

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BACTERICIDA DO ÓLEO-RESINA DE
COPAÍBA (*COPAIFERA LANGSDORFFII* DESF.) E DE DUAS MARCAS
COMERCIAIS COMO FONTE DE SUBSÍDIOS CIENTÍFICOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE FITOTERÁPICOS NO SETOR AGROPECUÁRIO**

ALLYNE RIBEIRO FELÍCIO MIRANDA

PROF^a DR^a JANAÍNA PAOLUCCI SALES DE LIMA

**Humaitá, AM
Julho, 2026**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BACTERICIDA DO ÓLEO-RESINA DE
COPAÍBA (*COPAIFERA LANGSDORFFII* DESF.) E DE DUAS MARCAS
COMERCIAIS COMO FONTE DE SUBSÍDIOS CIENTÍFICOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE FITOTERÁPICOS NO SETOR AGROPECUÁRIO**

ALLYNE RIBEIRO FELÍCIO MIRANDA

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais da
Universidade Federal do Amazonas, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre Ciências Ambientais.*

PROF^a DR^a JANAÍNA PAOLUCCI SALES DE LIMA

**Humaitá, AM
Julho, 2026**

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

- M672a Miranda, Allyne Ribeiro Felício
Avaliação da atividade bactericida do óleo-resina de copaíba
(copaifera langsdorffii desf.) e de duas marcas comerciais como
fonte de subsídios científicos para o desenvolvimento de
fitoterápicos no setor agropecuário. / Allyne Ribeiro Felício Miranda.
- 2026.
63 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Janaína Paolucci Sales de Lima .
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Humaitá,
2026.
1. Escherichia coli. 2. Salmonella spp.. 3. Compostos bioativos. 4.
Controle microbiológico. 5. Produtos naturais. I. Lima, Janaína
Paolucci Sales de. II. Universidade Federal do Amazonas.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. III. Título
-

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BACTERICIDA DO ÓLEO-RESINA DE COPAÍBA (*COPAIFERA LANGSDORFFII* DESF.) E DE DUAS MARCAS COMERCIAIS COMO FONTE DE SUBSÍDIOS CIENTÍFICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE FITOTERÁPICOS NO SETOR AGROPECUÁRIO (Linha de Pesquisa 2- Biodiversidade e sustentabilidade do bioma amazônico)

ALLYNE RIBEIRO FELÍCIO MIRANDA

Dissertação defendida e aprovada em 30 de julho de 2026, pela comissão julgadora:

Documento assinado digitalmente
 **JANAINA PAOLUCCI SALES DE LIMA**
Data: 28/08/2026 08:18:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª Dr^a Janaína Paolucci Sales de Lima
(PPGCA/UFAM) Orientadora/Presidente
Universidade Federal do Amazonas - FCA/UFAM

Documento assinado digitalmente
 **RENATO ABREU LIMA**
Data: 29/08/2026 09:26:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renato Abreu Lima
(PPGCA/UFAM) Membro Titular Interno
Universidade Federal do Amazonas - IEAA/UFAM

Documento assinado digitalmente
 **JOEL LIMA DA SILVA JUNIOR**
Data: 28/08/2026 11:38:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joel Lima da Silva Junior
Membro Titular Externo
Universidade Federal do Amazonas - FCA/UFAM

DEDICATÓRIA

Deus pela minha vida e oportunidades de crescimento, ao meu esposo pelo amor, incentivo e compreensão, aos meus pais e irmã por todo amor e sacrifícios e a minha orientadora por todos ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

- Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) e ao Instituto de Educação de Agricultura e Ambiente (IEAA) pela contribuição e apoio no desenvolvimento deste trabalho.
- A todos(as) os(as) professores(ras) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amazonas por todos os conhecimentos transmitidos.
- A todos os meus amigos e colegas de curso que estiveram comigo durante a realização desta pesquisa, sendo essenciais para seu bom andamento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIações E/OU SÍMBOLOS.....	11
RESUMO	12
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Problemática.....	16
1.2. Justificativa.....	19
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo geral.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Hipótese	22
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO 1. Plantas medicinais encontradas na amazônia brasileira com potencial antimicrobiano frente a cepas bacterianas gram-negativas: uma revisão sistemática.	25
RESUMO	25
ABSTRACT.....	26
RESUMEN.....	26
1. INTRODUÇÃO	27
2. METODOLOGIA	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1. Plantas medicinais da Amazônia	30
3.2. Atividade antimicrobiana de plantas da Amazônia frente cepas bacterianas gram-negativas.....	30
4. CONCLUSÃO.....	33
AGRADECIMENTOS.....	34
REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO 02. Potencial antimicrobiano de espécies de <i>Copaífera</i> spp: uma revisão	

