vapor (CARREIRO *et al.*, 2012).

O colchão, especialmente o hospitalar, é um local de depósito para pele descamada, podendo conter sangue, pus, entre outros resíduos biológicos. Devido ao alto índice de microrganismos existentes tanto na superfície quanto no interior dos colchões, estes podem ser considerados reservatórios de bactérias e/ou contribuir para a sua disseminação. Logo, não se pode pensar em cuidados com o paciente sem olhar para o colchão (CARREIRO *et al.*, 2012).

Segundo Arcuri (1976), o lençol que cobre o colchão não constitui uma barreira aos microrganismos, porque permite a passagem de umidade e sujidades para o colchão. Além disso, as instituições hospitalares dificilmente consideram que os cuidados de higienização dos colchões – elementos micro espaço do cliente – podem ser um dos fatores mais importantes no combate às infecções, visto que a presença de incontinência e de drenagens

provenientes do doente que ocupou anteriormente pode contribuir para maiores riscos de contaminação do cliente que vier ocupar aquele leito.

3.5 PRINCIPAIS BACTÉRIAS ENCONTRADAS EM COLCHÕES HOSPITALARES

A presença de bactérias que oferecem risco à saúde é comum em superfícies e equipamentos presentes no ambiente hospitalar. Constatou-se que em muitos pronto-atendimentos os pacientes são colocados em colchões de macas aparentemente sem desinfecção prévia, e em alguns casos, com sujidade aparente como sangue e secreções. Uma vez que os pacientes podem estar expostos a riscos e danos microbiológicos advindos do colchão (SILVA; CARREIRO; GOMES, 2016).

Segundo Baptista e Pimenta (2015), são várias as espécies bacterianas capazes de disseminar-se em ambiente hospitalar. Os gêneros mais frequentes isolados em amostras biológicas são *Escherichia coli*, *Klebsiella ssp.*, *Serratia ssp.*, *Proteus ssp.*, *Enterobacter ssp.*, *Providencia ssp.*, *Morganella ssp.*, *Salmonella sp.* e *Shigella sp.* Nas Unidade de Terapia Intensiva *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, são as mais encontradas.

A presença de bactérias multirresistentes aumenta o risco de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) considerando os diferentes contatos do cliente com o estetoscópio, colchão, mesa, roupas, travesseiros, brinquedos, termômetro, dentre outros (FERREIRA *et al.*, 2011).

Embora estes fatores ligados ao paciente sejam de grande importância, temos o ambiente hospitalar como facilitador para a transmissão de patógenos, podendo ser de forma direta e indireta. Um dos mecanismos de transmissão é o contato direto do paciente com superfícies contaminadas, sendo em especial o colchão o principal responsável por infecção cruzada, tendo como o microrganismo contaminante de maior relevância o *Staphylococcus aureus*, o qual pode ficar viável na superfície por até 75 dias se houver presença de fluido como sangue no colchão (OLIVEIRA *et al.*, 2012; ESTEVES *et al.*, 2014).

Segundo Viana (2014), os colchões hospitalares têm destaques, entre outras, pela possibilidade de apresentar superfície contaminada por microrganismos de relevância epidemiológica, mesmo após serem submetidos à limpeza terminal.

A tabela 1 apresenta as publicações que foram selecionadas na revisão integrativa, dentre elas, 11 identificaram contaminação por *Staphylococcus aureus* nos colchões, 2 por *Staphylococcus* coagulase negativa *Saprophyticus*, 1 por *Staphylococcus* negativa não *Saprophyticus*, 1 por *Staphylococcus sp.*, 1 por *Staphylococcus epidermidis*, 1 por *Serratia marcescens*, 1 por *Acinetobacter baumannii*, 1 por *Klebsiella pneumoniae*, 3 por *Pseudomonas aeruginosa.*, 1 por *Acinetobacter spp.* 2 por *Enterobacter cloacae*, 1 por *Enterococcus faecalis*, 2 por *Pseudomonas spp.*, 1 por *Bacillus spp*, 1 por coliforme fecal, 1 por *Acinetobacter calcoaceticus*.

Os artigos, teses e dissertações avaliados, contendo as pesquisas de campo, demonstraram por 28 vezes a presença de microrganismos nos colchões. Dentre elas, a espécie que prevaleceu foi *Staphylococcus aureus*, tendo sido encontrada em 11 dos 16 vezes analisados, o que representa uma prevalência de 70% em relação às bactérias do mesmo gênero e 35% do total de bactérias encontradas conforme mostram a TABELA 1.

Tabela 1 - Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes

(continua)

Nº	Ano	Periódico	Título	Resultados	Autores
01	2016	Revista Pro-Uni SUS	Methodology for the identification of <i>Staphylococcus sp.</i> On the surfaces of sketcher mattresses used roomin the emergency	Contaminação microbiológica por <i>Staphylococcus aureus e Staphylococcus coagulase</i> negativa <i>Saprophyticus e não Saprophyticus</i> de forma disseminada em todas as macas em uso no Pronto Socorro	Silva et al., 2016
02	2015	Journal of Bioenergy and Food Science	Diversidades de Bactérias ambientais e de pacientes no hospital geral de Palmas – TO	No ambiente prevaleceram a <i>Serratia marcescens</i> , <i>Staphylococcus aureus e Staphylococcus sp.</i> ambas com 22%, coletadas de diferentes locais e materiais da UTI como tubo traqueal, Ambu, colchão e monitores	Baptista e Pimenta, 2015
03	2014	Dissertação	Recuperação de bactérias resistentes de relevância epidemiológicas dos colchões de pacientes em precaução por contatos de um hospital de Belo Horizonte	Foram avaliados 51 colchões. Destes 26 apresentaram em sua superfície bactérias resistentes de relevância epidemiológica com destaque para o <i>Acinetobacter Baumannii</i> (69,2%), <i>Klebsiella pneumoniae</i> (11,5%) e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (11,5%).	Viana, 2014

Tabela 1- Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes

(continuação)

Nº	Ano	Periódico	Título	Resultados	Autores
04	2013	Revista de Enfermagem UFPE	Contamination of hospital mattresses by microorganisms of epidemiological relevance: an integrative review	Destacaram-se como principais microorganismos envolvidos na contaminação dos colchões hospitalares: <i>Staphylococcus aureus</i> .	Oliveira et al., 2012
05	2013	Revista de enfermagem UFPE	Superfícies inanimadas del ambiente hospitalário: um posible reservatório de microorganismos subestimado? Revisión Integradora	Os microrganismos mais frequentes encontrados nas superfícies dos objetos, artigos e equipamentos, foram o <i>Staphylococcus aureus</i> seguido pelo <i>Staphylococcus coagulase</i> negativo	Ferreira et al., 2011
06	2011	Revista Mineira de Enfermagem	Avaliação da técnica de desinfecção dos colchões de uma unidade de atendimento à saúde	Foi avaliada a presença de <i>Staphylococcus aureus</i> nos leitos antes e depois da desinfecção	Silva et al., 2016
07	2011	Revista da escola de Enfermagem da USP	Egg crater mattresses: a depositant of methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> ?	Das 180 placas utilizadas para coleta das amostras nos 15 colchões, 139(72,2%) foram positivas para <i>Staphylococcus aureus</i> . Desse total de positividade, 77(55,4%) e 62(44,6%) corresponderam aquela coletadas antes e depois da lavagem dos colchões respectivamente.	Ferreira et al., 2013

Tabela 1- Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes

(continuação)

Nº	Ano	Periódico	Título	Resultados	Autores
08	2010	VEREDAS FAVIP– revista eletrônica de ciências	Infecções hospitalares: principais agentes e drogas administrativas	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> encontrada em contaminações de soluções antissépticas como PVPI, circuitos respiratórios, monitores de temperaturas, colchões e demais equipamentos que mantenham contatos direto com paciente colonizado ou infectados.	Maciel, 2010
09	2006	The Journal of hospital infection	Environmental reservoirs of methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> in isolation room: correlation with patient isolates and implications for hospital hygiene	MRSA isolado em 53,57 % (45/84) das amostras obtidas dos colchões e em 28% (70/250) das amostras do ar. Similaridade genética entre espécies isoladas dos pacientes e ambientes foram verificadas.	Sexton et al., 2006
10	2006	Critical Care	Multiresistant <i>Enterobacter cloacae</i> outbreak in na intensive care unit associated with therapeutic beds.	<i>Enterobacter cloacae</i> , similar geneticamente as espécies dos pacientes foi isolada do conteúdo dos colchões de uma unidade cirúrgica de cuidados intensivos.	Vander et al., 2006

Tabela 1- Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes

(continuação)

Nº	Ano	Periódico	Título	Resultados	Autores
11	2003	Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical	Evaluation of presence of <i>Staphylococcus aureus</i> on the beds of hospital escolas intensive care unit, concerning the position on the mattress, before and after cleaning	Observou-se que dos 50 colchões avaliados, com 600 placas de cultivo, houve crescimento de <i>Staphylococcus aureus</i> em 94 (15,6%), sendo 82(87,2%) antes e 12 (12,8%) depois da limpeza e desinfecção.	Mundim et al., 2003
12	1992	The Journal of hospital Infection	Costs of na outbreak of wound infections in na orthopedic ward	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas spp</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Bacillus spp</i> e coliformes foram isolados do conteúdo dos colchões de uma unidade ortopédicas.	O'Donoghue et al., 1992
13	1991	The Journal of Hospital Infection.	A maternity hospital outbreak of methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i>	MRSA isolado em superfícies de provável contato com o períneo materno, tais como banheiros, bacias, poltronas, lavatórios, banheiras e conteúdo dos colchões.	Moore; Williams, 1991
14	1991	The Lancet	Mattresses as reservoirs of epidemic methicillin	MRSA, e outros microrganismos foram isolados da espuma dos colchões “velhos” e permeáveis à água	Ndawula; Brown, 1991

Tabela 1- Artigos, teses e dissertações relativas à contaminação dos colchoes

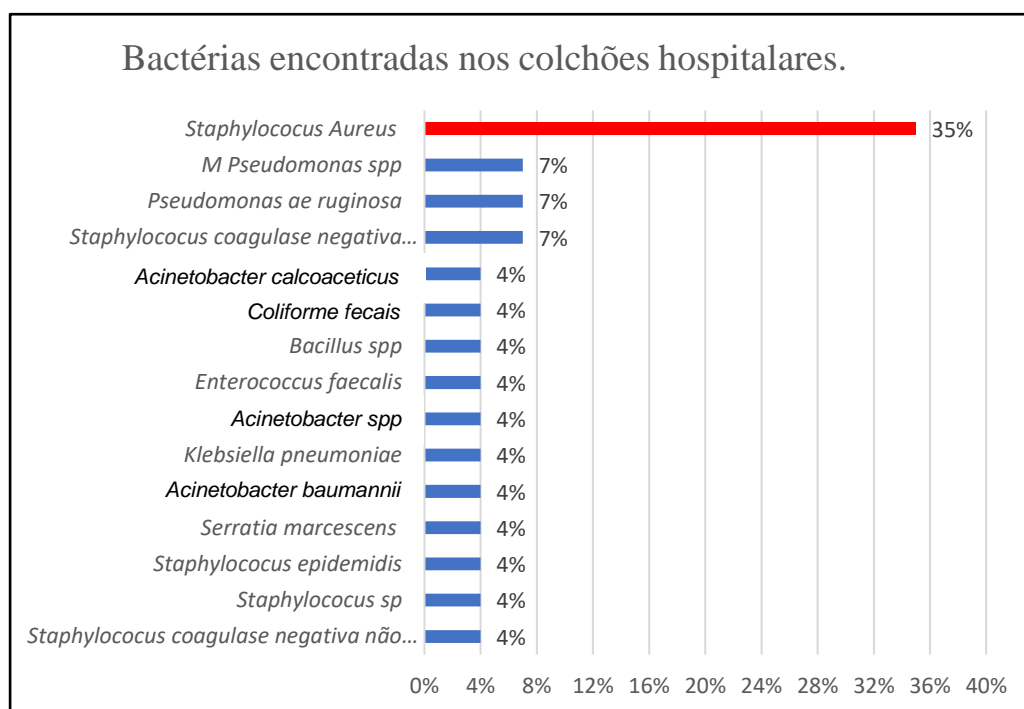
(conclusão)

Nº	Ano	Periódico	Título	Resultados	Autores
15	1985	The Journal of Infectious Diseases	Na outbreak os infections with <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> in bum patients: contaminations of patients' mattresses.	Somente nos colchões houve isolamento significantes ($p < 0,005$) de <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> . A maior parte dos colchões com culturas positivas para o microrganismo tinha a cobertura danificadas e o conteúdo molhado.	Sherertz; Sullivan, 1985
16	1981	British Medical Journal	Gentamicin resistant <i>Pseudomonas aeruginosa</i> infection from mattresses in a burns unit.	Espécie de <i>Pseudomonas</i> resistente a gentamicina isolada somente dos colchões da unidade de queimados.	Fujita et al., 1981

Fonte: A autora (2021)

A Figura 2 apresenta um gráfico do percentual relativo das bactérias citadas nos textos abordados pela revisão. Nele pode-se observar que *Staphylococcus aureus* ocupa 35% do total de espécies encontradas e que, somadas todas as bactérias pertencentes a esse gênero, elas representam 54% do total de bactérias listadas pelas pesquisas selecionadas para esta tese.

