

***Campus* Colorado do Oeste**
Coordenação do Curso Bacharelado em Medicina Veterinária

MICAELLY NASCIMENTO QUEIROZ

**DESENVOLVIMENTO DE UMA POMADA À BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE
COPAÍBA (*Copaifera* sp.) E MELALEUCA COM ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
E BACTERICIDA CONTRA *Staphylococcus aureus* ISOLADO DE VACAS
LEITEIRAS COM MASTITE CLÍNICA E SUBCLÍNICA**

MICAELLY NASCIMENTO QUEIROZ

**DESENVOLVIMENTO DE UMA POMADA À BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE
COPAÍBA (*Copaifera* sp.) E MELALEUCA COM ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
E BACTERICIDA CONTRA *Staphylococcus aureus* ISOLADO DE VACAS
LEITEIRAS COM MASTITE CLÍNICA E SUBCLÍNICA**

Monografia entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso Bacharelado em Medicina Veterinária, sob a orientação do professor Matheus Henrique Nogueira.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Queiroz, Micaelly Nascimento.

Desenvolvimento de uma pomada à base de óleos essenciais de Copaíba (*Copaifera* sp.) e Melaleuca com atividade antibacteriana e bactericida contra *Staphylococcus aureus* isolado de vacas leiteiras com mastite clínica e subclínica / Micaelly Nascimento Queiroz. - Colorado do Oeste, 2026.

33 f. : il.

Orientador(a): Prof. Matheus Henrique Nogueira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2026.

1. Bovino de leite. 2. Óleo essencial. 3. Bactérias patogênicas. I. Nogueira, Matheus Henrique (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

MICAELLY NASCIMENTO QUEIROZ

**DESENVOLVIMENTO DE UMA POMADA À BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE
COPAÍBA (*Copaifera* sp.) E MELALEUCA COM ATIVIDADE ANTIBACTERIANA
E BACTERICIDA CONTRA *Staphylococcus aureus* ISOLADO DE VACAS
LEITEIRAS COM MASTITE CLÍNICA E SUBCLÍNICA**

Monografia entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso Bacharelado em Medicina Veterinária, sob a orientação do professor Matheus Henrique Nogueira.

Aprovado em: 29/07/2026 pela banca examinadora.



Documento assinado digitalmente
ANA CLAUDIA DA COSTA GUIRAUD
Data: 14/08/2026 13:03:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a. MSc. Ana Cláudia da Costa Guiraud
Membro da Banca



Documento assinado digitalmente
JOAO MARCOS SILVEIRA DE SOUZA
Data: 14/08/2026 19:39:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. João Marcos Silveira de Souza
Membro da Banca



Documento assinado digitalmente
CLAUDIO DA SILVA ALMEIDA
Data: 14/08/2026 19:55:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Claudio da Silva Almeida
Coorientadora



Documento assinado digitalmente
MATHEUS HENRIQUE NOGUEIRA
Data: 14/08/2026 11:37:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. MSc. Matheus Henrique Nogueira
Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio constante; aos meus amigos, pela parceria; e ao meu orientador, pela orientação, sabedoria e conselhos.

A todos que acreditam no meu potencial, e me incentivaram de alguma forma, meu profundo agradecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pela dádiva da vida e por me permitir viver esse curso que sempre foi um sonho para mim. Agradeço também à minha família (meu pai, Délys Queiroz; minha mãe, Mirian Queiroz; minha irmã, Évelyn Queiroz; meu noivo, Vinícius Moraes), por todo o apoio e incentivo dado durante todos esses anos de curso, por lutarem minhas lutas e carregarem meus pesos, me auxiliando em todo o caminho.

Agradeço também aos meus amigos mais próximos pelas conversas, conselhos, por encararem meus pedidos e me apoiarem quando precisei, com toda a certeza deixaram a caminhada muito mais leve e divertida. Agradeço ao meu orientador, Prof. Matheus Henrique Nogueira, pela dedicação, sabedoria e ensinamentos passados durante todo esse período, foi essencial para minha formação profissional e pessoal.

Agradeço aos demais familiares que me apoiam e de alguma forma me incentivaram até aqui, em especial minha avó Juscelina Queiroz, (*in memoriam*) que sempre fez questão de acreditar no meu potencial, competência e capacidade para exercer essa profissão tão linda em que estou me formando.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – *Campus* Colorado do Oeste, agradeço a instituição pelo suporte durante o desenvolvimento da pesquisa e graduação.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação, seja provendo conversas, estágios, oportunidades, conselhos e até mesmo disponibilizando tempo para sanar dúvidas, certamente foram importantes para minha formação, muito obrigada.

“Até aqui o Senhor nos ajudou.” (1 Samuel 7:12).

DESENVOLVIMENTO DE UMA POMADA À BASE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE COPAÍBA (*Copaifera* sp.) E MELALEUCA COM ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E BACTERICIDA CONTRA *Staphylococcus aureus* ISOLADO DE VACAS LEITEIRAS COM MASTITE CLÍNICA E SUBCLÍNICA

RESUMO: A mastite bovina é uma das principais enfermidades que acometem rebanhos leiteiros, causando prejuízos econômicos significativos e comprometendo a qualidade do leite. Entre os agentes etiológicos, *Staphylococcus aureus* destaca-se pela elevada capacidade de persistência e pelo crescente perfil de resistência aos antimicrobianos convencionais, tornando necessária a busca por alternativas terapêuticas. Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e copaíba (*Copaifera* spp.), isolados e em combinação, frente a *Staphylococcus aureus* isolado de leite de vacas com mastite bovina. Foram analisadas 67 amostras de leite provenientes de animais com mastite clínica e subclínica, sendo realizado o isolamento e a identificação bacteriana por métodos microbiológicos e testes bioquímicos. Também foi determinado o perfil de suscetibilidade aos antibióticos, a concentração inibitória mínima (CIM), a concentração bactericida mínima (CBM) e a atividade antimicrobiana de formulações tópicas contendo os óleos essenciais por meio do teste de difusão em poço. O isolado apresentou elevada resistência aos antimicrobianos testados, sendo sensível apenas à norfloxacin. O óleo essencial de melaleuca apresentou maior atividade antimicrobiana, com CIM de 0,781 mg/mL e CBM de 3,125 mg/mL, enquanto o óleo de copaíba apresentou CIM de 6,250 mg/mL e CBM de 25,000 mg/mL. Ambos os óleos demonstraram atividade bactericida, e as formulações desenvolvidas apresentaram halos de inibição contra *S. aureus*, indicando potencial para aplicação no tratamento da mastite bovina. Os resultados sugerem que os óleos essenciais, especialmente o de melaleuca, representam alternativas promissoras para o desenvolvimento de terapias complementares, contribuindo para a redução do uso de antibióticos convencionais e para o enfrentamento da resistência antimicrobiana.