sistemática como subsídio científico para a bioeconomia na Amazônia.....	36
RESUMO	36
ABSTRACT	37
RESUMEN	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. METODOLOGIA	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1. Análise comparativa das espécies de <i>Copaifera</i> spp	41
3.2. Bioeconomia associada às espécies de <i>Copaifera</i> spp	44
4. CONCLUSÃO	46
AGRADECIMENTOS	47
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO 03. Potencial bactericida do óleo-resina de <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. e de duas marcas comerciais como alternativa sustentável aos antimicrobianos convencionais no setor agropecuário	50
RESUMO	50
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1. Coleta e do óleo-resina de <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf e aquisição das marcas comerciais e das cepas bacterianas	52
2.2. Análise microbiológica.....	53
2.3. Análise estatística	54
3. RESULTADOS	54
4. DISCUSSÃO	56
5. CONCLUSÃO	58
AGRADECIMENTOS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Extração do óleo-resina <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas.....	53
Figura 2. Placas inoculadas com diluição seriada de <i>Escherichia coli</i>	54
Figura 3. Placas inoculadas com diluição seriada de <i>Salmonella</i> spp	55
Figura 4. Plaqueamento de <i>Escherichia coli</i> em meio Ágar Levine (EMB – Eosina Azul de Metileno) com tratamento de óleo de copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.) nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 10, 5 e 0 µL/mL, em triplicata. A. Amostra comercial 1; B. Amostra comercial 2; C. Óleo-resina.....	56
Figura 5. Plaqueamento de <i>Salmonella</i> spp. em meio Ágar Sangue com tratamento de óleo de copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.) nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 10, 5 e 0 µL/mL, em triplicata. A. Amostra comercial 1; B. Amostra comercial 2; C. Óleo-resina.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Levantamento bibliográfico de obras publicadas entre 2019 e 2024.....	30
Tabela 2. Levantamento bibliográfico de obras publicadas entre 2015-2025.	41
Tabela 3. Avaliação do potencial antimicrobiano do óleo de copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.) frente a <i>Escherichia coli</i>	56

LISTA DE ABREVIações E/OU SÍMBOLOS

BHI -	<i>Brain Heart Infusion</i>
CBM -	Concentração bactericida mínima
CIM -	Concentração inibitória mínima
DTAs -	Doenças Transmitidas por Alimentos
ETEC -	<i>E. coli</i> enterotoxigênica
FAO -	<i>Food and Agriculture Organization of the Nations</i>
MAPA -	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ODS -	Objetivo de desenvolvimento sustentável
OIE -	<i>Office International des Epizooties</i>
OMS -	Organização Mundial da Saúde
P&D -	Pesquisa e desenvolvimento
TADs -	Doenças animais transfronteiriças
TTC -	2,3,5 Cloreto de Trifeniltetrazólio
WHO -	<i>World Health Organization</i>

RESUMO

MIRANDA, A. R. F. **Avaliação da atividade bactericida do óleo-resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e de duas marcas comerciais como fonte de subsídios científicos para o desenvolvimento de fitoterápicos no setor agropecuário.** Humaitá, 2026. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente- Universidade Federal do Amazonas.

A biodiversidade da Amazônia brasileira representa um vasto repositório de compostos bioativos, surgindo como uma alternativa estratégica frente ao desafio global da resistência antimicrobiana no setor agropecuário. Esta dissertação investigou o potencial do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) como possível substituto sustentável aos antibióticos convencionais, estruturando-se em revisões sistemáticas e um estudo experimental voltado à saúde animal. Capítulo 1. Plantas medicinais encontradas na Amazônia brasileira com potencial antimicrobiano frente a cepas bacterianas gram-negativas: uma revisão sistemática. O trabalho consistiu em uma revisão sistemática dedicada às plantas medicinais da Amazônia com ação contra bactérias Gram-negativas, utilizando bases de dados como Google Acadêmico e SciELO para o período de 2019 a 2024. A metodologia consistiu na seleção de nove trabalhos relevantes que destacaram a eficácia de espécies, em especial a *Copaifera* spp. principalmente frente a patógenos como *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. Os resultados confirmaram que, embora a região amazônica abrigue inúmeras espécies com grande potencial farmacológico, poucos ainda são os estudos científicos que investigam de forma significativa e detalhada, com menos de 1% da flora estudada, o que reforça a urgência de pesquisas que valorizem a biodiversidade local como fonte de novos agentes terapêuticos. Capítulo 02. Potencial antimicrobiano de espécies de *Copaifera* spp: uma revisão sistemática como subsídio científico para a bioeconomia na Amazônia. A revisão sistemática aprofundou-se especificamente no gênero *Copaifera* spp. e sua correlação com a bioeconomia amazônica, analisando publicações entre 2015 e 2025 na base Web of Science. De um total de 40 artigos identificados, 8 foram selecionados por abordarem diretamente a eficácia antimicrobiana do óleo-resina extraído desse gênero. Os achados indicaram que a espécie *Copaifera reticulata* apresentou os resultados mais promissores, evidenciando que a composição química e a atividade biológica variam conforme a espécie, clima e ambiente. Concluiu-se que o uso sustentável desse recurso, é de grande importância para fortalecer a bioeconomia da região, acompanhado das políticas

públicas de conservação ambiental. Capítulo 03. Potencial antimicrobiano do óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* Desf. como alternativa sustentável aos antimicrobianos convencionais no setor agropecuário. O estudo experimental teve como objetivo determinar a eficácia antimicrobiana do óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* Desf. frente a bactérias de relevância para o setor agropecuário, por meio da comparação de óleos comerciais com o óleo-resina extraído diretamente da região amazônica. A metodologia adotou o procedimento de coleta do óleo na cidade de Manaus, Amazonas, seguida da realização de testes de Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) contra cepas de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. Os resultados revelaram que, enquanto as amostras comerciais não apresentaram inibição do crescimento bacteriano, o óleo-resina extraído diretamente da floresta amazônica apresentou atividade bactericida significativa. Assim, o óleo-de-copaíba apresenta evidente potencial como agente antimicrobiano, demonstrando ser uma opção viável para redução do uso fármacos sintéticos no setor agropecuário, alinhando-se dessa forma, com princípios da sustentabilidade.

Palavras-chave: *Escherichia coli*; *Salmonella* spp.; Compostos bioativos; Controle microbiológico; Produtos naturais.