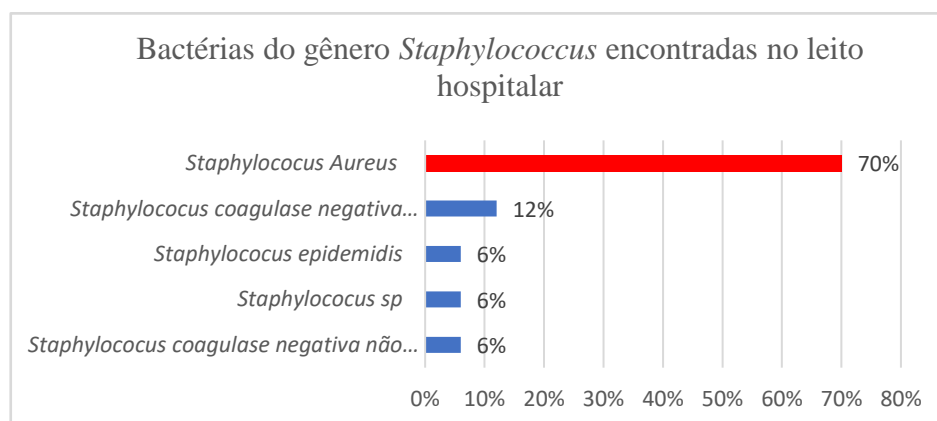
Figura 2 - Bactérias encontradas nos colchões hospitalares



Fonte: A autora (2021)

A Figura 3 apresenta um gráfico das bactérias do gênero *Staphylococcus*, dentre as espécies encontradas 70% foi a bactérias *Staphylococcus aureus*.

Figura 3 - Bactérias do gênero *Staphylococcus*



A autora (2021).

3.6 ÓLEO ESSENCIAL

O uso de plantas medicinais com propósitos farmacológicos, cosméticos, culinários, e mais recentemente na indústria têxtil, aumentou significativamente nos últimos anos, fomentado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que estimulou o interesse de setores privados e governamentais (CAPUTO; CAPUTO, 2009).

Das plantas medicinais pode-se retirar óleo essencial de suas flores, sementes, cascas, frutos e raízes por métodos como: destilação a vapor d'água, fluídos supercríticos, hidrodestilação, prensagem a frio, extração por solventes, turbo destilação, enflourage e micro-ondas sem solventes (PINHEIRO, 2003). Vale reforçar que o óleo essencial é 100% natural. Além disso, os óleos essenciais não possuem em sua fórmula óleos minerais ou substâncias como o parabeno e o propileno.

Os óleos essenciais são constituídos por 20 a 60 componentes em concentrações variadas. Mas, em dois ou três desses componentes encontramos concentrações significativas, em torno de 20% a 70%. A atuação efetiva dos óleos essenciais depende de sua constituição química, como cavacrol, citral, limoneno, pineno, furanodieno, cineol, cariofileno, eucaliptol, elemento e eugenol, entre outros (MIRANDA *et al.*, 2016).

As misturas de constituintes químicos apresentadas pelos óleos essenciais que são encarregadas de características tais como: ação antioxidante (MIRANDA *et al.*, 2016), antiespasmódica, analgésica, anti-inflamatória, antisséptica (MENDES *et al.*, 2011), antiviral, antibacteriano, inseticida e antifúngica (SCHUCK *et al.*, 2001; CARMO *et al.*, 2008). Ainda tem ação repelente contra insetos e atividade antitumoral (SILVA *et al.*, 2016).

Segundo Martins e Veiga (2002), existem dois tipos diferentes de aplicação, o tratamento das doenças dermatológicas que tem como objetivo atuar nos tecidos mais profundos da pele, necessitando de atravessar a camada córnea para chegar ao seu local de ação, e o tratamento sistêmico onde os fármacos aplicados topicamente devem atingir rapidamente a corrente sanguínea, sem que ocorra absorção ou formação de reservatórios na pele, uma vez que isso levaria para a corrente sanguínea uma dose inferior à pretendida (MARTINS; VEIGA, 2002).

A absorção de fármacos através da pele pode ocorrer por três processos, tais como: absorção total até atingir a circulação sanguínea; formação de um reservatório cutâneo, devido à ligação a componentes da camada córnea ou ao tecido adiposo subcutâneo;

metabolização pelas enzimas cutâneas. Com efeito, a absorção cutânea de fármacos envolve não só processos de difusão através da camada córnea para o interior da 2ª epiderme, mas também a sua passagem para a microcirculação sanguínea através da derme (MARTINS; VEIGA, 2002; VIEIRA, 2013; ZATZ, 1993).

3.7 ÓLEO ESSENCIAL DO CRAVO-DA-ÍNDIA

O craveiro da Índia, *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry pertence à família das mirtáceas (Myrtaceae) [L] (AFFONSO *et al.*, 2012).

Planta de porte arbóreo com copa alongada, atingindo em média 8-10 metros de altura. Suas folhas ovais e aromáticas medem 7-11 centímetros de comprimento (AFFONSO *et al.*, 2012; LORENZI, 2002).

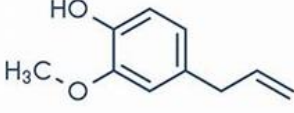
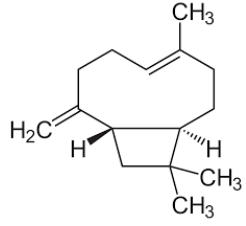
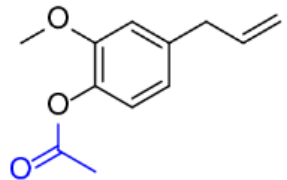
A Figura 4 contém uma fotografia de botões florais secos de cravo-da-índia. O cravo-da-índia, conhecido por sua utilidade junto à culinária e na medicina popular, tem em sua composição Eugenol, β -cariofileno e α -humuleno., possuindo vários sinônimos taxonômicos, entre os quais pode-se citar *Caryophyllus aromaticum* (L), *Eugenia aromática* (L) Baill, *Eugenia caryophyllata* Thunb, *Eugenia caryophyllus* (Spreng), Bull, & Harr, *Jambosa caryophyllus* (Spreng.) Nied e *Myrtus caryophyllus* (Spreng) (GHEDIRA; GOETZ; LEJEUNE, 2010).

Figura 4 - Botões florais secos de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*)



Fonte 4: Affonso *et al.* (2012).

Quadro 1 - Fórmula química estrutural dos componentes do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) nos botões florais secos (BFS) e as principais atividades descritas na literatura para cada componentes.

Fórmula química estrutural	% (BFS)	Atividade
	88,38	Eugenol: é um composto aromático, da classe dos fenilpropenos, sendo descrito como 4-alil-2-metóxi-fenol. Tem propriedades antiviral; antiúlcera; antidiabético; afrodisíaco; antioxidante; antitumoral; anestésico e anti-inflamatório; antimicrobiano; inseticida
	0,64	β-cariofileno: é um sesquiterpeno bicíclico. Tem propriedades Inseticida; inibidor de edemas; fagorrepelente; anti-inflamatório; antitumoral; antialérgico
	10,98	Acetato de eugenila: é um éster que possui propriedades flavorizantes, antioxidantes e antimicrobianas

Fonte: Affonso *et al.* (2012).

3.8 ÓLEO ESSENCIAL DA PIMENTA ROSA

A pimenta rosa, cujo nome científico é *Schinus terebinthifolius* Raddi, é uma planta com folhagem abundante, pertencente à família Anacardiácea, encontrada especialmente no Brasil, Paraguai e Argentina, contém frutos na cor vermelha (Figuras 5(a) e 5(b)).

Figura 5 – *Schinus terebinthifolius* Raddi com folhagem abundante (a) e frutos da mesma planta na cor vermelha (b).



Fonte: Schoppa (2019)

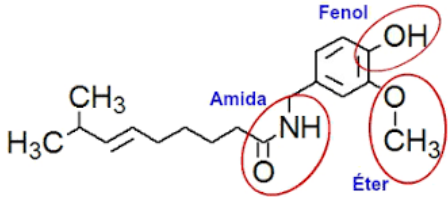
De acordo com a região, carrega os nomes de: pimenta rosa, aroeira-pimenteira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira, aroeira-da-praia, aroeira-do-brejo, aroeira-do-campo, aroeira-de-sabiá, aroeirinha, coração-de-bugre, fruto-de-sabiá, fruto-de-raposa, fruto-de-cutia, araguaráiba, corneíba, árvore-da-pimenta, cabuí, cambuí e lentisco. Bastante usada na medicina popular para terapêutica de diversas enfermidades, através de sua casca, folhas e frutos (DO ROSÁRIO MARTINS *et al.*, 2014).

Em 26 de novembro de 2009, com a publicação da portaria nº 2.982, o Ministério da Saúde (MS) autorizou a oferta de diversos fitoterápicos na assistência farmacêutica do SUS, dentre os quais a pimenta rosa. Pesquisadores comprovam que a pimenta rosa exerce atividades diurética, adstringente, antidiarreica, anti-inflamatória, cicatrizante, bactericida, antiviral, analgésica, sedativa, expectorante, antipirética, vermífuga e antisséptica (DO ROSÁRIO MARTINS *et al.*, 2014).

Em sua composição química foram identificados ácidos, hidrocarbonetos terpênicos e cetonas. Possui ação antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*) e Gram-negativas (*Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*), também contra *Candida albicans* (DO ROSÁRIO MARTINS *et al.*, 2014).

Nos últimos anos vários estudos têm sido publicados sobre a pimenta rosa: Dannenberg (2017) avaliou a atividade antimicrobiana do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e aplicação como componente ativo em filme para bioconservação de alimentos; Ribeiro (2015) avaliou o efeito da adição do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) microencapsulados em queijo minas frescal; Andrade (2015) extraiu e encapsulou os extratos de interesse biológico provenientes da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.); e, Dourado (2012) determinou as propriedades químicas e biológicas dos óleos essenciais e oleoresina da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi).

Quadro 2 - Fórmula química estrutural dos componentes do óleo essencial pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi)

Fórmula química estrutural	Atividade
	<p>Capsaicina: responsável pela ardência e picância da pimenta, possui ação, energética, digestiva, vasodilatadora, antioxidante e analgésica no organismo. bloqueia a condução do impulso da dor nos neurônios tipo C.</p>

Fonte: Lopes (2020)

3.9 GOMA ARÁBICA

A goma arábica apresenta elevada solubilidade em água, com capacidade de formar soluções de baixa viscosidade em concentrações de até 50%. Outra característica importante é sua capacidade emulsificante devido a fração proteica que se liga aos blocos de carboidratos hidrofílicos, sendo essas cadeias de proteínas capazes de adsorver na interface óleo/água (BEMILLER; HUBER, 2010).