PALAVRAS-CHAVE: Bovino de leite; óleo essencial; bactérias patogênicas

ABSTRACT: Bovine mastitis is one of the major diseases affecting dairy herds, causing significant economic losses and compromising milk quality. Among the etiological agents, *Staphylococcus aureus* stands out due to its high persistence and increasing resistance to conventional antimicrobials, highlighting the need for alternative therapeutic strategies. This study aimed to evaluate the antimicrobial activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and copaiba (*Copaifera* spp.) essential oils, used individually and in combination, against *Staphylococcus aureus* isolated from the milk of cows with bovine mastitis. A total of 67 milk samples from cows diagnosed with clinical and subclinical mastitis were analyzed. Bacterial isolation and identification were performed using microbiological and biochemical methods. In addition, antimicrobial susceptibility testing, minimum inhibitory concentration (MIC), minimum bactericidal concentration (MBC), and the antimicrobial activity of topical formulations containing the essential oils were evaluated using the agar well diffusion method. The bacterial isolate exhibited a high level of resistance to the antibiotics tested, showing susceptibility only to norfloxacin. Tea tree essential oil demonstrated the greatest antimicrobial activity, with an MIC of 0.781 mg/mL and an MBC of 3.125 mg/mL,

whereas copaiba essential oil showed an MIC of 6.250 mg/mL and an MBC of 25.000 mg/mL. Both essential oils exhibited bactericidal activity, and the developed formulations produced inhibition zones against *S. aureus*, indicating their potential for topical application in the treatment of bovine mastitis. These findings suggest that essential oils, particularly tea tree oil, represent promising alternatives for the development of complementary therapies, contributing to reduced reliance on conventional antibiotics and helping to combat antimicrobial resistance.

KEYWORDS: Dairy cattle; essential oil; pathogenic bacteria.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	11
2.1. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	11
2.2. RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICO	12
2.3. CAUSAS DE MASTITE EM VACAS LEITEIRAS	13
2.4. ÓLEOS ESSENCIAIS E SUAS PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS (ÓLEO ESSENCIAL DE COPAIBA E MELALEUCA)	13
3. METODOLOGIA	16
3.1. INFRAESTRUTURA	16
3.2. CULTURA E IDENTIFICAÇÃO E ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS	16
3.3. CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E CONCENTRAÇÃO BACTERICIDA MÍNIMA (CBM)	16
3.4. TESTE DE SUSCETIBILIDADE A ANTIBIÓTICOS	17
3.5. FORMULAÇÃO DE POMADAS INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS E COMBINAÇÕES	17
3.6. TESTE DE DIFUSÃO EM POÇO ANTIMICROBIANO	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. CULTURA E IDENTIFICAÇÃO E ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS	19
4.2. TESTE DE SUSCETIBILIDADE A ANTIBIÓTICOS	20
4.3. CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E CONCENTRAÇÃO BACTERICIDA MÍNIMA (CBM)	20
4.4. FORMULAÇÃO DE EMULSÃO INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS E COMBINAÇÕES TESTE DE DIFUSÃO EM POÇO ANTIMICROBIANO	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A mastite bovina é caracterizada pela inflamação parênquima da glândula mamária (Caneschi et al., 2023), causada por trauma físico ou infecções por microrganismos que penetram pelo canal do teto e levam a resposta inflamatória local e sistêmica (Silva, 2024; Gomes & Henriques, 2016). No entanto, a doença é considerada um dos maiores desafios da atividade leiteira, causando prejuízos significativos (Manieri, 2025).

Sendo manifestada de forma clínica e subclínica (Silva, 2024), a enfermidade desperta preocupação quanto a saúde pública, uma vez que há possibilidade de veiculação de patógenos causadores de mastite, ou, até mesmo, por meio da presença de resíduos de antibióticos no leite (Acurcio, 2023).

Entre os agentes causadores de mastite, destacam-se as bactérias dos gêneros *Streptococcus agalactiae* (Tong et al., 2025), *Staphylococcus aureus* (Contreras & Rodríguez, 2011), *Streptococcus dysgalactiae* (Shen et al., 2021), *Streptococcus uberis* (Abureema et al., 2019) e *Escherichia coli* (Wellnitz & Bruckmaier, 2012) responsáveis por 85% dos casos (Zimmermann, 2017). Na maior parte das vezes, os microrganismos sobrevivem dentro do animal, havendo também a contaminação por microrganismos presentes no ambiente, (Araujo, 2017).

O *Staphylococcus aureus* é o responsável pelas infecções crônicas de longa duração, causando as maiores perdas na produção leiteira (Bandoch, 2011). De acordo com El-Sayed & Kamel (2021), o *S. aureus* é responsável por cerca de 50% dos casos de mastite. Nelson et al. (2024) diz que a presença de *S. aureus* nos rebanhos causa impactos econômicos significativos, incluindo perdas produtivas, descarte de leite e custos com tratamento e manejo sanitário considerado altamente contagioso. Além da alta capacidade de transmissão, o *S. aureus* apresenta alguns mecanismos para aumentar as chances de sobrevivência no hospedeiro (Conrad, 2014).

O mecanismo utilizado pela bactéria está relacionado a mutações, aumentando sua sobrevivência no hospedeiro. Um estudo realizado por Katharina Mayer, et al., (2021), mostrou que uma mutação da bactéria resulta em aumento da produção da α -hemolisina, uma toxina capaz de lesar células do hospedeiro. Essa alteração aumenta a citotoxicidade, levando à maiores danos teciduais e pode contribuir para a persistência da bactéria também no meio extracelular (Katharina Mayer, et al., 2021).

Entretanto, o uso indiscriminado de antibióticos leva ao aumento da taxa de resistência (Costa, 2013). As bactérias adquirem resistência aos antimicrobianos, e quando se multiplicam, formam as cepas mais resistentes (Alves, 2020). Dessa maneira, os microrganismos resistentes podem ser disseminados a outros animais, causando a ineficácia no tratamento com antimicrobianos convencionais (Alves, 2020).

O *Staphylococcus aureus* possui variados mecanismos de resistência, como a mutação que leva a alteração no sítio de ação do antibiótico, ou então a aquisição de genes de resistência que leva a destruição ou inativação do antibiótico (Cussolim, 2021). Por ser um microrganismo causador de uma grande gama de doenças, com grande potencial de causar infecções, demanda atenção para sua virulência e risco para saúde, tanto animal quanto humana (Alves, 2020).

Diante disso, surge a necessidade de tratamentos alternativos, com base, por exemplo, em produtos naturais. Alguns extratos de plantas, os óleos essenciais, têm demonstrado potencial antibacteriano, sendo uma possibilidade mais eficaz para as cepas que apresentam resistência aos antibióticos convencionais (Abd El-Hamid et al., 2023; Caneschi et al., 2023; Dhaouadi et al., 2026).

Os óleos essenciais possuem um mecanismo de ação que promovem a degradação da parede celular e a inibição do sistema de efluxo bacteriano, promovendo o controle da infecção (Nuñez, 2023). Sua atividade sobre as bactérias pode ser bacteriostática ou bactericida, e seu resultado vai depender da bactéria alvo (Dhaouadi et al., 2026). A eficácia dos óleos essenciais vai depender do patógeno em que será aplicado, sendo necessário o estudo sobre seus compostos (NUÑES, 2023).

Figueiredo et al. (2026) utilizou nanoemulsão de óleo essencial de Palo Santo (*Bursera graveolens*) para controlar bactérias causadoras de mastite, dentre elas apresentou atividade antimicrobiana aprimorada contra *Staphylococcus aureus*. Já, Lopes et al. (2023) utilizou óleo essencial de capim-limão, eucalipto, lavanda, hortelã-pimenta e tomilho como alternativas antibacterianas promissoras contra espécies de *Staphylococcus* associadas à mastite bovina. Munive Nuñez et al. (2024) usou cinco óleos essenciais, dentre eles, destaca o potencial dos óleos essenciais de manjerição e bergamota como agentes antimicrobianos naturais para o tratamento da mastite bovina causada por *S. aureus*.