ABSTRACT

MIRANDA, A. R. F. **Evaluation of the bactericidal activity of copaiba oleoresin (*Copaifera langsdorffii* Desf.) and two commercial brands as a source of scientific evidence for the development of herbal medicinal products in the agricultural sector.** Humaitá, 2026. 63 p. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Institute of Education, Agriculture and Environment - Federal University of Amazonas

Brazilian Amazon biodiversity represents a vast repository of bioactive compounds, emerging as a strategic alternative in response to the global challenge of antimicrobial resistance in the agricultural sector. This dissertation investigated the potential of copaiba oil (*Copaifera langsdorffii* Desf.) as a sustainable substitute for conventional antibiotics, based on systematic reviews and an experimental study focused on animal health.

Chapter 1. Medicinal plants found in the Brazilian Amazon with antimicrobial potential against Gram-negative bacterial strains: a systematic review. The work consisted of a systematic review dedicated to medicinal plants from the Amazon with activity against Gram-negative bacteria, using databases such as Google Scholar and SciELO for the period from 2019 to 2024. The methodology involved selecting nine relevant studies highlighting the effectiveness of species, especially *Copaifera* spp., mainly against pathogens such as *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. The results confirmed that, although the Amazon region hosts numerous species with significant pharmacological potential, few scientific studies investigate this in a meaningful and detailed way, with less than 1% of the flora studied, emphasizing the urgency of research that values local biodiversity as a source of new therapeutic agents.

Chapter 2. Antimicrobial potential of *Copaifera* spp. species: a systematic review as a scientific basis for bioeconomy in the Amazon. The systematic review focused specifically on the genus *Copaifera* spp. and its relation to the Amazonian bioeconomy, analyzing publications between 2015 and 2025 in the Web of Science database. Out of 40 identified articles, 8 were selected for directly addressing the antimicrobial efficacy of the resin oil extracted from this genus. The findings indicated that *Copaifera reticulata* showed the most promising results, demonstrating that chemical composition and biological activity vary according to species, climate, and environment. It was concluded that the sustainable use of this resource is highly important to strengthen the region's bioeconomy, accompanied by public policies for environmental conservation.

Chapter 3. Antimicrobial potential of *Copaifera langsdorffii* Desf. resin oil as a sustainable alternative to conventional antimicrobi

in the agricultural sector. The experimental study aimed to determine the antimicrobial efficacy of *Copaifera langsdorffii* Desf. resin oil against bacteria relevant to the agricultural sector, by comparing commercial oils with resin oil extracted directly from the Amazon region. The methodology involved collecting the oil in the city of Manaus, Amazonas, followed by conducting Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) tests against strains of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. The results revealed that while the commercial samples did not inhibit bacterial growth, the resin oil extracted directly from the Amazon rainforest showed significant bactericidal activity. Thus, copaiba oil demonstrates evident potential as an antimicrobial agent, proving to be a viable option for reducing the use of synthetic drugs in the agricultural sector, thereby aligning with principles of sustainability.

Keywords: *Escherichia coli*; *Salmonella* spp.; Bioactive compounds; Microbiological control; Natural products.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problemática

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), o setor agropecuário desempenha um papel fundamental na economia global, sendo uma das principais fontes de produção de alimentos. Entretanto, este setor está vulnerável a diversas ameaças, como agentes patogênicos que afetam tanto os animais quanto as plantas. Doenças infecciosas de animais ocasionam efeitos negativos na produção e no comércio agropecuário enfraquecendo a economia desse setor. As doenças animais transfronteiriças (TADs), são de grande importância econômica, altamente proliferativas e que necessitam de controle para a garantia da segurança alimentar (FAO, 2016).

As TADs podem gerar diversos tipos de impactos econômicos, podendo ser responsáveis por grandes perdas na produção e interrupção do comércio causando grande impacto financeiro, principalmente no setor pecuário. O conceito de TADs zoonóticas caracterizam doenças animais capazes de infectar seres humanos, essas por sua vez, ocasionam danos que impactam além do setor agropecuário, gerando custos para os sistemas de saúde pública. Com isso, nota-se, que as doenças animais são capazes de gerar impactos econômicos em diferentes níveis, abrangendo diversos setores (FAO, 2016).

Em 1924 foi fundado um gabinete internacional de Epizootias, Office International des Epizooties (OIE), esse gabinete é responsável por melhorar a saúde animal em todo mundo, contando com 180 países-membros. Neste contexto, os tratamentos fitoterápicos, derivados de plantas medicinais, surgem como uma alternativa não invasiva e potencialmente benéfica, podendo atuar como uma opção complementar ou, em alguns casos, exclusiva no controle de diversas patologias. O estudo do uso de plantas medicinais e fitoterápicos em animais é denominado etnoveterinária, sendo uma de suas principais vertentes a zoofarmacognosia. Essa área se baseia na observação do comportamento dos animais ao buscar, de maneira instintiva, plantas com fins terapêuticos durante períodos de desconforto ou doenças que os afetam (Vidal et al., 2023).

Vidal et al. (2023) discorrem em seus estudos sobre o crescimento significativo do mercado de saúde animal, acompanhando a crescente demanda por tratamentos mais sustentáveis, como o uso de plantas medicinais e fitoterápicos. Esse cenário impulsiona o incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D) de alternativas terapêuticas naturais. A busca por tratamentos mais naturais se justifica, principalmente, pelo aumento da resistência bacteriana nos animais aos antibióticos convencionais, representando risco para a saúde pública. Além disso, o uso de antimicrobianos tradicionais pode resultar na presença de resíduos na carne dos animais, além de contribuir para a poluição ambiental.