A goma arábica (Figura 6) é obtida da secreção de árvore de acácia, Família Fabaceae. Diversas espécies do gênero *Acacia* (e.g. *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Acacia arabica*) típicas de região tropicais e subtropicais, são grandes produtoras desse exudato (BEMILLER; HUBER, 2010).

Figura 6 - Exsudato gomoso no tronco da Acácia

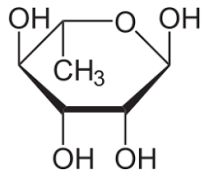
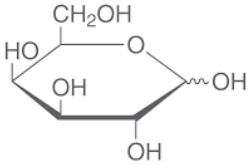
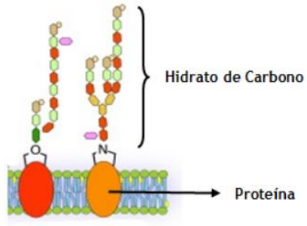


Fonte: www.vegetall.com.br/goma-arabica.

A goma arábica é um hidrocoloide do subgrupo dos exsudados, apresenta-se de forma heterogênea embora basicamente consista em duas frações. Uma delas, correspondente a 70%, é composta de polissacarídeos tais como D-galactose, L-arabinose, L-ramnose, D-glicose e ácido D- glicurônico. A outra fração apresenta moléculas de maior massa molecular, contendo proteínas em torno de 1,5 - 2,6 % (BEMILLER; HUBER, 2010).

Segundo Sanchez *et al.*, (2002), goma arábica possui característica hidrofílica (carboidratos) e hidrofóbica (proteínas) o que confere a característica de colóide protetora, ou seja, sua parcela hidrofílica se liga deixando a parcela hidrofóbica exposta. A goma arábica é o emulsificante hidrocoloide mais conhecido e usado para emulsificar óleos aromatizantes na indústria. Apresenta carga negativa quando em soluções ácidas. O Quadro 3 contém os componentes principais da goma arábica e a classe a que pertencem.

Quadro 3 - Fórmula química estrutural e atividade dos componentes Goma arábica

Fórmula química estrutural	Atividade
	<p>Ramnose: metilpentose ou 6-desoxihexose. Ao contrário da maioria dos açúcares, que ocorrem naturalmente na forma dextrógira, a ramnose é encontrada na natureza sob a forma L-ramnose (6-desoxi-L-manose).</p>
	<p>D-Galactose: é um monossacarídeo, A galactose é, também, um constituinte importante dos glicolípídios, dos proteoglicanos e das glicoproteínas. Em humanos, é o carboidrato terminal que forma o antígeno do grupo sanguíneo B</p>
	<p>Glicoproteínas: As glicoproteínas são muitas vezes proteínas integrais de membrana importantes, em que desempenham um papel nas interações célula-célula. As cadeias proteicas estão covalentemente associadas a hidratos de carbono. O teor de hidratos de carbono de uma glicoproteína pode variar entre < 1 % e > 90 % do seu peso</p>

Fonte: Anderson *et al.* (1984)

3.10 GLUTARALDEIDO

De acordo Migneault *et al.*, (2004) o glutaraldeido possui característica única que o torna um dos reagentes mais eficazes para formar ligações covalentes (reticulações ou “crosslinking”) com vários grupos funcionais de proteínas, como a amino, tiol, fenol e imidazol. De acordo com Hernandez-Muñoz, Villalobos e Chiralt (2004) os agentes químicos usados para formação de ligações cruzadas em proteínas são o glutaraldeido, gliceraldeído, formaldeído e glioxal.

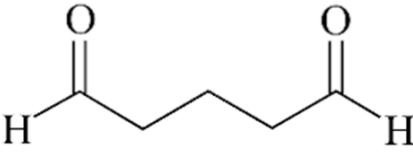
Segundo Migneault *et al.*, (2004) além do uso na reticulação da parede polimérica de microcápsulas de gelatina e goma arábica, o glutaraldeído também é utilizado para imobilização de enzimas, sendo muito citado na literatura existente, mas ainda não há acordo sobre as principais espécies reativas que participam no processo de reticulação, porque as formas monoméricas e poliméricas estão em equilíbrio.

Inicialmente o glutaraldeido foi introduzido na área biológica, como agente para fixação de tecido. Sua aplicação estendeu-se, posteriormente, a outras áreas, que incluem técnicas de imobilização de enzimas e a estabilização de matrizes colagênicas para vários tipos de aplicações, como, confecção de válvulas cardíacas ou géis de colágeno injetáveis (YOSHIOKA *et al.*, 1995).

O Glutaraldeído possui fórmula estrutural com toda aldoxila, conforme mostrado no quadro 4. É um composto amplamente utilizado na reticulação de microcápsulas produzidas por coacervação, usando como material de parede goma arábica, melhorando sua propriedade e proteção (THIES, 1995).

A adição de glutaraldeido para microcápsulas de gelatina, baseada em conservação complexa, resulta em uma reticulação parcial tornando as microcápsulas mais resistente ao calor e à umidade (FUNGUET; PLATERINK; JANSSEM, 2007).

Quadro 4 - Fórmula química estrutural dos componentes Glutaraldeído, classe a que pertencem e as principais atividades descritas na literatura para cada componente.

Fórmula química estrutural	Atividade
	<p>Glutaraldeído: glutaral, aldeído glutárico, pentano-1,5-dial ou 1,5 pentanodial é um dialdeído saturado, com um odor pungente, usado em desinfetantes e esterilizantes ambulatoriais e hospitalares, é um agente desinfetante bactericida que apresenta rápida e efetiva ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas.</p>

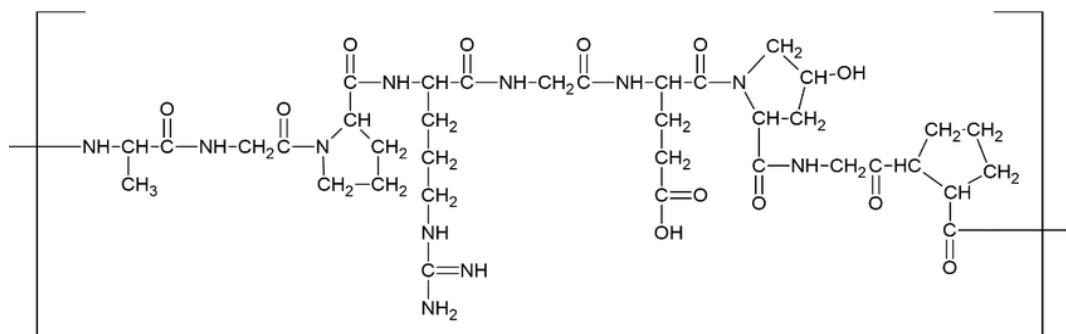
Fonte: Araújo Neto (2012).

3.11 GELATINA

No processo de coacervação, o material de encapsulação mais comumente usados é a gelatina, por se tratar de uma proteína abundante, obtida da hidrólise parcial do colágeno que é o principal constituinte de peles de animais, ossos, tendões e tecido conjuntivo (DUCONSEILLE *et al.*, 2015). A gelatina pode ser do tipo A ou B. A gelatina do tipo A é obtida pelo processamento ácido do colágeno, com isso seu ponto isoelétrico (PI) – valor de pH onde a carga líquida igual a zero – fica entre 7,0 e 9,4. A gelatina do tipo B é derivada da hidrólise alcalina do colágeno, tendo seu ponto isoelétrico entre 4,8 e 5,2 (GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011). O quadro 5 contém representação da fórmula química estrutural do monômero da gelatina.

As gelatinas, por seu caráter anfótero, pode agir como molécula catiônica ou aniônica, dependendo do pH do meio. Na estrutura do colágeno, parte dos grupos ácidos encontram-se na forma de amidas (35%), apresentando-se o colágeno como uma proteína básica. Grupos carboxílicos e anímicos em proporções diferentes exercem influência direta no ponto isoelétrico da gelatina (GÓMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011; DUCONSEILLE *et al.*, 2015).

Quadro 5 - Fórmula química estrutural do monômero da Gelatina



Fonte: Araújo Neto (2012).

3.12 MÉTODOS DE ENCAPSULAMENTO DE FITOTERÁPICOS

A microencapsulação é uma maneira usada para que pequenas partículas de componentes ativos de um gás, líquido ou sólido sejam envolvidas em segundo material que permite proteger o material ativo do contágio do seu meio ambiente. A finalidade principal dessa técnica é evitar oxidação, calor, acidez, alcalinidade, umidade ou evaporação (GUEVARA; JIMÉNEZ, 2008). O quadro 6 contém uma lista de métodos de microencapsulação, suas vantagens e desvantagens.

A microencapsulação visa principalmente permitir controlar a liberação do material retido em doses controladas. Elas variam o tamanho em dimensões que vão de alguns nanômetros a micrômetros. As formas também podem variar e dependem dos materiais e métodos usados em seu preparo (BALASSA; FANGER; WURZBURG, 1971).

Tabela 2 – Métodos de microencapsulação: vantagem e desvantagem.

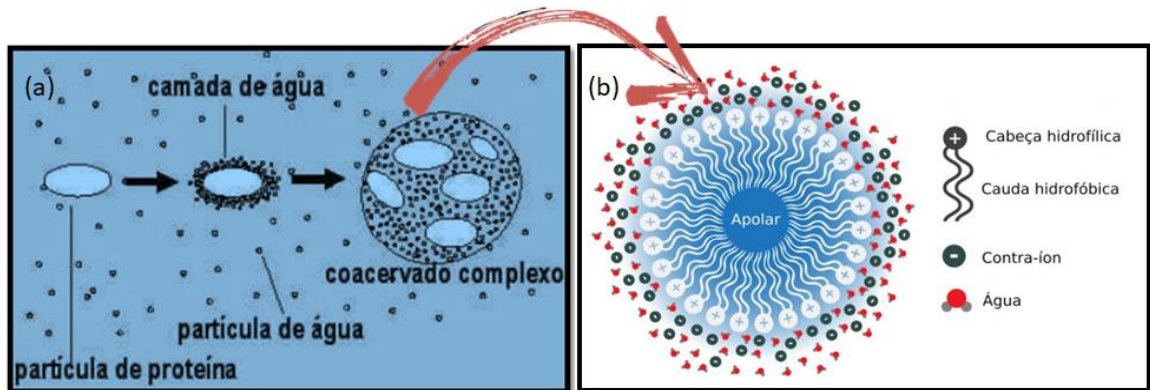
Método	Principais vantagens	Principais desvantagens	Principais aplicações	Referências
Coacervação simples ou complexa	Técnica versátil, além de maior controle do tamanho das partículas	Aglomerção das partículas, utilização de aldeído no processo	Indústria de alimentos, vitaminas, enzimas, proteínas e medicamentos	Jamekhors et al., 2014
Evaporação emulsão-solvente	Simplicidade do método, baixo custo	Produção em escala laboratorial	Indústria de fármacos	Li; Rouaud; Poncelet, 2008
Spray drying	Baixo custo, Equipamento e técnica acessível, produção em escala industrial, solubilização instantânea e estabilidade elevada das cápsulas	Microcápsulas não uniformes, perda de materiais sensíveis ao calor, como aroma e outros compostos voláteis	Amplamente utilizada na indústria de alimentos, encapsulação de probióticos, indústria farmacêutica e química.	Martín et al., 2015
Spray chilling	Envolve temperaturas baixas, econômico, pode utilizar lipídios como material de parede	Baixa capacidade de encapsulação e expulsão do material do núcleo durante o armazenamento	Indústria de alimentos, vitaminas, enzimas, probióticos e medicamentos	Pedroso et al., 2012
Extrusão	Baixo custo, simplicidade do método, não envolve altas temperaturas, pode ser utilizado em sistema aeróbico e anaeróbico	Método mais trabalhoso, necessita de avanços tecnológicos para produção em escala industrial	Amplamente utilizada na indústria de alimentos e encapsulação de probióticos	Favaro et al., 2011
Gelificação iônica	Uso de baixa temperatura e baixo custo	Alta permeabilidade	Indústria farmacêutica	Jamekhorshid et al., 2014
Emulsão-solidificação	Pode ser utilizada em escala industrial	Microcápsulas com variação de tamanho e forma, elevado custo	Utilizada na indústria de alimentos, encapsulação de probióticos	Kent; Doherty, 2014

Fonte: Vaniski, Corti e Drunkler (2017)

3.13 COACERVAÇÃO

A coacervação é definida como o fenômeno de separação de fases numa solução coloidal, uma rica em colóide (coacervado) e outra constituída de solução aquosa, pela adição de um surfactante como terceiro componente ou pela variação da temperatura. A Figura 7a contém um desenho esquemático do processo de coacervação e a Figura 7b o esquema da coacervação complexa. Neste processo o coacervado em forma coloidal são as proteínas.