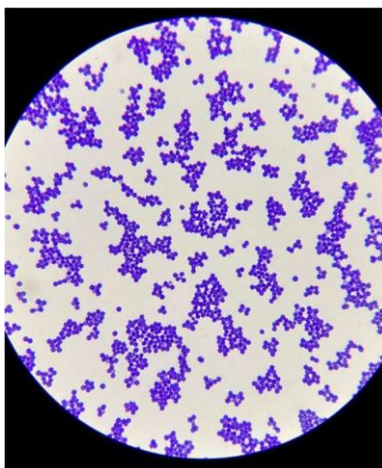
Com base nos dados mencionados, o presente trabalho visa avaliar a atividade antimicrobiana de dois óleos essenciais com potencial terapêutico para o tratamento da mastite clínica e subclínica causada por *S. aureus*.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

O gênero *Staphylococcus aureus* é caracterizado pelo formato em cocos, como mostra a Figura 1, podendo aparecer agrupados como cacho de uva, sozinhos, em trios ou em pares (Conrad, 2014). As bactérias são classificadas como gram-positivas, não esporuladas e anaeróbicas facultativas. Também produzem a enzima catalase, o que ajuda a diferenciar do gênero *Streptococcus* e *Enterococcus* (García, 2014).

Figura 1 - *Staphylococcus aureus*.



Fonte: Arquivo pessoal.

Pertencente à família *Staphylococcaceae*, as bactérias possuem três tipos de exotoxina que determinam sua patogenicidade: hemolisina, enterotoxina e leucocidina (Melo, 2011). Além disso, os *S. aureus* possuem fatores de virulência, o que aumenta sua chance de sobrevivência no hospedeiro (Conrad, 2014).

Dentre os fatores de virulência destacam-se as proteínas de adesão, toxinas e enzimas que facilitam a invasão e colonização dos tecidos (Conrad, 2014). Esses fatores possivelmente estão relacionados a capacidade de adaptação aos diferentes locais no corpo do hospedeiro, visto que essas bactérias podem ser encontradas em diferentes regiões, como pele e mucosas dos animais (Conrad, 2014).

2.2. RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICO

A resistência a antibióticos ocorre, frequentemente, pelo uso errôneo dos medicamentos, seja por subdoses ou tempo insuficiente de tratamento (Alves, 2020). Com o uso incorreto, as bactérias adquirem a resistência e se multiplicam, formando cepas resistentes, e se disseminam entre o rebanho (Alves, 2020).

A resistência bacteriana possui grande relevância para os estudos sobre saúde animal, uma vez que com cepas mais resistentes, aumenta as restrições ao tratamento da doença (Cussolim, 2021). Além do mais, há uma preocupação com a saúde pública, decorrente da contaminação do leite (Fonseca, 2021).

A figura 2 mostra um estudo realizado em 2022 onde 50% dos antibióticos comumente utilizados já não apresentam a eficácia esperada, não atingindo o valor mínimo de 30 milímetros (mm) na formação de halo de inibição no teste de antibiograma (Silva, 2022). O resultado é condizente com outras pesquisas, que demonstram que algumas cepas de *Staphylococcus aureus* encontradas em leite mastítico são resistentes à maioria dos antibióticos (Alves, 2020).

Figura 2 - Atividade antimicrobiana frente à *Staphylococcus aureus*.

Tratamento	Média (mm)
Florfenicol 30 µg	30,200
Enrofloxacina 5 µg	26,600
Gentamicina 10 µg	26,100
Amicacina 30 µg	25,300
Tetraciclina 30 µg	25,225
Norfloxacina 10 µg	24,200
Cefalotina 30 µg	23,700
Cefalexina 30 µg	20,375
Gentamicina 120 µg	19,775
Neomicina 30 µg	19,725
Amoxilina 10 µg	18,533
Ampicilina + Sulbactam 10/10 µg	15,050
Cefoxitina 30 µg	7,800
Bacitracina 10 µg	7,000

Fonte: Sybelle Georgia Mesquita da Silva, 2022.

O uso de antibióticos é de grande importância na medicina veterinária, pois com ele é possível reduzir taxas de mortalidade relacionadas a infecções bacterianas (Silva, 2022). Porém, devido ao uso incorreto dos medicamentos, há a seleção de microrganismos resistentes, dificultando o tratamento de doenças bacterianas (Cussolim, 2021).

2.3. CAUSAS DE MASTITE EM VACAS LEITEIRAS

Há uma grande diversidade quando se trata dos patógenos causadores de mastite (Fonseca, 2021). Esses microrganismos são classificados de acordo com o local que são encontrados e de acordo com a forma de infecção, também sendo classificados de acordo com o efeito que causam sobre a Contagem de Células Somáticas (Fonseca, 2021).

Os patógenos podem ser divididos em dois grandes grupos: causadores de mastite contagiosa e causadores de mastite ambiental (Conrad, 2014). A mastite contagiosa é causada por bactérias como *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae*, enquanto a ambiental está relacionada a bactérias que permanecem no habitat dos hospedeiros como, por exemplo, *Escherichia coli* (Tenório, 2022).

A infecção inicia-se quando o microrganismo penetra o teto mamário e começa sua multiplicação, em resposta ocorre o processo inflamatório da glândula (Conrad, 2014). Já a transmissão, decorre principalmente devido à falta de higienização nos processos de ordenha, onde são utilizados os mesmos materiais em animais doentes e sadios (Tenório, 2022).

O *Staphylococcus aureus* é encontrado frequentemente nos casos de mastite, sendo relatado como causa principal na maioria (Zimmermann, 2017). Isso pode ser explicado pelo fato da pele do úbere e dos tetos serem o a principal localização desses microrganismos, facilitando a infecção (Zanette, 2010).

2.4. ÓLEOS ESSENCIAIS E SUAS PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS (ÓLEO ESSENCIAL DE COPAIBA E MELALEUCA)

Os óleos essenciais são substâncias naturais extraídas de diferentes plantas medicinais, que podem conter de 20 a 100 metabólitos secundários. Esses compostos oleosos desempenham papéis importantes como antibacterianos, antifúngicos e antivirais (Caneschi, 2023). O estudo sobre os efeitos antibacterianos dos óleos essenciais são relevantes, visto que há possibilidades de inibição de crescimento e/ou morte de cepas de *Staphylococcus aureus* (Fratini, 2021).

A atividade antibacteriana dos óleos essenciais está relacionada ao aumento da permeabilidade da membrana, decorrente do vazamento dos componentes das células e perda de íons, levando a morte celular (Caneschi, 2023). Sua eficácia vai depender da composição do óleo e da bactéria alvo, que pode ser gram-positiva ou gram-negativa (Caneschi, 2023).

Extraído de plantas do gênero *Copaífera* spp., o óleo de copaíba apresenta efeito bacteriano relevante sobre as cepas de *Staphylococcus aureus*. A planta é reconhecida pela relevância na medicina tradicional popular, sendo encontrada com predominância entre os biomas do Cerrado e da Amazônia (Moura, 2025).

A composição química do óleo de copaíba é formada por diterpenos, sesquiterpenos e ácido polilático (Araújo, 2022), sendo considerado hoje como um dos produtos amazônicos mais importantes (Cardoso, 2025). Dispõe de efeitos anti-inflamatórios, antissépticos, antimicrobianos, germicida, antitumoral, analgésico, diurético, expectorante e cicatrizante (Araújo, 2022), além de conter bioativos como ácidos copaíba e beta-cariofileno, que possuem atividade antimicrobiana contra diversas cepas bacterianas (Cardoso, 2025).

Outro óleo alternativo para o combate ao *Staphylococcus aureus* é o óleo de Melaleuca (conhecido também como Tea Tree Oil). Extraído da planta australiana *Melaleuca alternifolia*, o composto possui ação antimicrobiana contra bactérias e fungos, e efeitos anti-inflamatórios (Faria, 2025).