Na medicina veterinária, os antimicrobianos são utilizados com diferentes

finalidades, como para tratar infecções, para prevenir doenças a partir do uso profilático, como aditivos alimentares que favorecem o crescimento dos animais, eles também podem ser utilizados na desinfecção de instalações e equipamentos para assegurar a saúde dos animais e a segurança dos produtos alimentares que serão comercializados. A indústria farmacêutica veterinária representa grande importância econômica, mesmo sendo uma parcela pequena da indústria farmacêutica total, pois está vinculada diretamente com a produção de alimentos, principalmente a proteína animal, além disso, ela faz parte do processo de fornecimento de produtos veterinários destinados a saúde animal (Santos et al., 2025).

De acordo com o artigo 2º do Decreto Federal n. 1.662, de 06/10/95 produtos veterinários são toda substância, seja química, biológica, biotecnológica ou preparada industrialmente, que seja administrada individualmente ou coletivamente, de forma direta ou misturada aos alimentos, com o objetivo de prevenir, diagnosticar, curar ou tratar doenças nos animais, incluindo antissépticos, desinfetantes ambientais, pesticidas e outros produtos que, ao serem utilizados nos animais ou em seu ambiente, busquem proteger, restaurar ou modificar suas funções orgânicas e fisiológicas. Esta definição também abrange produtos destinados à estética dos animais (Brasil, 1995).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é um órgão brasileiro responsável pelas políticas públicas vinculadas ao setor agropecuário, visando promover o desenvolvimento e regulamentando os serviços relacionados ao agronegócio. O agronegócio possui atividades que vão desde o fornecimento de insumos na agricultura até o consumidor final, onde tanto os pequenos quanto os grandes produtores fazem parte desse sistema. Além disso, também cabe ao MAPA a regulamentação de antimicrobianos para uso animal (Santos et al., 2025).

O fenômeno das "superbactérias", causadas pela resistência crescente a antimicrobianos é uma preocupação global, diversos patógenos são destaque nesse sentido, como no caso das cepas bacterianas de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp, entre outras bactérias classificadas pela World Health Organization (WHO), como microrganismos resistentes a antibióticos de extrema relevância global (WHO, 2017).

Escherichia coli é uma bactéria gram-negativa, anaeróbia facultativa, pertencente à família Enterobacteriaceae. A maioria das cepas dessa bactéria faz parte da microbiota intestinal de humanos e animais de sangue quente, mas cerca de 10% delas são patogênicas e podem causar infecções intestinais e extra-intestinais (Camargo; Suffredini, 2015; Roth et al., 2019).

O Brasil é um dos principais exportadores de produtos de origem animal, mas sua produção enfrenta diversos desafios, um deles é presença da bactéria *Escherichia coli*, que

pode gerar grandes prejuízos econômicos afetando setores como bovinocultura, avicultura e suinocultura. Nas produções de bovinos, suínos e aves é comum que antimicrobianos destinados ao combate de infecções sejam utilizados como melhoradores de crescimento, como aditivos para melhora do desempenho zootécnico e ganho de peso do animal. Esse uso indiscriminado de antimicrobianos é uma causa direta que favorece o quadro de resistência bacteriana nos animais, incluindo cepas bacterianas de *E. coli* (Camargo; Suffredini, 2015; Roth et al., 2019).

Na avicultura, a presença de cepas de *E. coli* estão relacionadas a colibacilose, problemas respiratórios e septicemia, especialmente em granjas com más condições de higiene. Já suinocultura, a *E. coli* do grupo ETEC é capaz de causar diarreia severa em leitões, com altas taxas de mortalidade. E por fim, na bovinocultura, a bactéria provoca mastite, impactando a produção de leite e gerando grandes perdas econômicas. Além disso, a *E. coli* também pode ser encontrada em carcaças de bovinos destinados à exportação, levantando preocupações sobre a qualidade microbiana dos produtos (Camargo; Suffredini, 2015; Roth et al., 2019).

Costa (2020), em seu estudo ressalta o gênero bacteriano *Salmonella* spp. como um dos agentes patogênicos de maior relevância, principalmente associado a aves domésticas. A *Salmonella* é um gênero bacteriano Gram-negativo, anaeróbio facultativo, que inclui diversas espécies patogênicas para humanos, animais e outros seres vivos. Essa bactéria é uma das principais causas de intoxicação alimentar em seres humanos, sendo transmitida principalmente por alimentos contaminados, como carne, ovos e produtos lácteos. Podendo ser encontrada em três espécies: *S. bongori*, *S. enterica* e *S. subterranea*.

Um dos setores mais impactados por cepas bacterianas de *Salmonella* é a avicultura. Doenças como a pulorose, o tifo aviário e o paratifo aviário, são os principais casos ligados a esse patógeno. A pulorose é uma das doenças causada pela *Salmonella*, afetando principalmente aves jovens, levando a distúrbios gastrointestinais graves e septicemia, já em aves adultas pode resultar em perda de peso e problemas reprodutivos. A transmissão do patógeno pode ocorrer por contato entre aves infectadas e não infectadas e através da transmissão transovariana, quando uma ave, mesmo sem sintomas evidentes, transmite a bactéria para seus ovos, que após serem incubados geram filhotes infectados com a bactéria (Costa, 2020).

Outra patologia animal é o tifo aviário, que afeta aves de todas as idades e provoca inflamação aguda, anorexia, diarreia, alta mortalidade e alterações hepáticas. A doença se espalha rapidamente entre as aves e causa grandes perdas econômicas. Além das doenças zoonóticas, a *Salmonella* também são um problema de saúde pública humana, devido a contaminação dos alimentos. Espécies do patógeno, principalmente, a *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium* são frequentemente encontradas em ovos e carne de frango,

representando riscos à saúde humana. Sendo o frango a principal fonte de contaminação (Costa, 2020).