Figura 7 - Desenho esquemático do processo de (a) coacervação e (b) coacervação complexa



Fonte: Adaptado de: Pedra (2015).

A coacervação complexa é obtida pela interação de duas cargas coloidais opostas. A coacervação ocorre entre os íons de carga oposta sob condições específicas de pH, força iônica, peso molecular e proporção de íons, entre as forças de atração elétrica, opostamente íons carregados e os efeitos da entropia, que tendem a dispersá-los (STOTT et al., 1996).

A coacervação pode ser realizada em meio aquoso ou orgânico, dependendo das propriedades físico-químicas do polímero que será empregado e do material a ser encapsulado (SUAVE *et al.*, 2006).

A coacervação complexa baseia-se na formação de um complexo (coacervado) entre polímeros com cargas opostas, normalmente proteínas e polissacáridos. Para esse fim, a gelatina é usada em combinação com a goma arábica em numerosos estudos (DONG et al., 2011; CALEFFI, 2014; SAVIRA *et al.*, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 REAGENTES DE ENCAPSULAÇÃO

No processo de encapsulação foram utilizados como materiais de parede: Goma arábica de árvore acácia, os compostos usados como núcleo: óleo essencial cravo-da-índia (Mapric–*GREENTECH COMPANY*, lote AUTO 262886, procedência Brasil, Lote do Fabricante 32845, ordem Fracionada 041895, Casa Siena) e o óleo essencial pimenta rosa, espécie *Schinus therebinthifolius* (fabricante *TERRA Manufacturing, LLC* 549 South 1300 West Pleasant Grove, UT 84062, EUA COD. 60213503).

4.2 PROCEDIMENTO DA SÍNTESE DAS MICROCAPSULAS

A Figura 8 contém um fluxograma referente a metodologia usada para a síntese das microcápsulas por coacervação complexa foi uma adaptação feita com base no trabalho de Da Silva *et al.*, (2015).

A solução de goma arábica na concentração de 1,5% (p/v) foi preparada em água destilada sob agitação magnética constante por 24 horas, à temperatura ambiente, para melhor hidratação e solubilização. Após o período, em um outro béquer foi preparada a solução de gelatina na concentração de 1,5% (p/v) em água destilada e aquecida a $40 \pm 2^\circ\text{C}$, sobre agitação magnética em velocidade 1500 rpm por 6 minutos para romper as ligações de hidrogênio permitindo a hidratação.

Antes de iniciar o processo, realizou-se a medição do pH para as duas soluções separadamente, com o objetivo de verificar se os valores estavam acima de pH 7,0, pois a magnitude do pH não deve estar próxima do ponto isoelétrico (pI) da gelatina (7,0 – 9,0), para não favorecer a formação de cargas positivamente carregadas, antes do processo de coacervação, visto que a gelatina acima do seu ponto isoelétrico se encontra negativamente carregada e abaixo do ponto isoelétrico carregada positivamente (BADKE, 2017).

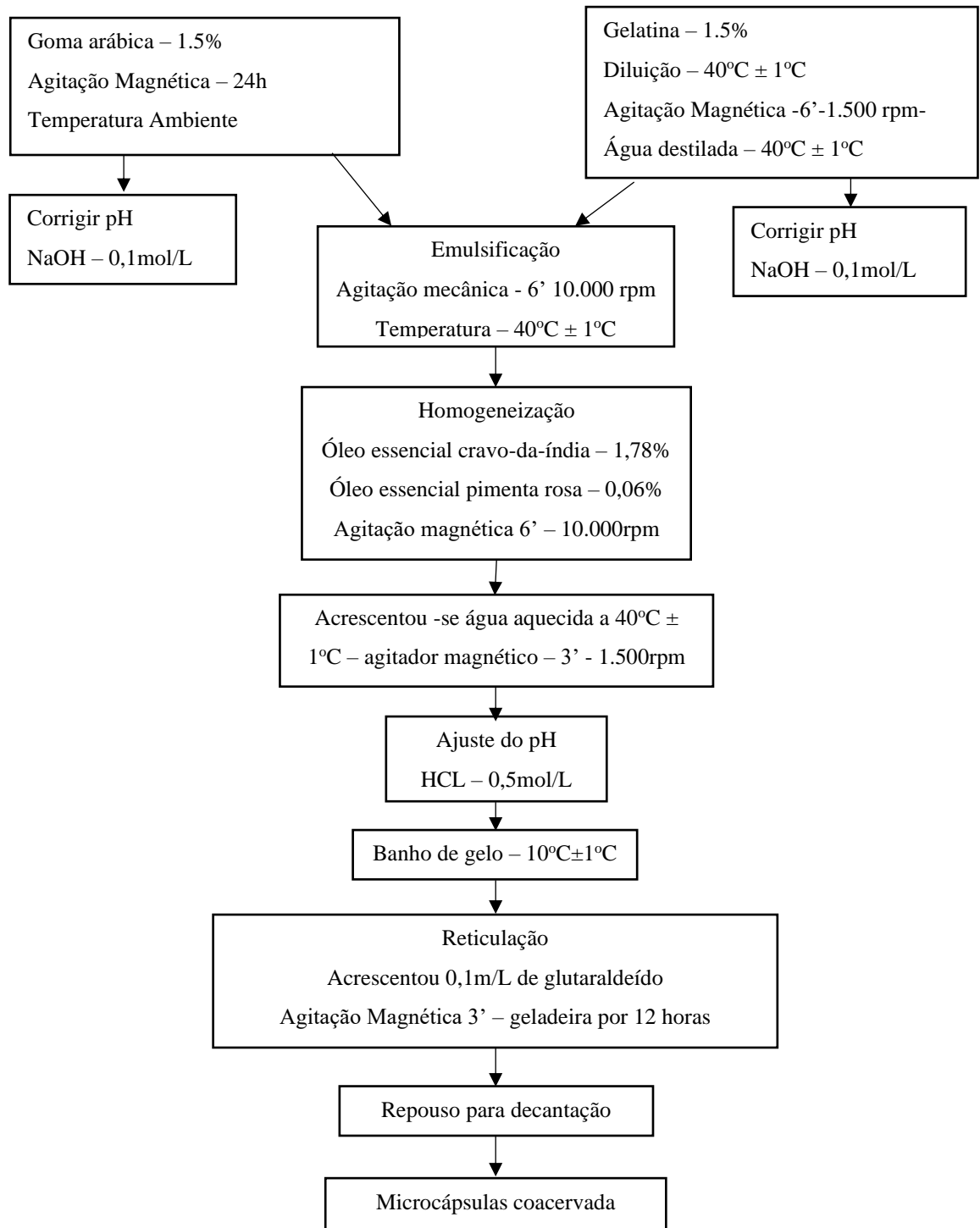
Por outro lado, quando o pH apresentou valores abaixo deste limite, a correção foi realizada com o auxílio de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH – 0,1 mol/L) e do pHmetro digital. Em seguida, acrescentou-se a solução de goma arábica na solução de gelatina, a mistura foi emulsionada por 6 minutos por um dispersor mecânico a 10.000 rpm,

adicionando-se, em sequência, o material a ser encapsulado, óleo essencial de cravo-da-índia (1,78%) e óleo essencial de pimenta rosa (0,06%) na solução de goma arábica/gelatina ($40 \pm 2^\circ\text{C}$). O meio reacional foi homogeneizado em dispersor mecânico, a 10.000 rpm por 6 minutos, a fim de se obter uma emulsão.

A seguir, foi adicionada água destilada aquecida a $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (o dobro do volume do sistema) sob agitação magnética e velocidade de 1500 rpm por 3 minutos. O pH da emulsão foi ajustado para 3,90 utilizando uma solução de ácido clorídrico (HCl - 0,5 mol/L) com o auxílio de um pHmetro digital, pois a redução do pH influencia no grau de ionização dos grupos laterais carregados da proteína e polissacarídeo. Essa neutralização entre as cargas opostas da gelatina e da goma arábica acarreta a interação eletrostática de atração máxima e na complexação polissacarídeo e proteína. Durante todo o processo a temperatura foi controlada e mantida a $40 \pm 2^\circ\text{C}$.

Corrigido o pH, as soluções foram mantidas em banho de gelo sob agitação constante com velocidade 1500 rpm durante o processo de resfriamento lento até $10 \pm 1^\circ\text{C}$, já que a redução da temperatura inibe ainda mais a solubilidade do complexo formado, facilitando a separação de fases para que os complexos se organizem e consolidem a formação da parede polimérica. Posteriormente, as microcápsulas sintetizadas foram submetidas a crosslinking (reticulação) em que foi utilizada uma relação de 0,1mL de glutaraldeído sobre agitação de 1 minuto velocidade 1500 rpm. Na sequência os recipientes foram mantidos em geladeira por 12 horas, para a completa precipitação das microcápsulas formadas.

Figura 8 – Fluxograma do processo



Fonte: A autora 2021

Quadro 6 - Composição das soluções de microcápsulas coacervadas

Solução	Composição das microcápsulas
1	Goma arábica (1,5%), gelatina (1,5%) e glutaraldeído (0,1mL)
2	Goma arábica (1,5%) , gelatina (1,5%), glutaraldeído (0,1mL) e óleo essencial cravo da índia (1,78%) e óleo essencial pimenta rosa (0,06%)
3	Goma arábica (1,5%), gelatina (1,5%) e óleo essencial cravo da índia (1,78%) e óleo essencial pimenta rosa a (0,06%)

Fonte: A autora 2021

4.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

As microcápsulas obtidas pelo processo de coacervação complexa foram caracterizadas por Microscopia Óptica, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia no Infravermelho Por Transformada de Fourier (FTIR).

4.3.1 Microscopia Óptica

Com intuito de verificar a morfologia das microcápsulas obtidas, foi realizada a análise por Microscopia Óptica.

Sobre uma lâmina de vidro foram colocadas 5 gotas da suspensão contendo as microcápsulas que foram visualizadas através de um microscópio Óptico Modelo OLYMPUS instalado no Central Analítico da Universidade do Vale do Paraíba – IP&D, UNIVAP, utilizando objetivas de 40 e 100 vezes.

4.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

São características importantes do MEV a alta resolução e a aparência tridimensional da imagem das amostras, sendo que esta é produto direto da grande profundidade de campo. Além disso, o equipamento é de extrema utilidade visto que possibilita a análise das imagens utilizando aumentos pequenos e foco de grande profundidade e dessa forma a imagem

eletrônica complementa a informação fornecida pela imagem óptica (ANDREANI; VALADARES, 2017).

O princípio de funcionamento do MEV baseia-se na incidência de um feixe de elétrons que segundo Castro, 2002, p. 10:

“[...] É localizado dentro de uma pequena sonda que passa com velocidade controlada sobre a amostra. O rastreamento completo de cima abaixo geralmente leva apenas alguns segundos. As diferenças na superfície da amostra afetam o padrão com o qual os elétrons são dispersos a partir deste. Buracos ou fissuras aparecem escuros, as protuberâncias e saliências aparecem claras, resultando em uma imagem tridimensional. Somente estruturas superficiais podem ser examinadas com o MEV. Consequentemente, este é utilizado para estudar células inteiras, tecidos e superfícies de diversas estruturas.”

4.3.3 Princípios da Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR)

A Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) é uma técnica rápida que possibilita a análise da amostra em diferentes meios, tais como em sólido cristalino, solução aquosa, membranas e filmes (FORATO *et al.*, 2010). Além disso, sua instrumentação é encontrada com facilidade em laboratórios e as amostras não precisam de uma preparação complexa, pois o preparo mínimo necessário das amostras é suficiente para essa técnica (SKOOG, 2006).