De grande importância medicinal, o óleo de Melaleuca possui amplo espectro, atuando em bactérias gram-positivas e gram-negativas, com efeito bactericida in natura e bacteriostático em baixas concentrações (Hall, 2020). O principal responsável por suas propriedades antimicrobianas é o composto terpinen-4-ol, que se encontra em abundância no óleo essencial (Carmo, 2024).

Nesse contexto, a maioria dos óleos essenciais promovem ação antibacteriana, a eficácia vai depender da composição e concentração do óleo essencial, e do microrganismo alvo (Melo, 2017). Com o avanço da ciência, os compostos dos óleos podem ser identificados, classificados, testados e utilizados como atividade terapêutica mais eficiente e alternativa (Cardoso, 2022).

3. METODOLOGIA

3.1. INFRAESTRUTURA

Foram analisadas aproximadamente 65 amostras de leite provenientes de vacas com mastite clínica e subclínica. As amostras foram encaminhadas pelos produtores de bovinos leiteiro de diferentes locais do cone sul do estado de Rondônia. O transporte foi realizado em caixas isotérmicas até o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), campus Colorado do Oeste. O óleo de melaleuca obtido da linha oleum uberpharma e o óleo de copaíba foram obtidos no comércio do município de Manaus, Amazonas.

3.2. CULTURA E IDENTIFICAÇÃO E ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS

Cada amostra foi processada sob condições assépticas, retirando-se 25 mL e diluindo em 225 mL de solução peptonada a 1%. Após homogeneização manual por cinco minutos, foram realizadas diluições seriadas para posterior análise microbiológica. O isolamento seletivo foi realizado em ágar sal manitol (*Staphylococcus aureus*), Ágar EMB (Eosina Azul de Metileno) (*Escherichia coli*), Ágar Hektoen (*Salmonella* Sp). As placas foram incubadas a 37 °C por 24-48 h. Colônias características foram submetidas à coloração de Gram e testes bioquímicos (Furlaneto-Maia et al., 2022).

3.3. CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E CONCENTRAÇÃO BACTERICIDA MÍNIMA (CBM)

Foram determinadas por microdiluição em caldo em microplacas de 96 poços, conforme Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2020). Poços contendo meio de cultura e diluições seriadas dos óleos essenciais de melaleuca e óleo essencial de copaíba foram inoculados com suspensão bacteriana (10^6 UFC/mL). Após a incubação, 30 µL de solução de resazurina a 0,01% foram adicionados a cada poço, seguidos de incubação adicional no escuro por 3h, conforme descrito por Peron dos Santos et al. (2025).

Posteriormente, 10 µL de cada poço foi subcultivados em caldo BHI e incubados durante a noite a 35 ± 2 °C. A menor concentração que inibiu completamente o crescimento bacteriano em BHI foi registrada como a CBM

(Concentração Bactericida Mínima). O experimento foi realizado em duplicata (Braga et al., 2026).

3.4. TESTE DE SUSCETIBILIDADE A ANTIBIÓTICOS

O teste de suscetibilidade a antibióticos foi realizado utilizando o método de difusão em disco (Kabui et al., 2024). Um isolado foi selecionado aleatoriamente, suspenso em meio de cultura e padronizado por meio de um teste de turbidez (padrão 0,5 de McFarland). Os isolados foram considerados possíveis causas de mastite com base na literatura. Cem microlitros da suspensão padronizada do organismo de teste foram então inoculados em placas de ágar Mueller-Hinton (Himedia, Ltd). Oito antibióticos (Himedia, Ltd) comumente usados para o tratamento da mastite foram selecionados para o teste de suscetibilidade a antibióticos neste estudo: cefuroxima (30 µg), cefotaxima (30 µg), amoxicilina e ácido clavulânico (10 µg), oxacilina (10 µg), azitromicina (15 µg), meropenem (10 µg), ciprofloxacina (10 µg) e nitrofurantoína (300 µg). Esses antibióticos foram escolhidos de acordo com a disponibilidade do laboratório onde foi desenvolvido a pesquisa.

Os discos foram colocados na superfície do meio de cultura e as placas foram incubadas a 37 °C por 24 horas. Os respectivos halos de inibição foram medidos e os resultados interpretados de acordo com a tabela do CLSI (2019). Os resultados foram registrados como resistente, intermediário ou suscetível aos antibióticos específicos.

3.5. FORMULAÇÃO DE POMADAS INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS E COMBINAÇÕES

As pomadas foram preparadas por incorporação dos óleos essenciais em uma base de vaselina. Inicialmente, 3 g do óleo essencial foram homogeneizados com 1 g de propilenoglicol para facilitar sua dispersão. A vaselina foi previamente aquecida em banho-maria a 40-45 °C para redução da viscosidade e, posteriormente, a mistura contendo o óleo essencial foi adicionada gradualmente sob agitação contínua até completa homogeneização. As formulações foram resfriadas à temperatura ambiente antes da utilização. Foram produzidas três formulações: uma contendo óleo essencial de melaleuca (3 g), outra contendo óleo

essencial de copaíba (3 g) e uma terceira contendo a combinação dos dois óleos essenciais (3 g de cada óleo) (Abd-Rabou & Edris, 2022).

3.6. TESTE DE DIFUSÃO EM DISCO

Os testes antimicrobianos foram realizados de acordo com as diretrizes do Clinical and Laboratory Standards Institute (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018), com modificações. As bactérias de teste foram cultivadas em caldo BHI por 24h a 37 °C, e a concentração final utilizada foi de $1,0 \times 10^5$ UFC mL⁻¹. Discos de papel de filtro estéreis foram embebidos em 10 µL de pomada contendo óleo essencial de melaleuca, 10 µL de pomada contendo óleo essencial de copaíba e 10 µL de pomada contendo óleo essencial de melaleuca e copaica. Um disco com pomada comercial contendo gentamicina foi utilizado como controle. As placas foram então incubadas a 37 °C por 24 h.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

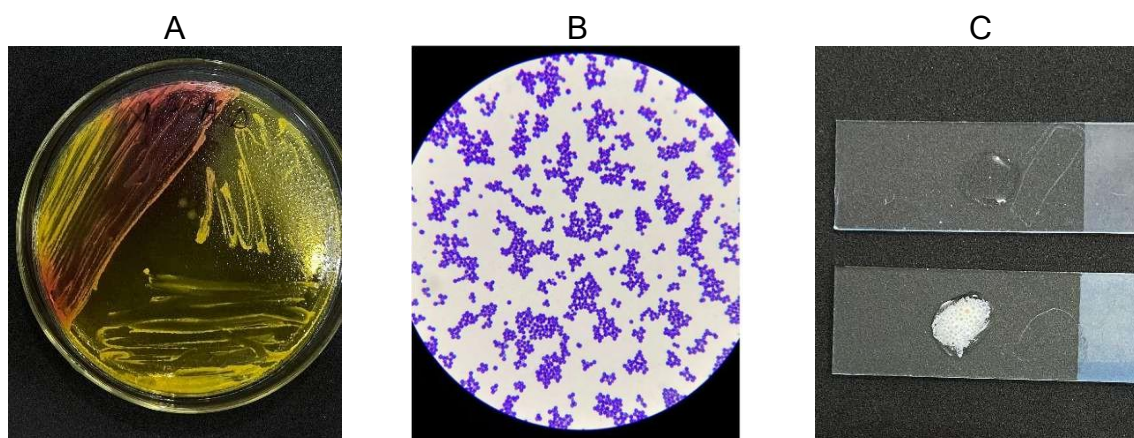
4.1. CULTURA E IDENTIFICAÇÃO E ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS

Foram coletadas 67 amostras de leite provenientes de vacas diagnosticadas com mastite clínica e subclínica. A triagem para mastite foi realizada diretamente nas propriedades leiteiras, e as amostras foram encaminhadas ao laboratório para isolamento e identificação microbiológica do agente etiológico. Após a caracterização microbiológica dos isolados, uma cepa representativa foi selecionada para a condução dos experimentos deste estudo.