Um fato observado por Silva (2011), em seu estudo é que a *Salmonella* é o principal agente bacteriano causador de doença transmitida por alimentos (DTAs), e que indivíduos infectados continuam a excretar a bactéria através das fezes mesmo após o desaparecimento dos sintomas, como um portador assintomático, fortalecendo a via de transmissão oral-fecal. Destacando também que alimentos de origem animal são os principais veículos do agente infeccioso, contudo, frutas e verduras má higienizadas também podem ser uma forma de contaminação. E uma das causas que fortalece o aumento de resistência bacteriana também está relacionada ao uso indiscriminado dos antimicrobianos, principalmente como estimulantes de crescimento, assim como mencionado por Camargo e Suffredini, (2015), em relação a cepas bacterianas de *E. coli*.

Um princípio fundamental da produção de animais orgânicos estabelecido pela Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento dispendo de um Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção é a proibição do uso de medicamentos alopatícos durante o processo de criação animal. Os produtores devem adotar práticas de tratamento naturais, como o uso de fitoterápicos para assegurar que seus produtos sejam categorizados no mercado como orgânicos e sustentáveis, livres de substâncias químicas sintéticas. Desse modo, os produtos dessa categoria dispõem de um selo específico em sua embalagem que certifica que o alimento em questão segue as normas de produção orgânica (Brasil, 2011).

1.2. Justificativa

As plantas medicinais estão presentes na vida cotidiana do homem desde a pré-história, primeiramente como fonte de energia através da alimentação, contudo, com o passar dos tempos, as plantas ganharam outras utilidades, que vão além apenas do seu uso como alimento. As espécies de plantas passaram a ser utilizadas na confecção de roupas, abrigos e até mesmo ferramentas. Já a utilização das plantas para fins curativos também se estabeleceu com o tempo, presume-se que essa ligação tenha sido difundida através do conhecimento empírico propagado oralmente pelos povos tradicionais (Oliveira et al., 2020).

Acredita-se que a atribuição das plantas a propriedades curativas tenha advindo a partir da observação de sua capacidade de regeneração após danos e sua capacidade de modificar-se ao longo das estações do ano. A partir de tais fatos o termo “plantas medicinais” surgiu, com objetivo de denominar espécies com propriedades curativas capazes de auxiliar no tratamento de diversas patologias (Rocha et al., 2015).

A biodiversidade é um termo utilizado para definir a grande variedade de seres vivos

que compõem o planeta terra, podendo ser definida em três tipos: diversidade genética, diversidade dos ecossistemas e diversidade das espécies. As plantas fazem parte da diversidade das espécies, onde estima-se que existam mais de 279 mil espécies, desse quantitativo, poucos são os estudos que visam analisar seu potencial terapêutico e curativo através de estudos químicos e farmacológicos (Oliveira et al., 2020).

Segundo Oliveira et al. (2020), o potencial terapêutico presente nas plantas medicinais está diretamente ligado aos seus princípios ativos, que podem estar presentes em diferentes partes da planta como sementes, raízes, folhas e frutos, podendo se apresentar em diversas concentrações e desempenhar atividades biológicas distintas. Nesse contexto, a etnofarmacologia é uma vertente essencial para o entendimento da utilização de plantas medicinais no processo curativo e terapêutico, pois está diretamente ligada aos saberes das comunidades tradicionais.

Já o termo etnobotânica foi designado por Harshberger (1895), ele atribuía a etnobotânica à capacidade de auxílio na compreensão da cultura das tribos indígenas a partir do uso das plantas. A etnobotânica, inicialmente era definida como o estudo do uso de plantas por "aborígenes", que se refere aos povos indígenas ou nativos que habitam uma região sem influências externas significativas (de Albuquerque et al., 2022).

Esse conceito inicial foi definido por Harshberger (1895), contudo, ocorreram evoluções ao longo do século XX para abranger as relações entre seres humanos e plantas em diferentes sociedades, incluindo as urbanas e rurais. Com a contribuição de diversas áreas do conhecimento, como a antropologia e a fitoquímica, seu campo de estudo se diversificou, deixando de se concentrar apenas nos povos tradicionais (de Albuquerque et al., 2022).

Ao longo do tempo a etnobotânica recebeu diversos conceitos, Schultes (1995), conhecido como pai da etnobotânica moderna, diz que a relação do homem com as plantas é tão antiga quanto a humanidade. Entende-se que muito conteúdo e informações foram descartados por serem associados a lendas e mitologia da cultura das populações. Entretanto, o conhecimento empírico atribuído a essa prática serve para embasar estudos químicos e farmacológicos, podendo ser usado como uma grande forma de auxílio (de Albuquerque et al., 2022).

A Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) é uma espécie de grande destaque do bioma Amazônico. São árvores nativas da América Latina, conhecidas como o "antibiótico da mata", podendo atingir até 36 metros de altura, pertencem ao gênero *Copaifera*, que inclui 72 espécies, das quais 25 são encontradas no Brasil (Cavalcante et al., 2017). Segundo Silva et al. (2007), 9 dessas espécies brasileiras foram identificadas na região Amazônica, sendo elas: *Copaifera duckei*, *Copaifera glycyarpa*, *Copaifera guyanensis*, *Copaifera martii*, *Copaifera multijuga*, *Copaifera paupera*, *Copaifera piresii*, *Copaifera*

pubiflorae e *Copaifera reticulata*.