A análise qualitativa dos compostos orgânicos foi realizada via FT-IR nos centros das bandas presentes na interação da luz no comprimento de onda do infravermelho em frequências específicas da vibração de cada grupo funcional (ROHMAN; CHE MAN, 2010). Somado a isso, a informação gerada pelo espectro de infravermelho, por ser capaz de fornecer dados além dos valores de posição ou de absorção de alguns picos quando utilizada no seu todo, pode atuar como uma impressão digital da amostra analisada (SKOOG, 2006).

Deve-se ainda ressaltar que a proporcionalidade entre as intensidades de absorção das bandas no espectro e a concentração torna o equipamento de desempenho muito eficiente também para análise quantitativa (SKOOG, 2006).

As microcápsulas sintetizadas foram analisadas pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para avaliar a sua superfície, estimar o diâmetro médio das partículas formadas e a confirmar a morfologia observada por Microscopia Óptica.

4.4 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA VIA FT-IR

O experimento foi conduzido no Laboratório de Analítico da Universidade do Vale Paraíba (UNIVAP), onde foram preparadas as soluções-padrão: Óleo essencial do cravo-da-Índia; Óleo essencial de pimenta rosa e os materiais de base como Goma arábica, Gelatina e Glutaraldeido; as soluções das microcápsulas contendo os óleos essenciais cravo-da-índia e Óleo essencial pimenta e rosa e as microcápsulas que não continham os Óleo essencial cravo-da-índia e Óleo essencial pimenta rosa.

4.5 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADAS DE FOURIER (FT-IR)

Os espectros de FT-IR foram obtidos para polímeros usados com material de parede, (goma arábica e gelatina), materiais de núcleos na forma pura (óleos essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa) e microcápsulas vazias. As microcápsulas vazias contendo Goma Arábica, Gelatina, Glutaraldeido, bem como para as microcápsulas com os compostos propostos, a solução 02, contendo Goma Arábica, Gelatina, Glutaraldeido, óleo essencial do cravo-da-índia e óleo essencial da pimenta rosa e solução e a solução 03 contendo Goma Arábica, Gelatina, óleo essencial do cravo-da-índia e óleo essencial da pimenta rosa.

As análises foram realizadas na Central Analítica do IP&D da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, com o auxílio do equipamento de Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FT-FIR Spectrometer - Modelo Spectrun 400) operando nos modos Transmissão e ATR (Refletância Total Atenuada) com cristal de diamante, numa faixa de observação de 4000 a 400 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} , em que cada espectro resultou de 32 varreduras e as análises foram realizadas em triplicata.

Esta metodologia foi empregada com a finalidade de certificar a presença dos óleos essenciais no interior das microcápsulas de gelatina/goma arábica por meio da detecção dos grupos funcionais característicos de cada composto puro e também para cada tipo de microcápsula.

As amostras sólidas e líquidas e as microcápsulas contendo material de núcleo ou não, foram preparadas com a deposição de alíquotas das amostras diretamente no porta amostras do equipamento, para serem analisadas no modo ATR (Attenuated Total Reflectance).

4.6 TESTES MICROBIOLÓGICOS

Os corpos de prova, já impregnados, foram cortados 9 Discos de Difusão de 6 mm de diâmetro para os testes microbiológicos, sendo 3 com a solução de goma arábica, gelatina e glutaraldeído; 3 com a solução de goma arábica, gelatina, glutaraldeído e óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa e 3 com a solução de goma arábica gelatina e óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa, para analisar a ação bactericida de cada uma delas. Para esse fim a bactéria escolhida foi a *Staphylococcus aureus*, tal escolha foi mantida para todos os testes microbiológicos realizados.

4.7 MICROORGANISMO, INÓCULO E MEIO DE CRESCIMENTO

O microorganismo selecionado para esta pesquisa foi o *Staphylococcus aureus*. Para os testes microbiológicos foram utilizadas 9 amostras Disco de Difusão medindo 6 mm de diâmetro. Os discos foram mantidos em uma câmara de UV de esterilização, por 1 hora para descontaminação.

No preparado do meio de cultura foram utilizados 1000 mL BHI (BRAIN-HEART INFUSION BROTH). Dividiu-se a solução em dois frascos de 500 mL, sendo que em 1 com BHI e o outro frasco foi adicionado 10g de Agar. Em seguida os 2 frascos foram autoclavados por 15 minutos, à temperatura de 121°C e, posteriormente, mantidos em estufa até o dia seguinte, quando foram distribuídos em placas de petri.

O processo foi realizado no fluxo laminar, no qual foram colocados 10 mL de líquido da cultura BHI (BRAIN-HEART INFUSION BROTH), levado para o agitador a 37°C de um dia para o outro para crescer. Após o crescimento, realizou-se a diluição do meio de cultura líquido com *Staphylococcus aureus*, para atingir 10^6 células, que foi lida no espectrofotômetro, sendo que o meio com a bactéria *Staphylococcus aureus* teria que estar com 490 nm de absorvância. Ao atingirem os valores de absorvância, os tubos com os meios

prontos foram imediatamente colocados em um Becker com gelo para inibir o crescimento, após a inibição das bactérias foram semeadas nas placas de petri.

Tubo 01 - contendo Goma Arábica, Gelatina, Glutaraldeido, foram colocados 3 disco-difusão com 6 mm de diâmetro para absorção da solução das microcápsulas por 2 horas.

Tubo 02 - contendo goma arábica, gelatina, glutaraldeido, óleo essencial do cravo-da-índia e óleo essencial da pimenta rosa, foram colocados 3 disco-difusão com 6 mm de diâmetro para absorção da solução contendo microcápsulas por 2 horas.

Tubo 03, - contendo goma arábica, gelatina, óleo essencial do cravo-da-índia e óleo essencial da pimenta rosa, foram colocados 3 disco-difusão com 6 mm de diâmetro para absorção da solução contendo microcápsulas por 2 horas.

Após as amostras terem sido devidamente impregnadas, as mesmas foram colocadas em uma Placa de Petri e foi realizada a inoculação por espalhamento com a bactéria *Staphylococcus aureus*. Em seguida foi colocada em uma estufa por 24 horas para verificar se houve ação bactericida.

4.8 OBTENÇÃO DA CONCENTRAÇÃO MÍNIMA INIBITÓRIA (CMI)

A CMI foi conseguida pela técnica de diluição em microplacas de 96 poços, conforme a metodologia descrita na norma M7-A6 do *Manual Clinical and Laboratory Standards Institut* (CLSI, 2006) para as bactérias aeróbicas e o suplemento M100-S16 (CLSI, 2006).

Os poços das microplacas (n=96) foram preenchidos com 80µL de CMH (caldo Müeller-Hinton) para *Staphylococcus aureus*. Na sequência, acrescentou-se 100µL das soluções dos extrativos vegetais de óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, realizando a diluição seriada de 1000 a 7,8µg/mL.

Adicionalmente foram colocadas 20 µL das suspensões dos microrganismos em cada furo das microplacas.

Este procedimento foi usado em concentrações adequadas para microrganismos, visando alcançar a CMI, sendo considerada como a menor concentração do extrato vegetal Óleo essência do cravo-da-Índia e o Óleo essencial da Pimenta Roda capaz de inibir o crescimento de 90% das cepas (PROBST, 2012).

Foram realizados os controles do meio de cultura, de crescimento bacteriano, dos extrativos vegetais e o controle negativo (solventes).

As microplacas contendo a bactéria *Staphylococcus aureus* foram colocadas em uma estufa em temperatura de 24 °C por 24 horas. Foram testados o óleo essência do cravo-da-índia e o óleo essencial da pimenta rosa. Os dois extrativos vegetais foram testados em triplicata.

Na sequência realizou-se a leitura, observando-se que o óleo essência cravo-da-índia teve ação bactericida de 1,78% e o óleo essencial da pimenta rosa 0,06%, em relação a bactéria *Staphylococcus aureus*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Óleo Essencial Pimenta Rosa

O uso das plantas medicinais é uma prática milenar, e mesmo se tendo expressivos avanços científicos na área, estas ainda são muito utilizadas conforme a medicina popular (ALVIM *et al.*, 2006).

Segundo Cheninel Filho e Yunes. (1998), a busca por novos princípios bioativos tem caráter relevante no combate a microrganismos patogênicos resistentes (CHENINEL FILHO; YUNES, 1998; BARBOSA-FILHO *et al.*, 2007).

De acordo com Carvalho *et al.* (2003), a aroeira mansa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) tem sido relatada diversas atividades medicinais para a planta, como antibacteriana, antifúngica, antialérgica, anti-inflamatória e antioxidante.

Um resultado interessante do óleo essencial da pimenta rosa é a inibição do *Staphylococcus aureus* uma bactéria associada a infecções hospitalares e responsável por várias enfermidades, com casos de resistência antimicrobiana na medicina humana (GELATTI *et al.* 2009; FREITAS *et al.* 2013).

5.2 ÓLEO ESSENCIAL CRAVO-DA-ÍNDIA

A atividade antibacteriana do óleo essencial do cravo-da-índia tem sido atribuída à estrutura fenólica do eugenol que em concentrações elevadas degrada as proteínas das membranas celulares das bactérias, resultando no dano da membrana celular, o que causa a morte da bactéria (LINARD, 2008; ESCOBAR, 2002).

De acordo com Scherer *et. al.*, (2009), o óleo essencial do cravo-da-índia, apresenta acentuada atividade antimicrobiana, quando testado para os micro-organismos tanto Gram-positivos como Gram negativos tais como, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Ainda de acordo com Silveira *et al.* (2009), aspecto de resistência antimicrobiana, surge como possível alternativa os produtos oriundos das plantas, como os extratos, óleos essenciais e até mesmo compostos bioativos isolados, devido a apresentarem mecanismos de ação diferenciados e estruturas desconhecidas pelos microrganismos.

5.3 ANÁLISE MORFOLÓGICAS DAS MICROCAPSULAS

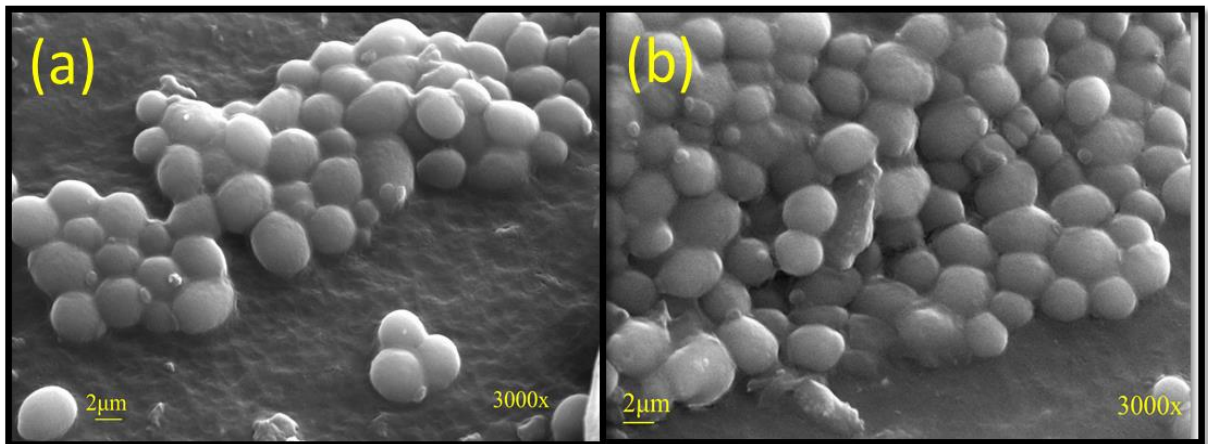
A análise da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) permitiu observar a eficiência da rota principal para síntese das microcápsulas. A Microscopia Eletrônica de Varredura foi empregada para a obtenção de informações com relação ao tamanho, a forma, porosidade e integridade da parede das microcápsulas sintetizadas, e a distribuição do material encapsulado no interior das microcápsulas (BADKE, 2017).