O isolado selecionado foi cultivado em ágar sal manitol (Mannitol Salt Agar – MSA) (Figura 3, A), apresentando crescimento característico acompanhado pela mudança da coloração do meio de rosa para amarelo, indicando a fermentação do manitol, uma característica fenotípica sugestiva de *Staphylococcus aureus*. As colônias que apresentaram esse perfil foram isoladas e submetidas à coloração de Gram (Figura 3, B), na qual foi possível observar cocos Gram-positivos dispostos em aglomerados, característica morfológica típica do gênero *Staphylococcus*. Em seguida, foram realizados os testes de catalase (Figura 3, C).

O teste de catalase apresentou resultado positivo, confirmando a produção da enzima catalase. A associação dos resultados obtidos no cultivo em ágar sal manitol, da morfologia observada na coloração de Gram e do teste bioquímico de catalase permitiu a identificação presuntiva do isolado como *Staphylococcus aureus*.

Figura 3 -Placa com isolado cultivado em ágar sal manitol (A); Visualização de lâmina após coloração de gram (B); Teste de catalase (C).



Fonte: Arquivo pessoal.

4.2. TESTE DE SUSCETIBILIDADE A ANTIBIÓTICOS

O perfil de suscetibilidade antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* frente aos antibióticos avaliados revelou elevada resistência aos fármacos testados. Entre os oito antimicrobianos analisados, apenas a norfloxacin apresentou atividade efetiva, sendo o isolado classificado como sensível. Em contrapartida, foi observada resistência à neomicina, novobiocina, optoquina e penicilina, indicando reduzida eficácia desses antibióticos no controle do microrganismo. Para a nitrofurantoína, clindamicina e eritromicina, o isolado apresentou perfil de sensibilidade intermediária, sugerindo que esses antimicrobianos podem apresentar eficácia limitada e dependente da concentração utilizada ou das condições de tratamento. Como apresentado na Tabela 1, o isolado demonstrou um perfil de resistência expressivo, uma vez que 50% (4/8) dos antibióticos testados apresentaram resistência, 37,5% (3/8) apresentaram sensibilidade intermediária e apenas 12,5% (1/8) foram classificados como sensíveis. Os resultados evidenciam que a norfloxacin foi o único antimicrobiano capaz de inibir efetivamente o crescimento bacteriano nas condições experimentais empregadas.

O perfil de suscetibilidade antimicrobiana obtido neste estudo evidenciou elevada resistência de *Staphylococcus aureus* aos antibióticos convencionais, com resistência observada para neomicina, novobiocina, optoquina e penicilina, além de sensibilidade intermediária à nitrofurantoína, clindamicina e eritromicina. Esse cenário reforça a necessidade da busca por alternativas terapêuticas capazes de complementar ou potencializar o controle desse patógeno.

Nesse contexto, os óleos essenciais de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e copaíba (*Copaifera* spp.) destacam-se como candidatos promissores devido à presença de compostos bioativos com reconhecida atividade antimicrobiana. O óleo essencial de melaleuca é rico em terpinen-4-ol, γ -terpineno e α -terpineno, compostos capazes de desestabilizar a membrana citoplasmática bacteriana, aumentar sua permeabilidade, promover extravasamento do conteúdo intracelular e comprometer funções metabólicas essenciais. Já o óleo de copaíba apresenta elevada concentração de sesquiterpenos, especialmente β -cariofileno, além de diterpenos, substâncias associadas à ação antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante.

Diferentemente dos antibióticos convencionais, que geralmente atuam sobre um alvo celular específico, os óleos essenciais apresentam mecanismos de ação múltiplos e simultâneos. Essa característica reduz a probabilidade de desenvolvimento de resistência bacteriana, uma vez que os microrganismos precisam adaptar diversos mecanismos fisiológicos ao mesmo tempo para sobreviver à ação desses compostos. Além disso, diversos estudos têm demonstrado que óleos essenciais podem atuar sinergicamente com antibióticos, restaurando ou potencializando a eficácia de fármacos frente a cepas resistentes.

Dessa forma, a elevada resistência observada para os antimicrobianos convencionais, aliada à expressiva atividade antimicrobiana dos óleos essenciais, justifica a investigação desses compostos como alternativas sustentáveis e inovadoras para o controle de *Staphylococcus aureus*, contribuindo para reduzir a dependência de antibióticos e minimizar a disseminação da resistência antimicrobiana.

Tabela 1- Perfil de sensibilidade a antibióticos.

ANTIBIÓTICO	GRUPO	RESULTADO
Norfloxacina	Ampla Aspectro (-)	Sensível
Neomicina	Ampla Aspectro (-)	Resistente
Nitrofurantoína	Ampla Aspectro	Intermediário
Novobiocina	Gram Positivo	Resistente
Clindamicina	Gram Positivo	Intermediário
Eritromicina	Gram Positivo	Intermediário
Optoquina	Gram Positivo	Resistente
Penicilina	Gram Positivo	Resistente

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.3. CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA (CIM) E CONCENTRAÇÃO BACTERICIDA MÍNIMA (CBM)

A atividade antimicrobiana dos óleos foi determinada pelo método de microdiluição em caldo utilizando resazurina como indicador de viabilidade celular. Conforme apresentado na Tabela 2, o óleo essencial de melaleuca apresentou Concentração Inibitória Mínima (CIM) de 0,781 mg/mL frente a *Staphylococcus aureus*, enquanto o óleo de copaíba apresentou CIM de 6,250 mg/mL. Esses resultados demonstram que o óleo de melaleuca apresentou maior atividade

inibitória, sendo capaz de impedir o crescimento bacteriano em concentração aproximadamente oito vezes inferior à necessária para o óleo de copaíba.

Na avaliação da Concentração Bactericida Mínima (CBM), determinada pela ausência de crescimento após subcultivo em caldo BHI, o óleo essencial de melaleuca apresentou CBM de 3,125 mg/mL, enquanto o óleo de copaíba apresentou CBM de 25,000 mg/mL. Assim como observado para a CIM, o óleo de melaleuca demonstrou maior efeito bactericida, necessitando de concentração oito vezes menor para eliminar completamente as células de *S. aureus*.

A razão CBM/CIM foi igual a 4 para ambos os óleos. Considerando que valores de $\text{CBM/CIM} \leq 4$ são geralmente indicativos de atividade bactericida, ambos os tratamentos apresentaram efeito bactericida frente a *Staphylococcus aureus*. Entretanto, o óleo essencial de melaleuca apresentou maior potência antimicrobiana, evidenciada pelos menores valores de CIM e CBM quando comparado ao óleo de copaíba.

Tabela 2 - Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) dos óleos essenciais contra *Staphylococcus aureus*.

Óleo essencial	CIM (mg/mL)	CBM (mg/mL)	Atividade
Melaleuca	0,781 ± 0,00	3,125 ± 0,00	Bactericida
Copaíba	6,250 ± 0,00	25,000 ± 0,00	Bactericida

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4.4. FORMULAÇÃO DE EMULSÃO INCORPORADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS E COMBINAÇÕES TESTE DE DIFUSÃO EM POÇO ANTIMICROBIANO

O crescente impacto da resistência aos antimicrobianos tem impulsionado a busca por novas estratégias terapêuticas capazes de reduzir a dependência de antibióticos convencionais. Nesse contexto, sistemas de liberação, como emulsões e nanoemulsões, têm recebido destaque por representarem tecnologias promissoras e amplamente exploradas nas áreas farmacêutica, alimentícia, médica e veterinária. Essas formulações apresentam potencial para aumentar a estabilidade, a biodisponibilidade e a atividade biológica de compostos lipofílicos, como os óleos essenciais, ampliando sua aplicabilidade terapêutica.