As árvores dessas espécies são conhecidas como copaibeiras, as cascas que envolvem frutos possuem textura rugosa, de cor castanho-escuro e aromática e os frutos são de cor amarelada. Suas folhas possuem diversas glândulas que contêm óleo resinoso. Já o óleo-de-copaíba é obtido através de uma incisão de aproximadamente 2 metros no tronco das árvores, resultando em um óleo-resina com coloração que varia de amarela a marrom (Cavalcante et al., 2017).

Em sua composição destacam-se dois grandes grupos de substância, que apresentam solubilidade entre si. As substâncias voláteis que caracterizam 90% da composição do óleo-resina e as substâncias não voláteis compondo 10% da massa total do óleo. Estudos fitoquímicos do óleo-resina de copaíba demonstraram que as ações terapêuticas estão relacionadas diretamente a dois tipos de sesquiterpenos, o β -cariofileno e o β -bisaboleno, que são compostos voláteis (Santos et al., 2022).

Outros sesquiterpenos também podem ser encontrados na composição do óleo-de-copaíba, sendo eles: α -bourbouneno, α -humuleno, γ -cadineno, α -cubebeno, α -muuroleno, α -copaeno, trans- β -farneseno, δ -cadineno, α -bergamoteno, óxido de cariofileno, α -selineno, β -selineno, β -elemeno, γ -elemeno, β -copaeno e β -humuleno (Santos et al., 2022).

Compostos como os diterpenos também fazem parte da composição do óleo-de-copaíba, eles são compostos químicos naturais pertencentes ao grupo dos terpenos.

Ligados a uma série de atividades biológicas com efeito farmacológico incluindo a ação antimicrobiana. Os principais diterpenos encontrados no óleo-de-copaíba estão presentes em sua forma ácida, sendo eles: copálico, agático, 3 acetóxi-copálico, 3-hidroxi-copálico, hardwickiico, poliático, caurenóico e eperuico (Santos et al., 2022).

Desse modo, o presente estudo dispõe-se a apresentar uma possível alternativa sustentável e natural para o controle de patógenos, ajudando a minimizar o uso de produtos químicos sintéticos no setor agropecuário. Além disso, o estudo contribuirá para o avanço científico, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de novos produtos que favoreçam a saúde animal. Além disso, alinhando-se aos princípios estabelecidos que visam seguir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a pesquisa sobre o efeito antimicrobiano do óleo de copaíba e seu uso no setor agropecuário cumpre três importantes metas globais, sendo elas: ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao oferecer alternativas naturais para tratamentos veterinários, reduzindo a resistência antimicrobiana, ODS 12 (Produção e Consumo Responsáveis), ao promover práticas mais sustentáveis e menos dependentes de produtos químicos e ODS 15 (Vida Terrestre), incentivando a conservação da biodiversidade e o manejo responsável dos recursos naturais.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo analisar o potencial antimicrobiano do óleo-de-copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), provenientes de duas marcas comerciais e de extração própria e sua aplicação para o desenvolvimento de bioprodutos naturais e sustentáveis no controle de patógenos no setor agropecuário.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar o potencial antimicrobiano dos óleos-de-copaíba coletados na região amazônica;
- Determinar o potencial antimicrobiano dos óleos-de-copaíba e comercializados em farmácias ou drogarias;
- Avaliar o potencial antimicrobiano frente as bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella* spp;
- Fornecer subsídios científicos relevantes sobre o uso do óleo de copaíba como alternativa natural aos produtos químicos sintéticos na produção agropecuária.

1.4. Hipótese

O óleo-de-copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) apresenta atividade antimicrobiana frente às bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella* spp., contudo, a atividade varia de acordo com o perfil fitoquímico do óleo. Pressupõe-se que o óleo em seu estado mais puro apresente maior eficácia antimicrobiana quando comparado aos óleos de origem comercial. Dessa forma, o óleo de copaíba possui potencial para ser utilizado como alternativa natural e sustentável aos produtos químicos sintéticos empregados no setor agropecuário.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P. de; FERREIRA JÚNIOR, W. S.; RAMOS, M. A.; MEDEIROS, P. M. de. Introdução à etnobotânica. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2022. E-book.

BRASIL. Decreto n.º 1.662, de 6 de outubro de 1995. Aprova o Regulamento de fiscalização de produtos de uso veterinário e dos estabelecimentos que os fabriquem e/ou comerciem, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 1995. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D1662.htm.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 out. 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011-producao-vegetal-e-animal-regulada-pela-in-17-2014.pdf>.

CAMARGO, L. R. P.; SUFFREDINI, I. B. Impacto causado por *Escherichia coli* na produção de animais de corte no Brasil: revisão de literatura. Journal of Health Sciences Institute, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2015. Disponível em: https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V33_n2_2015_p193a197.pdf.

CAVALCANTE, J. W.; CAVALCANTE, V. M. G.; BIESKI, I. G. C. Conhecimento tradicional e etnofarmacológico da planta medicinal copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.). Biodiversidade, v. 16, n. 2, p. 123-132, 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/5607/3710>.

COSTA, J. D. F. Impactos das salmoneloses na avicultura e na saúde pública: uma revisão de literatura. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/19161>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). The global strategy for the control of transboundary animal diseases (TADs). Rome: FAO, 2016. Disponível em: <https://www.fao.org/3/a1140e/a1140e00.pdf>.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, H. C. O gênero *Copaifera* (Leguminosae - Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. Rodriguésia, v. 59, n. 3, p. 455-476, 2008. DOI: 10.1590/2175-7860200859304.

MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaíba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 2B, p. 577-581, 2009. DOI: 10.1590/S0102-695X2009000400012.