As microcápsulas coacervadas secas de gelatina/goma arábica, foram avaliadas morfológicamente, o que permitiu visualizar a estrutura externa das microcápsulas e avaliar a porosidade e integridade das mesmas o processo seguiu metodologia já descrita por (BADKE, 2017).

A Figura 9 contém duas micrografias de microcápsulas cheias e vazias respectivamente. Pode ser visto na Figura 9a a formação de aglomerado que se repetem na Figura 9b. Observa-se também que não há alteração morfológica na cápsula cheia e vazia. Analisando as imagens pode ser visto também que a maioria das microcápsulas manteve sua morfologia esférica. A obtenção de partículas esféricas é desejável, pois exibem fluidez maior, menor razão superfície/volume sugerindo uma cobertura completa do material de núcleo, com isso, favorecendo a retenção desse material (RÉ, 1998). Percebe-se ainda que em todas as amostras houve aglomeração das microcápsulas que a é resultado da baixa força de repulsão das capsulas (GUIGNON; DUQUENOY; DUMOULIN, 2002).

Apesar do comportamento de aglomeração observado, as microcápsulas se mantiveram estáveis, ou seja, não houve rompimento durante a caracterização. Constatou-se que o diâmetro das microcápsulas cheias não apresentou grandes diferenças entre si, já que variou entre 3,2 μ m a 3,7 μ m e as microcápsulas vazias variou entre 2,9 μ m a 3,2 μ m.

Figura 9 - Micrografias de microcápsulas de goma arábica, gelatina e glutaraldeído, óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa



Microcápsulas cheia

Microcápsulas vazia

Fonte: A autora (2021)

5.4 RESULTADOS DO TESTE MICROBIOLÓGICOS

A Figura 10 contém uma fotografia da placa de Petri com disco de tecido de algodão medindo 6 mm, após a processo de contato com a bactéria *Staphylococcus aureus*. Pode ser visto nesta Figura 10 que a linha 2 da placa de petri, contendo óleo essencial cravo-da-índia, óleo essencial pimenta rosa e glutaraldeído, e linha 3 da placa de petri, que contém o disco de tecido de algodão, medindo 6 mm, impregnado com os óleos essenciais cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, apresentaram halo inibitório. A linha 1, que contém disco de tecido de algodão medindo 6mm impregnado apenas com o material de base goma arábica, gelatina e glutaraldeído, não apresentou halo inibitório. A presença do halo inibitório indica a eficiência bactericida das impregnações das microcápsulas com o óleo essencial do cravo-da-índia e o óleo essencial de pimenta rosa.

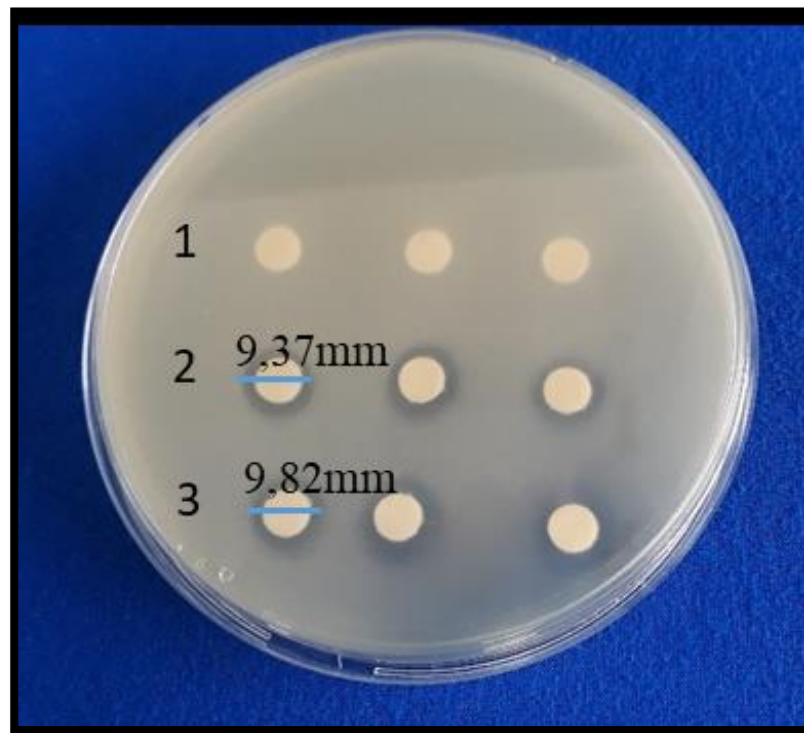
Na solução 01, impregnada com material de base goma arábica, gelatina e glutaraldeído, não houve formação de halo inibitório. Isso nos mostra que nessa solução não tem ação bactericida.

Na solução 02, impregnada com material de base, glutaraldeído, óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, houve formação de halo inibitório com resultado de 9,37mm, aferido por Peakmeter digital.

A solução 03 da placa de petri, impregnada com material de base, óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, apresentou formação de halo inibitório de 9,82 mm, aferido por Peakmeter digital.

O halo inibitório comprova que o óleo essencial de cravo- da-índia e óleo essencial de pimenta rosa apresentam propriedades antibacteriana para a bactéria *Staphylococcus aureus*.

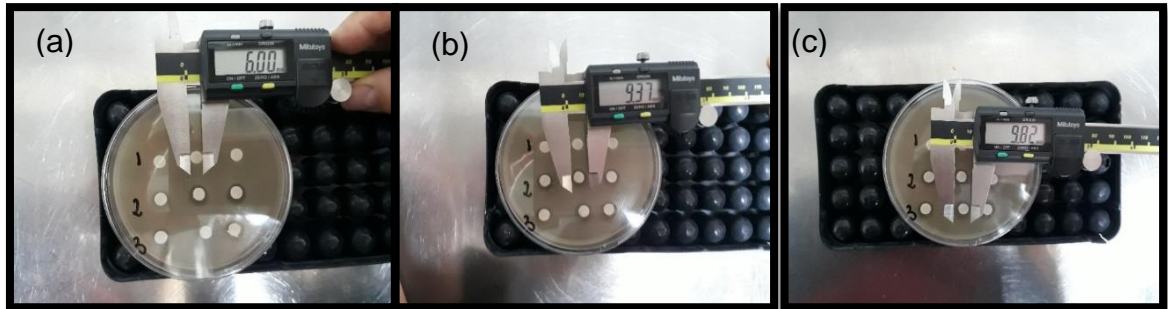
Figura 10 - contém uma fotografia da medição do halo inibitório referente a solução (1) de goma arábica, gelatina e glutaraldeído, solução (2) de óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa e glutaraldeído e a solução (3) de óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa. A análise foi realizada em triplicata.



Fonte: A autora (2021)

Figura 11 – Contém três fotografias do processo de medição do halo inibitório da solução (1) de goma arábica, gelatina e glutaraldeído, solução (2) óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa e glutaraldeído e a solução (3) óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa.

Figura 11 - Fotografias do processo de medição do halo inibitório



Fonte: A autora (2021)

5.5 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

5.5.1 Disco difusão

A presença e o tamanho dos halos de inibição indicam a suscetibilidade das bactérias frente ao óleo essencial, quando estes forem menores que 0,7 cm são considerados não-ativos frente a bactéria, e quando apresentarem diâmetro maior que 1,2 cm são considerados de efeito inibitório satisfatório (ARORA; KAUR, 1999).

Em seu estudo Marjana Radünz (2017), considera com efeito inibitório satisfatório, frente as bactérias avaliadas. Entretanto, na literatura diferentes valores são relatados para o óleo essencial de cravo-da-índia.

De acordo com Marjana Radünz (2017), o halo de inibição formado pelo óleo essencial de cravo-da-índia do presente 110 estudos frente *Staphylococcus aureus* foi de 2,83 cm, valor inferior aos 3,2 cm encontrados por Silvestri *et al.* (2010) e superior ao halo de inibição de 1,57 cm encontrado por Santos *et al.* (2011) e 2,5 cm encontrados por Trajano *et al.* (2009).

Segundo Leite *et al.*, (2007), o halo observado em *Staphylococcus aureus* para o óleo essencial extraído do fruto de *Schinus terebinthifolius* Raddi diferiu significativamente dos

halos formados pelos antibióticos, possuindo o menor valor (9,17 mm). Entretanto, vale ressaltar que, mesmo com um halo relativamente pequeno, o óleo essencial ainda assim apresentou atividade antimicrobiana, o que representa um importante achado.

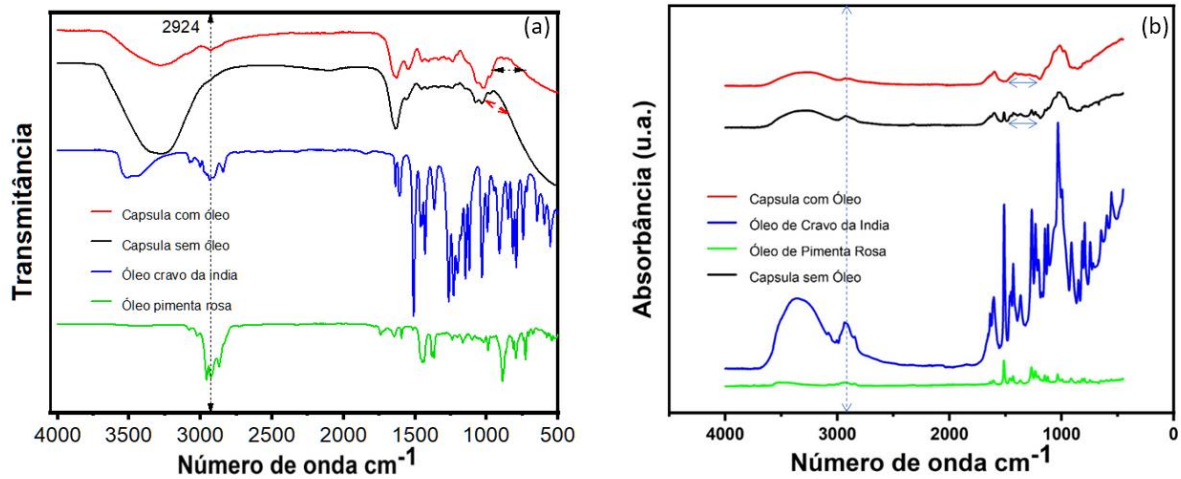
Sendo assim, o óleo essencial de cravo-da-índia e óleo essencial de pimenta rosa avaliado neste estudo pode ser considerado com efeito inibitório satisfatório, frente a bactéria *Staphylococcus aureus*.

5.6 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA VIA FT-IR

A Figura 12 contém dois gráficos obtidos pela técnica de FT-IR. A Figura 12a Transmittância e a Figura 12b absorvância. Os gráficos estão com as identificações das bandas conforme apresentado no quadro 7. Os grupos funcionais referentes a estrutura do Óleo essencial cravo-da-Índia e Óleo essencial pimenta rosa foram encontrados nas soluções 2 e 3. A solução 1 é composta de goma arábica/gelatina e Glutaraldeido (0,01%). A Solução 2 é composta de Óleo essencial cravo-da-índia (1,78%), Óleo essencial pimenta rosa (0,06%) e glutaraldeido (0,01%) e a Solução 3 é composta de Óleo essencial cravo-da-índia (1,78%) e Óleo essencial pimenta rosa (0,06%).

Pode-se observar uma banda sutil em torno de 1924 cm^{-1} que é atribuída ao estiramento de ligação C-H. Esta banda não está presente na capsula sem óleo e é uma contribuição da presença dos óleos essenciais no interior da capsula. A região entre 1740 cm^{-1} e 500 cm^{-1} é uma região considerada como assinatura dos óleos e pode-se observar um alargamento entre 950 cm^{-1} e 880 cm^{-1} referente a contribuição dos óleos no interior da cápsula. Pode ser visto também, que em função de se ter utilizado uma concentração inibitória mínima de óleo no interior das capsulas e devido a penetrabilidade da luz do laser o padrão espectral de contribuição dos óleos aparece de forma sutil no espectro da cápsula com óleo, mas aparece o suficiente para observar mensurar a interferência espectral.