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia de emulsões e nanoemulsões contendo óleos essenciais no controle de microrganismos resistentes. Sharaf et al. (2026), avaliaram a atividade antibacteriana e antibiofilme do óleo essencial de

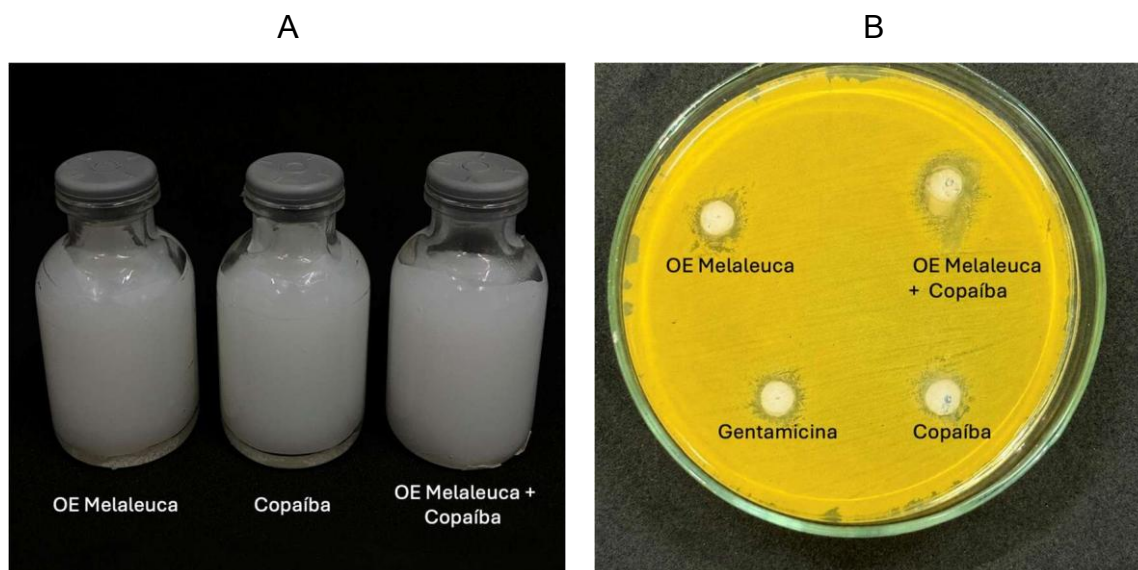
melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e de sua nanoemulsão frente a bactérias multirresistentes, incluindo *Staphylococcus aureus*, observando resultados promissores em ambas as formulações. De forma semelhante, Wang et al. (2025), relataram que o óleo da árvore-do-chá (*Tea Tree Oil* – TTO), extraído das folhas de *M. alternifolia*, apresenta expressiva atividade antibacteriana.

Entretanto, sua baixa solubilidade em água e elevada volatilidade limitam sua aplicação clínica. Para contornar essas limitações, os autores desenvolveram uma nanoemulsão estável utilizando TTO e Tween 80 (Nano TTO), demonstrando que essa formulação atuou como adjuvante da amoxicilina, potencializando sua atividade contra *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e reduzindo significativamente a formação de biofilmes.

O óleo essencial de copaíba também tem despertado interesse devido às suas propriedades antimicrobianas. Do Carmo Silva et al. (2020), demonstraram sua eficácia antifúngica contra cepas de *Paracoccidioides* spp., reforçando seu potencial como alternativa terapêutica natural. Apesar dos avanços relacionados ao uso individual dos óleos essenciais de melaleuca e copaíba, ainda são escassos os estudos que investigam o efeito da combinação desses compostos frente a microrganismos multirresistentes.

No presente estudo, tanto os óleos essenciais avaliados individualmente quanto sua combinação apresentaram atividade antimicrobiana frente a uma cepa de *S. aureus* isolada de leite de vacas com mastite bovina, evidenciada pela formação de halos de inibição, apresentado na Figura 4. Esses achados sugerem um potencial efeito sinérgico entre os óleos essenciais e indicam que essa associação pode representar uma estratégia promissora para o desenvolvimento de formulações intramamárias alternativas destinadas ao tratamento da mastite bovina, contribuindo para a redução do uso de antibióticos convencionais e, consequentemente, para o enfrentamento da resistência antimicrobiana.

Figura 4 - Pomada de óleos essenciais (A) e teste de poço difusão (B).



Fonte: Arquivo pessoal

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência aos antimicrobianos representa um dos maiores desafios para a saúde pública e veterinária, reforçando a necessidade do desenvolvimento de alternativas terapêuticas eficazes, seguras e sustentáveis para o controle de infecções, como a mastite bovina. Nesse contexto, a utilização de compostos bioativos de origem natural desponta como uma estratégia promissora para reduzir a dependência de antibióticos convencionais e minimizar a disseminação da resistência bacteriana.

Os resultados deste estudo demonstraram que os óleos essenciais de melaleuca e copaíba apresentam expressiva atividade antibacteriana e bactericida frente ao isolado de *Staphylococcus aureus*. Além disso, o isolado avaliado apresentou resistência a parte dos antibióticos testados, evidenciando a relevância da busca por novas alternativas terapêuticas. As formulações desenvolvidas, tanto contendo os óleos essenciais de forma isolada quanto em combinação, também exibiram atividade antibacteriana contra *S. aureus*, indicando seu potencial como sistemas de liberação para o tratamento tópico da mastite bovina.

Como perspectivas futuras, o isolado bacteriano será submetido à identificação molecular por PCR em tempo real (qPCR), visando confirmar sua identidade e investigar a presença de genes relacionados à virulência e à resistência aos antimicrobianos. Adicionalmente, pretende-se realizar a caracterização físico-química das formulações por meio das técnicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Análise Termogravimétrica (TGA), Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET). Também serão conduzidas análises microbiológicas complementares, incluindo a avaliação das alterações morfológicas promovidas pela emulsão sobre *S. aureus* por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), contribuindo para a elucidação do mecanismo de ação da formulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-Hamid, M. I., El-Tarabili, R. M., Bahnass, M. M., Alshahrani, M. A., Saif, A., Alwutayd, K. M., Safhi, F. A., Mansour, A. T., Alblwi, N. A. N., Ghoneim, M. M., Elmaaty, A. A., Al-harthi, H. F., & Bendary, M. M. (2023). Partnering essential oils with antibiotics: proven therapies against bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1265027>.
- Abd-Rabou, A. A., & Edris, A. E. (2022). Frankincense essential oil nanoemulsion specifically induces lung cancer apoptosis and inhibits survival pathways. *Cancer Nanotechnology*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s12645-022-00128-9>.
- Abureema, S., Deighton, M., & Mantri, N. (2019). A novel subtraction diversity array distinguishes between clinical and non-clinical *Streptococcus uberis* and identifies potential virulence determinants. *Veterinary Microbiology*, 237, 108385. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108385>.
- Alves, B. F. C.; Chaves, A. J. S.; Vieira, N. F.; Chaves, G. V.; França, P. M.; Barezani, A. S. A.; Soares, P. H. A. Sensitivity of *Staphylococcus aureus* to antimicrobials used to treat bovine mastitis: review. **Pubvet**, [S. l.], v. 14, n. 04, 2020. DOI: 10.31533/pubvet.v14n4a557.1-6. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/611>. Acesso em: 14 maio. 2026.
- Aouadhi, C.; Jouini, A.; Maaroufi, K.; Maaroufi, A. Antibacterial effect of eight essential oils against bacteria implicated in bovine mastitis and characterization of primary action mode of *Thymus capitatus* essential oil. **Antibiotics**, v. 13, n. 3, p. 237, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics13030237>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/13/3/237>. Acesso em: 15 maio 2026
- Araújo, M. T. M.; Resende, J. C.; Semdyk, W. R.; Torres, C. V. G. As propriedades do óleo *Copaifera ssp.* em estudos laboratoriais e clínicos: uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. e19511527994, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27994. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/27994>. Acesso em: 20 maio. 2026.
- Bandoch, P.; Melo, L. S. PREVALENCE OF BOVINE MASTITIS BY *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*: A LITERATURE REVIEW. Publ. **UEPG Biol. Health Sci.**, Ponta Grossa, v.17, n.1, p. 47-51, jan./jun. 2011.
- Braga, M. L., de Carvalho, L., Nogueira, M. H., dos Santos, A. R. P., Furlaneto, M. C., & Maia, L. F. (2026). Ultrasound-assisted nanoemulsions from *Foeniculum vulgare*: antimicrobial activity, anti-biofilm, and anti-virulence in *Pseudomonas aeruginosa*. *International Journal of Food Microbiology*, 457, 111829. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2026.111829>.
- Campos, J. V. F.; Albuquerque, L. C. C. L.; Porto, K. C. O.; Oliveira, J. R. A.; Fontes, G. P.; Santos, P. A. B.; Abreu, L. C. B.; Acurcio, L. B. Aspectos relacionados com a