OLIVEIRA, D. F. F. de; NASCIMENTO, T. P.; RODRIGUES, C. H.; BATISTA, J. M. S.; LIU, T. P. S. L.; MEDEIROS, E. S. de; MOTA, R. A.; COSTA, R. M. P. B.; PORTO, T. S.; PORTO, C. S.; PORTO, A. L. F. Antimicrobial potential of copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae) against bubaline mastitis multiresistant isolates. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 92, n. 4, e20200521, 2020. DOI: 10.1590/0001-3765202020200521.

ROCHA, F. A. G.; ARAÚJO, M. F. F.; COSTA, N. D. L.; SILVA, R. P. O uso terapêutico da flora na história mundial. *HOLOS*, Natal, ano 31, v. 1, p. 49-61, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.2492.

ROTH, N.; KÄSBOHRER, A.; MAYRHOFER, S.; ZITZ, U.; HOFACRE, C.; DOMIG, K. J. The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: a global overview. *Poultry Science*, v. 98, n. 4, p. 1791-1804, 2019. DOI: 10.3382/ps/pey539.

SANTOS, J. M. da S.; LEITE, A. L. T.; LINHARES, M. L.; FERREIRA, M. L. B.; ARAÚJO, B. L. F. de; LACERDA, M. F.; PAULINO, V. E. D. F.; OLIVEIRA, J. E. M. de; NASCIMENTO, S. B. do; VIEIRA, V. D. Uso indiscriminado de antibióticos na medicina veterinária e os impactos na saúde única. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n. 3, p. 1656-1672, 2025. DOI: 10.36557/2674-8169.2025v7n3p1656-1672. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/5500>.

SANTOS, M. O.; CAMILO, C. J.; MACEDO, J. G. F.; LACERDA, M. N. S.; LOPES, C. M. U.; RODRIGUES, A. Y. F.; COSTA, J. G. M.; SOUZA, M. M. A. *Copaifera langsdorffii* Desf.: a chemical and pharmacological review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 39, p. 102262, 2022. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.102262.

SILVA, K. C. Monitoramento dos mecanismos de resistência em *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* isoladas de animais de produção agropecuária e alimentos derivados. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. DOI: 10.11606/D.42.2011.tde-13022012-082940.

VIDAL, C. S.; ANGELI, R.; VICTÓRIO, C. P. Medicamentos fitoterápicos e aplicação veterinária em âmbito nacional. *Acta Scientiae et Technicae*, v. 11, p. 83-101, 2023. DOI: 10.12957/acta.2023.89112.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EMP-IAU-2017.12>.

CAPÍTULO 1. Plantas medicinais encontradas na amazônia brasileira com potencial antimicrobiano frente a cepas bacterianas gram-negativas: uma revisão sistemática.

Medicinal plants from the Brazilian Amazon with antimicrobial potential against Gram-negative bacterial strains: a systematic review
Plantas Medicinales de la Amazonía Brasileña con potencial antimicrobiano frente a cepas bacterianas Gram-negativas: una revisión sistemática
DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n6-189>
Receipt of originals: 5/23/2025
Acceptance for publication: 6/13/2025

Allyne Ribeiro Felicio Miranda
Mestranda em Ciências Ambientais
Instituição: Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidades Federal do Amazonas
Endereço: Humaitá, Amazonas, Brasil
E-mail: allyneribeirofelicio@gmail.com

Renato Abreu Lima
Pós-Doutor em Ciência do Solo
Instituição: Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidades Federal do Amazonas
Endereço: Humaitá, Amazonas, Brasil
E-mail: renatoal@ufam.edu.br

Janaína Paolucci Sales de Lima
Pós-Doutora em Zootecnia
Instituição: Faculdade de Ciências Agrárias da Universidades Federal do Amazonas
Endereço: Manaus, Amazonas, Brazil
E-mail: paolucci@ufam.edu.br

RESUMO

A biodiversidade da Amazônia brasileira abriga uma vasta gama de plantas medicinais, muitas das quais contêm compostos bioativos com potencial terapêutico contra diversas doenças. Dentre essas propriedades, a atividade antimicrobiana se destaca, sendo observada em várias espécies da região. O crescente interesse por tratamentos alternativos é impulsionado pela preocupação com o aumento da resistência bacteriana aos antibióticos convencionais. Apesar de o Brasil possuir cerca de 25% da flora mundial, menos de 1% das espécies desse bioma foi estudado, evidenciando o enorme potencial inexplorado da região. Embora existam diversos estudos que demonstram o potencial antimicrobiano de plantas amazônicas, a variabilidade nas metodologias e a diversidade dos estudos dificultam uma avaliação precisa dessas propriedades. Nesse contexto, uma revisão sistemática se torna essencial para consolidar o conhecimento existente e identificar as espécies que se destacam nesse aspecto, permitindo uma análise das plantas medicinais da Amazônia com potencial antimicrobiano contra cepas bacterianas Gram-negativas. Assim, contribuirá para o entendimento de suas propriedades medicinais e incentivará

novas pesquisas que valorizem as espécies da Amazônia.

Palavras-chave: Biodiversidade, Plantas da Amazônia, Potencial Antimicrobiano, Bactérias Gram-Negativas.