Figura 12 – Gráfico contendo os espectros de FT-IR nos modos transmitância Figura 12a e Figura 12b absorbância das amostras de cápsula de gelatina com e sem óleo essencial cravo-da-Índia, óleo essencial pimenta rosa e dos espectros respectivos óleos puros.



Quadro 7 – Modo vibracional e o número de onda correspondente aos grupos funcionais referentes a estrutura do óleo essencial cravo-da-índia e óleo essencial pimenta rosa, encontrados nas soluções 2 e 3, grupos funcionais referentes as estruturas de goma arábica e gelatina encontrados nas soluções 1, 2 e grupos funcionais referentes as estruturas de goma arábica e gelatina encontrados na solução 3.

Modo Vibracional	Nº de Onda
Estiramento da ligação O-H, presença de água	3503 cm ⁻¹
Estiramento assimétrico da ligação C-H; CH ₂ e CH ₃ em lipídios	2922 cm ⁻¹
Forte acoplamento vibracional entre dois grupos NO nas espécies isoeletricas NO ₂ ⁺	2360 cm ⁻¹
Estiramento da ligação C=O em lipídeos e ésteres alifáticos	1733cm ⁻¹
Estiramento de C=C	1628 cm ⁻¹
Deformação axial de anel aromático C=N	1235 cm ⁻¹
Estiramento da ligação C-O-C do éster	1155 cm ⁻¹
Estiramento da ligação C-O e C-H em carboidratos	1024 cm ⁻¹
Estiramento da ligação C-H em carboidratos e possibilidade de grupos vinil trans (CH = CH), 965 cm ⁻¹ e 960 cm ⁻¹	962 cm ⁻¹
Deformação angular da ligação C-H em carboidratos	736 cm ⁻¹

De acordo com Donald Pavia (2010), os picos do estiramento C–H no carbono sp^2 aparecem em valores maiores do que 3000 cm^{-1} . Como as bandas de estiramento C–H em alcenos aparecem na mesma faixa, pode ser difícil usar as bandas de estiramentos C–H para diferenciar entre alcenos e compostos aromáticos. Porém, as bandas de estiramentos C=C em anéis aromáticos normalmente aparecem entre 1600 e 1450 cm^{-1} , fora da faixa normal onde o C=C aparecem em alcenos (1650 cm^{-1}). Também importantes são os picos de dobramento fora do plano que aparecem entre 900 e 690 cm^{-1} , que com bandas de harmônicas fracas em $2000 - 1667\text{ cm}^{-1}$, podem ser usadas para definir o padrão de substituição no anel. Conforme mostram os quadros acima.

6 CONCLUSÃO

As microcápsulas formadas apresentaram eficiente atividade quando em contato com a bactéria *Staphylococcus aureus* (gram-positiva), confirmada pelo halo inibitório que apresentou valores superiores a 8 mm, sendo assim foi possível obter um material com propriedade bactericida.

As microscopias realizadas mostraram que as microcápsulas sintetizadas apresentaram forma esféricas. Também confirmado por meio das análises de Infravermelho que apresentaram bandas relacionadas à presença de ligações características dos polímeros goma arábica, gelatina, glutaraldeído e óleos essenciais de cravo-da-índia, óleo essencial de pimenta rosa.

Nos resultados de FT-IR tanto no modo de transmitância como no modo de absorbância observou-se uma banda sutil em torno de 2924 cm^{-1} atribuída ao estiramento de ligação C-H. Esta banda não esteve presente na capsula sem óleo e foi uma contribuição da presença dos óleos essenciais no interior da capsula. No espectro de transmitância a região entre 1740 cm^{-1} e 500 cm^{-1} que é uma região considerada como assinatura dos óleos e foi possível observar no espectro um alargamento entre 950 cm^{-1} e 880 cm^{-1} referente a contribuição dos óleos no interior da cápsula.

No espectro de absorbância a contribuição dos óleos essenciais apresentou um alargamento em torno de 1500 cm^{-1} nos espectros da capsula com a mistura de óleos essenciais quando comparada com as capsulas sem óleo.

Nos espectros de FT-IR tanto no modo de transmitância quanto no modo de absorbância, observou-se também que o padrão espectral de contribuição dos óleos aparece de forma sutil no espectro da cápsula com óleo, mas aparece o suficiente para observar mensurar a interferência espectral. Este fato foi atribuído ao uso de concentração inibitória mínima de óleo no interior das capsulas e também foi devido a penetrabilidade da luz do laser nas capsulas, não atingindo a região com óleo visto que a imagem de MEV mostra que as capsulas possuem diâmetros em torno de 4μ .

O presente estudo abre precedente para outros trabalhos que testem princípios ativos com atividades semelhantes ou não.

7 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Realizar novos estudos para evidenciar efeitos “*in vitro*”, sobre diferentes bactérias e fungos de importância clínica e ambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13579-1**: colchão e colchonete de espuma de flexível de poliuretano e bases. Parte 1: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AFFONSO, R. *et al.* Aspecto químicos e biológicos do óleo essencial de cravo da Índia. **Revista virtual de Química**, v. 4, p. 146–161, 2012. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/254>

ÁGUA, R. M. O. B. D. **Desenvolvimento de Técnicas de impregnação de nanopartículas de óxido de Zinco de baixo custo com propriedades antimicrobianas em tecidos**. 2015. Dissertação (Mestrado em bioquímica) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

ALVIM, N.A.T. *et al.* O uso de plantas medicinais como recurso terapêutico: das influências da formação profissional às implicações éticas e legais de sua aplicabilidade como extensão da prática de cuidar realizada pela enfermeira. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.14, n.3, p. 316-323, 2006.

ANDERSON, D. M. W.; BRIDGEMAN, M. M. E.; DEPINTO, G. Studies of uronic acid materials acacia gum exudates from species of the series gummiferae. **Phytochemistry**, v. 23, n. 3, p. 575-577, 1984.

ANDRADE, Kátia Suzana. **Extração e microencapsulamento de extratos de interesse biológico provenientes de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.)**. 2015. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2015.

ANDREANI, L.; VALADARES, L. F. **Uso de Microscopia de Luz e Eletrônica como Técnicas de Análise Morfológica**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017. (Embrapa Agroenergia. Circular técnica, 15).

ARAUJO NETO, Morvan de. **Fórmulas químicas estruturais do glutaraldeído**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2012. v.1. 7–5.

ARAÚJO, B. T.; PEREIRA, D. C. R. Políticas para controle de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) no Brasil. Programa de Evidências para Políticas e Tecnologias de Saúde (PEPTS). **Comunicação em Ciências da Saúde**, Brasília, v. 28, n. 3/4, p. 333 -342, 2017.

ARCURI, E. A. Estudo bacteriológico da unidade do paciente no momento da internação. **Revista enfermagem em novas dimensões**, v. 2, n. 1, p. 5, 1976.

ARORA, D. S.; KAUR, J. Antimicrobial activity of spices. *International Journal of Antimicrobials Agents*, v.12, p.257-262, 1999.

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. 2017. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BALASSA L, FANGER G, W. O.; WURZBURG, Otto Microencapsulation in the Food Industry. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 2, n. 2, p. 245-265, 1971.

BAPTISTA, A. B.; PIMENTA, R. S. Diversidade de bactérias ambientais e de pacientes no hospital geral de palmas- TO. **Journal of bioenergy and food Science**, v. 2, n.4, p. 160–164, 2015.

BARBOSA-FILHO, J.M. *et al.* Natural products with antileprotic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n.1, p.141-8, 2007.

BATHKE, Janaína et al. Infraestrutura e adesão à higienização das mãos: desafios à segurança do paciente. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 34, n.2, p. 78-85, 2013.

BEMILLES, J. N.; HUBER, K.C; Carboidrato. In: DOMADARA, S.; PARKIM, K. C.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 75–130.

CALEFFI, Tatiana Sanchez Loureiro. **Microencapsulação de polpa de amora-preta por coacervação e spray drying**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CAPUTO, A. C.; DE MELO, H. P. H, C. A. M. A industrialização brasileira nos anos de 1950: uma análise da instrução. **Estudos Economicos** v. 39, p. 513-538, 2009

CARMO, E. S.; LIMA, E.O.; SOUZA, E. L. The potential of *Origanum vulgare* l. (lamiaceae) essential oil in inhibiting the growth of some food-related aspergillus species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 39, p. 362-367, 2008.

CARREIRO, M. A. **Um estudo sobre a efetividade da higiene do leito do cliente: o cuidado de enfermagem para atividades preventivas relacionadas ao colchão**. 2012. Tese (doutorado em enfermagem) Escola de Enfermagem, Universidade Federl do Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, M.G. *et al.* *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.1, p.158-169, 2013.

CASTRO, L. A. S. **Processamento de Amostras para Microscopia Eletrônica de Varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 93).

CECHINEL FILHO, Valdir; YUNES, Rosendo A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais: conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. *Química nova*, v. 21, n. 1, p. 99-105, 1998..

CLSI - CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard**. 7th ed. Wayne, PA: Clinical and laboratory Standards Institute, 2006. (CLSI document M07-A7).

DA SILVA, B. C. *et al.* Polyelectrolyte complexes from gum Arabic and gelatin: Optimal complexation pH as a key parameter to obtain reproducible microcapsules. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 201-207, 2015.

DANNENBERG, Guilherme Silva. **Óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi): atividade antimicrobiana e aplicação como componente ativo em filme para bioconservação de alimentos**. 2017. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

DO ROSÁRIO MARTINS, Maria et al. Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. **Journal of ethnopharmacology**, v. 151, n. 1, p. 485-492, 2014..

DONG, Z. *et al.* Morphology and release profile of microcapsules encapsulating peppermint oil by complex coacervation. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 455-460, 2011.

DOURADO, Massako Takahashi. **Óleos essenciais e oleoresina da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi): propriedades químicas e biológicas**. 2012. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

DUCONSEILLE, A. *et al.* Gelatin structure and composition linked to hard capsule dissolution: A review. **Food Hydrocolloids**, v.43, p. 360-376, 2015.

ESCOBAR, Raimara Gonzalez. Eugenol: propiedades farmacológicas y toxicológicas. Ventajas y desventajas de su uso. **Revista cubana de Estomatología**, Habana, v. 39, n. 2, p. 139-156, 2002.

ESTEVES, Deigilam Cestari *et al.* Avaliação de Conservação da Viabilidade de *Staphylococcus Aureus* e *Escherichia coli* sob Influência de Fluidos Biológicos em Superfícies Secas. **Colloquium Vitae**. v. 6, n. 2, p. 31-42, 2014.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; HEINEMANN, R. J. B.; PEDROSO, D. L. Developments in probiotic encapsulation. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 6. p. 1-8, 2011.

FERNANDO, F. S. L. *et al.* Fungal contaminação of hospital mattresses before and following and desinfecção. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 26, n. 5, p. 485–491, 2013.

FERREIRA, A. D. E. *et al.* Egg crater mattresses: a deposit of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*? **Revista da Escola de Enfermagem**, v. 45, n. 1, p. 156-161, 2011.

FERREIRA, A. M. et al. Areas of hospital environment: a possible underestimated microbes reservoir?-integrative review. **J. Nurs. UFPE**, v. 7, n. 5, p. 4171-82, 2013.

FORATO, L. A. *et al.* **Espectroscopia na região do Infravermelho e algumas aplicações**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010. (Embrapa Instrumentação. Documentos, n. 51).

FREITAS, A. B. *et al.* *Staphylococcus aureus* resistentes em animais de companhia. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v.16, n16, p.95-101, 2013.

FUGUET, E.; PLATERINK, C. V.; JANSSEM, H. G. Analytical characterization of glutardialdehyde cross-linking products in gelatine-gum arabic complex coacervates. **Analytica Clinica Acta**, v.604, p.45-53, 2007.

FUJITA, K. et al. Gentamicin-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection from mattresses in a burns unit. **British medical journal** (Clinical research ed.), v. 283, n. 6285, p. 219, 1981.