etiologia da mastite bovina: uma revisão de literatura: Uma revisão de literatura. **Conexão Ciência (Online)**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 71-88, 2023. DOI: 10.24862/ccco.v18i3.1257. Disponível em: <https://revistas.uniformg.edu.br/conexaociencia/article/view/1257>. Acesso em: 10 maio. 2026.

Caneschi, A., Bardhi, A., Barbarossa, A., & Zaghini, A. (2023). Plant Essential Oils as a Tool in the Control of Bovine Mastitis: An Update. *Molecules*, 28(8), 3425. <https://doi.org/10.3390/molecules28083425>.

Cardoso, D. E. P.; Ono, L. B.; Rodrigues, R. N. G. ANALYSIS OF THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF COPAIBA AND EUCALYPTUS ESSENTIAL OILS. **Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica** Vol2 nº4(2025). Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/COB/article/view/3134>. Acesso em: 19 maio. 2026.

Cardoso, L. A. Revisão Bibliográfica sobre a atividade antimicrobiana in vitro e determinação da concentração inibitória mínima (CIM) do extrato de *Melaleuca alternifolia* e de *Zingiber officinale* frente as cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36099>. Acesso em: 19 maio. 2026.

Carmo, M. C.; Albuquerque, K. L. ANÁLISE COMPARATIVA DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA (*Melaleuca linariifolia*) OBTIDO DE DIFERENTES FORNECEDORES. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. e535018, 2024. DOI: 10.47820/recima21.v5i3.5018. Disponível em: <https://recima21.com.br/recima21/article/view/5018>. Acesso em: 21 maio. 2026.

Cervantes, G.; Gonzáles, R.; Salazar, S. Características generales del *Staphylococcus aureus*. **Rev Mex. Patol. Clin. Med. Lab.** 2014;61(1):28-40. Disponível em: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=48300>. Acesso em: 15 maio. 2026.

CLSI, CLSI et al. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. **Clinical Lab Standards Institute**, v. 35, n. 3, p. 16-38, 2016.

Conrad, L.F. MASTITE BOVINA POR *Staphylococcus aureus*: revisão bibliográfica. **LUME UFRGS**. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/108155>. Acesso em: 14 maio. 2026.

Contreras, G. A., & Rodríguez, J. M. (2011). Mastitis: Comparative Etiology and Epidemiology. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 16(4), 339-356. <https://doi.org/10.1007/s10911-011-9234-0>.

Costa, G. M.; Barros, R. A.; Custódio, D. A. C.; Pereira, U. P.; Figueiredo, D. J.; Silva, N. Resistência a antimicrobianos em *Staphylococcus aureus* isolados de mastite em bovinos leiteiros de Minas Gerais, Brasil. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.80, n.3, p. 297-302, 2013. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/Zv84P7JcWQZHWz3vsXhnSNz/?lang=pt#>. Acesso em: 15 maio. 2026.

Couto, G. J., de Carvalho, L., Nogueira, M. H., Braga, M. L., Peron dos Santos, A. R., Furlaneto, M. C., & Maia, L. F. (2026). Cassava starch films incorporated with nisin and cardamom essential oil for controlling foodborne pathogens. *Applied Food Research*, 6(1), 102195. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.102195>.

Cussolim, P.A.; Junior, A.S.; Melo, A. L.; Melo, A. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA DO STAPHYLOCOCCUS AUREUS A ANTIBIÓTICOS. **Revista Faculdades do Saber**, v. 6 n.12, 2021. Disponível em: <https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/120>. Acesso em: 15 maio. 2026.

Dhaouadi, S., Khamessi, O., Dassi, R. Ben, Boulila, A., Elandoulsi, R. B., & Chaouachi, R. D. (2026). Leveraging the antibacterial and antibiofilm activities of Cymbopogon flexuosus essential oil against multidrug-resistant bacteria recovered from avian colibacillosis and bovine mastitis: in vitro and molecular docking insights. *Veterinary Research Communications*, 50(5), 366. <https://doi.org/10.1007/s11259-026-11311-3>.

do Carmo Silva, L., Miranda, M. A. C. M., de Freitas, J. V., Ferreira, S. F. A., de Oliveira Lima, E. C., de Oliveira, C. M. A., Kato, L., Terezan, A. P., Rodriguez, A. F. R., Faria, F. S. E. D. V., de Almeida Soares, C. M., & Pereira, M. (2020). Antifungal activity of Copaíba resin oil in solution and nanoemulsion against *Paracoccidioides* spp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51(1), 125-134. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00201-3>.

El-Sayed, A., & Kamel, M. (2021). Bovine mastitis prevention and control in the post-antibiotic era. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 236. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02680-9>.

Faria, L. S.; Santos, L. S. C. The effectiveness of Melaleuca “Tea Tree” essential oil in the treatment of chronic wounds. **Research, Society and Development**, v. 14, n.7, e4314749180, 2025(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i7.49180>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/49180.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2026.

Figueiredo, A. M., dos Reis, S. V. V., Rodrigues, A. A., Silva, J. L., Colombo, I. M., Leite, L. M. D. B., Neder, J. V. B., Honório, I. C. G., & Almeida-Junior, S. (2026). Palo Santo (*Bursera graveolens*) essential oil nanoemulsion: toxicological, antinociceptive and antimicrobial potential against bovine mastitis-associated strains. *Antonie van Leeuwenhoek*, 119(6), 109. <https://doi.org/10.1007/s10482-026-02322-w>.

Fonseca, Maria Eduarda Barbosa et al. Mastite bovina: revisão. **Pubvet**, v. 15, p. 162, 2020. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/03e50c695917c47fd01868b511165d64.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2026.

Fratini, F., Giusti, M., Mancini, S. *et al.* Avaliação da atividade antibacteriana in vitro de alguns óleos essenciais e suas misturas contra *Staphylococcus* spp. isolados de episódios de mastite ovina. **Rend. Fis. Acc. Lincei** **32**, 407-416 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s12210-021-00991-5>

Furlaneto-Maia, L., Mücke, N., & Furlaneto, M. C. (2022). Enterococci in the dairy and sausage industry: Is sanitation sufficient to remove biofilm? *Acta Alimentaria*, **51**(4), 552-561. <https://doi.org/10.1556/066.2022.00155>.

Gomes, F., & Henriques, M. (2016). Control of Bovine Mastitis: Old and Recent Therapeutic Approaches. *Current Microbiology*, **72**(4), 377-382.
<https://doi.org/10.1007/s00284-015-0958-8>.

Hall, M. C., et al. Evaluation of antimicrobial activity of Nerol and Melaleuca essential oils pure and microencapsulated. *Braz. J. Hea. Rev*, v. 3, n. 3, p. 5331-5345, 2020. Disponível em:
<https://scholar.archive.org/work/cbcjmpgy2namrpsxftjezgpdei/access/wayback/https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/download/10755/8974>. Acesso em: 20 maio. 2026.

Instituto de Padrões Clínicos e Laboratoriais. (2018) *Padrões de desempenho para testes de suscetibilidade antimicrobiana* ; 23º Suplemento Informativo, Documento CLSI M100-S23; Clinical and Laboratory Standards Institute: Wayne, PA, EUA.

Kabui, S., Kimani, J., Ngugi, C., & Kagira, J. (2024). Prevalence and antimicrobial resistance profiles of mastitis causing bacteria isolated from dairy goats in Mukurweini Sub-County, Nyeri County, Kenya. *Veterinary Medicine and Science*, **10**(3). <https://doi.org/10.1002/vms3.1420>.

Lopes, T. S., Fussieger, C., Theodoro, H., Silveira, S., Pauletti, G. F., Ely, M. R., Lunge, V. R., & Streck, A. F. (2023). Antimicrobial activity of essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus chromogenes* isolated from bovine mastitis. *Brazilian Journal of Microbiology*, **54**(3), 2427-2435.
<https://doi.org/10.1007/s42770-023-01031-0>.

Manieri, M. F.; Guimarães, C. C. MASTITE BOVINA: abordagens convencionais e alternativas de controle e tratamento. **Ciência & Tecnologia**, [S. l.], v. 17, n. 01, p. e17116, 2025. DOI: 10.52138/citec.v17i01.428. Disponível em:
<https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/view/428>. Acesso em: 10 maio. 2026.

Mayer, K.; Kucklick, M.; Marbach, H.; Ehling-Schulz, M.; Engelmann, S.; Grunert, T. Adaptação intra-hospedeiro de *Staphylococcus aureus* em uma infecção de mastite bovina está associada ao aumento da citotoxicidade. *Int. J. Mol. Sci.* **2021** , **22** , 8840. <https://doi.org/10.3390/ijms22168840>.

Monteiro, M. V. M. Avaliar a atividade antimicrobiana de óleos essenciais Citronela (*Cymbopogon winterianus*) e Andiroba(*Carapa guianensis* Aubl) em cepas clínicas

de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/7450>. Acesso em: 20 maio. 2026.

Moura, F. N. L., et al. AÇÃO ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA COPAÍBA EM CEPAS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* E *ESCHERICHIA COLI*. **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 66, 2025. Disponível em: <https://revistas.faculdefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/3706>. Acesso em: 19 maio. 2026.

Munive Nuñez, K. V., Abreu, A. C. da S., Almeida, J. M. de, Gonçalves, J. L., Bonsaglia, É. C. R., dos Santos, M. V., & Silva, N. C. C. (2024). Antimicrobial Activity of Selected Essential Oils against *Staphylococcus aureus* from Bovine Mastitis. *Dairy*, 5(1), 54-65. <https://doi.org/10.3390/dairy5010005>.

Nelson, V. K., Nuli, M. V., Ausali, S., Gupta, S., Sanga, V., Mishra, R., Jaini, P. kumar, Madhuri Kallam, S. D., Sudhan, H. H., Mayasa, V., Abomughaid, M. M., Almutary, A. G., Pullaiah, C. P., Mitta, R., & Jha, N. K. (2024). Dietary anti-inflammatory and anti-bacterial medicinal plants and its compounds in bovine mastitis associated impact on human life. *Microbial Pathogenesis*, 192, 106687. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106687>.

Peron dos Santos, A. R., Lima, B. C. S., Couto, G. J., de Carvalho, L., Magna, L. R., Nogueira, M. H., Braga, M. L., Carreteiro, M. M., Furlaneto, M. C., & Maia, L. F. (2025). Caffeine as a natural inhibitor of *Salmonella* biofilms in fruit juices. *Letters in Applied Microbiology*, 78(4). <https://doi.org/10.1093/lambio/ovaf053>.

Resistência de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* à antibióticos. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e39611225693, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25693. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/25693>. Acesso em: 19 maio. 2026.

Sharaf, M. H., Alluqmani, A. J., Abdelaziz, A. M., & Kalaba, M. H. (2026). Improved Antimicrobial Activity of Nano-emulsified Tea Tree Oil Against Multi-Drug-Resistant Pathogens. *BioNanoScience*, 16(4), 270. <https://doi.org/10.1007/s12668-026-02484-x>.

Shen, J., Wu, X., Yang, Y., Lv, Y., Li, X., Ding, X., Wang, S., Yan, Z., Yan, Y., Yang, F., & Li, H. (2021). Antimicrobial Resistance and Virulence Factor of *Streptococcus dysgalactiae* Isolated from Clinical Bovine Mastitis Cases in Northwest China. *Infection and Drug Resistance*, Volume 14, 3519-3530. <https://doi.org/10.2147/IDR.S327924>.

Silva, D. C.; et al. Mastite Bovina: Revisão da Literatura. **Brazilian Journal of Animal and Human Health**, v. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.63325/bjahh.2024.96>. Disponível em: <https://bjah.com.br/index.php/bjah/article/view/96>. Acesso em: 10 maio. 2026.

Silva, J. G.; Alcântara, A. M.; Mota, R. A. Mastite bovina causada por *Staphylococcus* spp. resistentes à metilicina: revisão de literatura. **Pesquisa**

Veterinária Brasileira. 38. 223-228. 10.1590/1678-5150-pvb-4996. Acesso em: 14 maio. 2026.

Tenório, K. B. O. Mastite bovina: revisão de literatura. **Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera**, [S. I.], 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/63306/1/KAIC_TENORIO.pdf. Acesso em: 19 maio 2026.

Tong, X., Barkema, H. W., Nobrega, D. B., Xu, C., Han, B., Zhang, C., Yang, J., Li, X., & Gao, J. (2025). Virulence of Bacteria Causing Mastitis in Dairy Cows: A Literature Review. *Microorganisms*, 13(1), 167. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010167>.

Wang, W., Yi, X., Zhou, R., Peng, W., Huang, J., Chen, J., Bo, R., Liu, M., & Li, J. (2025). Tea tree oil nanoemulsion targets AgrA protein potentiates amoxicillin efficacy against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 292, 139111. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.139111>.

Wellnitz, O., & Bruckmaier, R. M. (2012). The innate immune response of the bovine mammary gland to bacterial infection. *The Veterinary Journal*, 192(2), 148-152. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.09.013>.

Zanette, E.; Scapin, D.; Rossi, E. M. Suscetibilidade antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* isolados de amostras de leite de bovinos com suspeita de mastite. **Unoesc & Ciência-ACBS**, v. 1, n. 1, p. 65-70, 2010.

Zimmermann, K. F.; Moraes, A. M. E. MASTITE BOVINA: AGENTES ETIOLÓGICOS E SUSCEPTIBILIDADE A ANTIMICROBIANOS. **Revista Campo Digital**, [S. I.], v. 12, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2015>. Acesso em: 10 maio. 2026.