GELLATI, L.C. *et al.* Staphylococcus aureus resistentes à meticilina: disseminação emergente na comunidade. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.84, n.5, p.501- 506, 2009.

GHEDIRA, K.; GOETZ, P.; LEJEUNE, R. syzyium aromaticum (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier. **Phytotherapie**, v. 8, p. 37–43, 2010.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. *et al.* Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1813-1827, 2011.

GUEVARA, N. A.; JIMÉNEZ, M. T. Materiles utilizados en la encapsulation. **Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos**, v. 2, p. 22-27, 2008.

GUIGNON, B.; DUQUENOY, A.; DUMOULIN, E. Fluid bed encapsulation of particles: Principles and practice. **Drying technology**, v. 20, p. 419-447, 2002.

HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; VILLALOBOS, R.; CHIRALT, A. Effect of cross-linking using aldehydes on properties of gluten in-rich films. **Food Hydrocolloids**, v.18, p. 403-411, 2004.

JAGGER, J.; BALON, M. Blood and body fluid exposures to skin and mucous membranes. **Advance in Exposures Prevention**, v.1, p. 1-9, 1995.

JAMEKHORSHID, A.; SADRAMELI, S. M.; FARID, M. A. Review of Microencapsulation Methods of Phase Change Materials (PCMs) as a Thermal Energy Storage (TES) Medium. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 531-42. 2014.

KENT, R. M.; DOHERTY, S. B. Probiotic bacteria in infant formula and follow-up formula: microencapsulation using milk and pea proteins to improve microbiological quality. **Food Research International**, v. 64, p. 567-576, 2014.

KRAMER, A.; SCHWEBKE, I.; KAMPF, G. How long do nosocomial pathogens persist inanimate surfces A Systematic review. **BMC Infectious Diseases**, v. 6, p. 130, 2006.

LACERDA R, E. E. As infecções hospitalares e sua relação com o desenvolvimento da assistência hospitalar: reflexões para análise de suas práticas atuais de controle. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v. 5, n. 4, p. 13–23, 1997.

LEITE, A. M. *et al.* Inhibitory effect of beta-pinene, alpha-pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, n. 1, p. 121-126, 2007.

LI, M.; ROUAUD, O.; PONCELET, D. Microencapsulation by solvent evaporation: State of the art for process engineering approaches. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 363, p. 26-39, 2008.

- LINARD, Cybelle Façanha Barreto Medeiros. **Estudo do efeito antinociceptivo do Eugenol**. 2008. 90p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Ceará, Fortaleza, 2008.
- LOPES, Nathália. **Capsaicina: Os benefícios da substância da pimenta**. [S.L.]: VITAT, 2020.
- LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo, SP: Plantarum, 2002. 512p.
- MACIEL, C. C. S; CÂNDIDO, H. R. L. F. Infecção hospitalar: principais agentes e drogas administradas. **Revista Eletrônica de Ciências**, v. 3, n.1, p. 33–43, 2010.
- MANIAN, Farrin A. et al. Isolation of *Acinetobacter baumannii* complex and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from hospital rooms following terminal cleaning and disinfection: can we do better?. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, v. 32, n. 7, p. 667-672, 2011.
- MARTINS, M. R.; VEIGA, F. Permeation enhancers in transdermal drug delivery systems: a new application of cyclodextrins. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 38, n. 1, p. 33-54, 2002.
- MENDES, M. D. *et al.* ISSR molecular characterization and leaf volatiles analysis of *Pittosporum undulatum* Vent. naturalized in the Azores archipelago (Portugal). **Industrial Crops and Products**, v. 33, n. 3, p. 710-719, 2011.
- MIGNEAULT, I. *et al.* Glutaraldehyde: behavior in aqueous solution, reaction with proteins, and application to enzyme crosslinking. **Biotechniques**, v. 37, p. 798–802, 2004.
- MIRANDA, C. *et al.* Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista ciência Agrônômica**, v. 47, n.1, p. 213–220, 2016.
- MITCHELL, A.; SPENCER, M.; EDMISTON JR, C. Role of healthcars apparel end other healthcare textiles in the transmission of pathogens: a review of the literature **Journal of Hospital Infection**, v. 90, p. 285-292, 2015.
- MOORE, E.; WILLIAMS, L. A. maternity hospital outbreak of methicillin resistant *staphylococcus ureus*. **The journal of hospital infection**, v. 19, n. 1, p. 5–16, 1991.
- MUNDIM, G. *et al.* Evaluation of presence of *Staphylococcus aureus* on the beds of Hospital Escola's Intensive Care Unit, concerning, the position on the mattress, before and after cleaning. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 6, p. 685–688, 2003.
- NDAWULA, E. M.; BROWN, L. Mattresses as reservoirs of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **The Lancet**, v. 337, n. 8739, p. 488, 1991.
- O'DONOGHUE, M. A. T.; ALLEN, K. D. Costs of an outbreak of wound infections in an orthopedic ward. **Journal of Hospital Infection**, v. 22, n. 1, p. 73–79, 1992.
- OLIVEIRA, A. C. **Controle de egresso cirúrgico: Impacto na incidência da Infecção de sítio cirúrgico em hospital universitário**. 1999. 97p. Tese (Doutorado) Escola de Enfermagem, Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Contamination of hospital mattresses by microorganisms of epidemiological relevance: an integrative review contamination de colchones hospitalario por microorganismos. **J. Nurs. UFPE**, v. 7, n. 1, p. 236–245, 2012.

OTTER, J.; FRENCH, G. L. Bacterial contamination on touch surfaces in the public transport system and in public areas of a hospital in London. **Letters in Applied Microbiology**, v. 49, n.6, p. 803-805, 2009.

PAVIA, DONALD L. *et al.* **Introduction to spectroscopy** Boston: Cengage Learning, 2010.

PEDRA, Carolina. Mecanismo de Coacervação. Action in biology, [s.l.], 14 maio 2015. Disponível em: <http://biom02.blogspot.com/2015/05/terra-primitiva-estima-se-que-os.html>

PEDROSO, D. L. *et al.* Protection of Bi Fi Do bacterium Lactis and Lactobacillus Acidophilus by Microencapsulation Using Spray-Chilling. **International Dairy Journal**, v. 26, p. 127-132, 2012.

PINHEIRO, A. L. **Produção de óleos Essenciais**. Viçosa: CPT, 2003.

PROBST, Isabella da Silva. **Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico**. 2012. 102 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/87926>>.

RADÜNZ, Marjana. **Óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*, L.): extração, encapsulação, potencial antimicrobiano e antioxidante**. 2017. 146 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

RÉ, M.I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, p. 1195-1236, 1998.

RIBEIRO, Alessandra Casagrande. **Efeito da adição de óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) microencapsulados em queijo minas frescal**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.

ROBERTSON, M. H.; HOY, G.; PETERKIN, I. M. Anti-static mattress as reservoir of pseudomonas infection. **British medical journal**, v. 280, n. 6217, p. 831, 1980.

ROHMAN, A.; CHE MAN, Y. B. FTIR spectroscopy combined with chemometrics for analysis of lard in the mixtures with body fats of lamb, cow, and chicken. **International Food Research Journal**, v. 17, n. 3, p. 519-526, 2010.

SANCHEZ, C. *et al.* Structural and rheological properties of acacia gum dispersions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, p. 257– 267, 2002.

SANTOS, A. L. *et al.* Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007.

SAVIRA, F.; SUHARSONO, Y.; TAMRAT, W. Hubungan antara Monitoring Parental dan Keterbukaan Anak Pada orang Tua Dengan Perilaku Seksual Remaja. **Journal of Chemical**

Information and Modeling, v.21, n. 2, p. 1689–1699, 2017. [https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance Notebook 2.6 Smoke.pdf](https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance%20Notebook%202.6%20Smoke.pdf)

SCHERER, R. *et al.* Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 442-449, 2009.

SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. **Chemical Finishing of Textiles**. Boca Rton: CRRC Press, 2005. (Woodhead Publishing Series in Textiles)., 2005. p. 165–174.

SCHOPPAN, Vishma. Óleo essencial da prosperidade: pimenteira rosa. **Terraflor aromaterapia**, 2019. Disponível em: <https://terra-flor.com/blog/oleo-essencial-da-prosperidade/>

SCHUCK, V.J.A. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana de *Cymbopogon citratus*. **Rev. Bras de Ciênc. Farma.**, v.37, n.1, p.45-49, 2001.

SEXTON, T. *et al.* Environmental reservoirs of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in isolation rooms: Correlation with patient isolates and implications for hospital hygiene. **The journal of hospital infection**, v. 62, n. 2, p. 187-194, 2006.

SHERERTZ, Robert J.; SULLIVAN, Marsha L. An outbreak of infections with *Acinetobacter calcoaceticus* in burn patients: contamination of patients' mattresses. **Journal of Infectious Diseases**, v. 151, n. 2, p. 252-258, 1985.

SILVA, Eliana Pereira; CARREIRO, Mônica A.; GOMES, Rosana Canuto. Metodologia para a identificação de *Staphylococcus sp.* na superfície do colchão da maca no pronto socorro. **Revista Pró-UniversUS**, v. 7, n. 3, p. 15-19, 2016.

SILVEIRA, L.M.S. *et al.* Metodologias de atividade antimicrobiana aplicadas a extratos de plantas: comparação entre duas técnicas de ágar difusão. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.90, n.2, p.124-128, 2009.

SILVESTRI, Jandimara Doninelli Fior *et al.* Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, v. 57, p. 589-594, 2010.

SKOOG, D.A. **Fundamentos de Química analítica**. São Paulo (SP): Cengage Learning, 2006.

STARK, Lisa. **Staphylococcus aureus: aspects of pathogenesis and molecular epidemiology**. 2013. 81 p. Tese (doutorado), Department of Clinical and Experimental Medicine. Linköping University, Faculty of Health Sciences., 2013.

STOTT, Paul W.; WILLIAMS, Adrian C.; BARRY, Brian W. Characterization of complex coacervates of some tricyclic antidepressants and evaluation of their potential for enhancing transdermal flux. **Journal of Controlled Release**, v. 41, n. 3, p. 215-227, 1996.

SUAVE, J. *et al.* Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambientes**, v.7, p. 12-20, 2006.

THIES, C. **How to make Microcapsules Lecture and Laboratory Manual**. St Louis: Thiess technology, 1995. Chapter 5.

TRAJANO, Vinicius Nogueira *et al.* Propriedade antibacteriana de óleos essenciais de especiarias sobre bactérias contaminantes de alimentos. **Food Science and Technology**, v. 29, n.3, p. 542-545, 2009.

TROTMAN, E. R. **Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres**. 6 Ed. England: Charles Griffin, 1984.

VAN DER MEE-MARQUET NGIRARD SLAGARRIGUE, F. et.al. VAN DER MEE-MARQUET, Nathalie et al. Multiresistant Enterobacter cloacae outbreak in an intensive care unit associated with therapeutic beds. **Critical Care**, v. 10, n. 1, p. 1-2, 2006.

VANISKI, R.; CORTI, D.; DRUNKLER, D. A. Técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n.1, p. 156–184, 2017.

VIANA, R. E. H. **Recuperação de bactérias resistentes de relevância epidemiológica dos colchões de pacientes em precaução por contato de um hospital de Belo Horizonte**. Dissertação (mestrado)| Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

VIEIRA, S, P, P. **Promoção da Absorção Cutânea de Fármacos: Estado da Arte**. 2013. 62f. Dissertação (mestrado) Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Portugal, 2013.

YOSHIOKA, Sergio A. et al. Reticulação de matrizes colagênicas com diacetais de glutaraldeído para a preparação de novos biomateriais. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 39-47, 2013.

ZANON, U. Complicações infecciosas hospitalar. In: SCHECHTER, Mauro. **Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

ZATZ, J. **Skin Permeation Fundamentals and Application**. Carol Stream, IL: Wheaton, Allured Publishing, 1993.

Referência consultada

COSTA, Yanna Dias. Glicoproteínas. **Infoescola: navegando e aprendendo**, 2021. Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/glicoproteinas/>