ABSTRACT

The biodiversity of the Brazilian Amazon is home to a vast array of medicinal plants, many of which contain bioactive compounds with therapeutic potential for various diseases. Among these properties, antimicrobial activity is particularly notable, being observed in several species from the region. The increasing interest in alternative treatments is driven by concerns regarding the rise of bacterial resistance to conventional antibiotics. Despite Brazil harboring approximately 25% of the world's flora, less than 1% of the species within this biome have been studied, highlighting the immense untapped potential of the region. Although numerous studies have demonstrated the antimicrobial potential of Amazonian plants, variability in methodologies and the diversity of the studies complicate a precise assessment of these properties. In this context, a systematic review becomes essential to consolidate existing knowledge and identify species that stand out in this regard, facilitating an analyzing of medicinal plants from the Amazon with antimicrobial potential against Gram-negative bacterial strains. This will contribute to the understanding of their medicinal properties and encourage further research that values Amazonian species.

Keywords: Biodiversity, Amazon Plants, Antimicrobial Potential, Gram-Negative Bacteria.

RESUMEN

La biodiversidad de la Amazonía brasileña alberga una extensa variedad de plantas medicinales, muchas de las cuales contienen compuestos bioactivos con potencial terapéutico para diversas enfermedades. Entre estas propiedades, la actividad antimicrobiana es particularmente notable, siendo observada en varias especies de la región. El creciente interés en tratamientos alternativos está impulsado por las preocupaciones sobre el aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos convencionales. Apesar de que Brasil alberga aproximadamente el 25% de la flora mundial, menos del 1% de las especies dentro de este bioma han sido estudiadas, lo que revela resalta el inmenso potencial no explotado de la región. Aunque numerosos estudios han demostrado el potencial antimicrobiano de las plantas amazónicas, la variabilidad en las metodologías y la diversidad de los estudios complican una evaluación precisa de estas propiedades. En este contexto, una revisión sistemática se vuelve esencial para consolidar el conocimiento existente e identificar especies que se destacan en este sentido, facilitando un análisis de las plantas medicinales de la Amazonía con potencial antimicrobiano contra cepas bacterianas Gram-negativas. Esto contribuirá a la comprensión de sus propiedades

medicinales y fomentará investigaciones adicionales que valoren las especies de la Amazonía.

Palabras clave: Biodiversidad, Plantas de La Amazonía, Potencial Antimicrobiano, Bacterias Gram-Negativas.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade da Amazônia oferece acesso e oportunidades de estudo para sua ampla variedade de plantas medicinais, configurando-se como um valioso repositório de compostos bioativos. Muitos desses compostos têm mostrado potencial terapêutico contra diversas patologias. Nesse contexto, ressalta-se a atividade antimicrobiana identificada em várias espécies da flora da Amazônia brasileira (do Nascimento Silva et al., 2022).

As plantas medicinais têm sido fundamentais para a humanidade desde a pré-história, inicialmente servindo como fonte de alimentação. Com o passar do tempo, sua utilização se expandiu para diversas áreas, incluindo a confecção de roupas, abrigos e ferramentas. A aplicação das plantas com fins curativos surgiu da observação de suas capacidades de regeneração e adaptação às estações do ano, levando à atribuição de propriedades terapêuticas a várias espécies, reconhecidas por sua eficácia no tratamento de diferentes patologias. Esse conhecimento foi transmitido oralmente entre os povos tradicionais ao longo das gerações (Oliveira et al., 2020).

Estudos investigativos sobre o potencial antimicrobiano de formas alternativas de tratamento têm ganhado cada vez mais destaque, em decorrência da crescente preocupação com a resistência aos antibióticos convencionais disponíveis no mercado (de Jesus Sousa et al., 2019).

As bactérias Gram-negativas, especificamente, demonstram resistência a múltiplos fármacos antimicrobianos, o que torna o tratamento de infecções causadas por esses microrganismos um desafio constante. As infecções por essas bactérias representam um risco significativo à saúde pública, tornando imprescindível o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas (de Oliveira et al., 2021).

Embora o Brasil abrigue cerca de 25% da flora mundial os estudos científicos que analisam essas espécies ainda não ultrapassam 1%. Esses dados apontam um potencial inexplorado da biodiversidade brasileira que conta com mais de cem mil espécies (da Silva et al., 2023). Estudos anteriores abordam o potencial antimicrobiano das espécies de plantas da Amazônia, evidenciando suas ações frente a microrganismos. No entanto, a diversidade dos estudos e a variabilidade nas metodologias utilizadas dificultam uma avaliação criteriosa dessas propriedades. Portanto, uma revisão sistemática que compile e analise essas informações é fundamental para a consolidação do conhecimento existente.

Este artigo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática das plantas

medicinais da Amazônia brasileira com potencial antimicrobiano frente a cepas bacterianas Gram-negativas. Através da análise de estudos existentes, busca-se identificar quais espécies se destacam nesse contexto, bem como os mecanismos de ação e os compostos responsáveis por suas atividades antimicrobianas. Desse modo, espera-se contribuir para o entendimento das propriedades medicinais das plantas amazônicas e incentivar futuras pesquisas que promovam a valorização das espécies desse bioma.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consiste em uma revisão de literatura, de natureza qualitativa e sistemática, que abrange a busca por artigos publicados nos últimos cinco anos, com o objetivo de identificar estudos sobre o potencial antimicrobiano de plantas medicinais da Amazônia brasileira contra cepas bacterianas gram-negativas. A revisão será capaz de fornecer parâmetros seguros, reproduzíveis e de alta qualidade (Donato, Helena; Donato, Mariana, 2019).

Utilizou-se uma combinação de palavras-chave relacionadas ao tema: plantas medicinais, bactérias gram-negativas, Amazônia e antimicrobiano. A busca foi realizada em três bases de dados: Google Acadêmico, PubMed e SciELO, com o objetivo compilar as espécies presentes na biodiversidade Amazônica que possa atuar frente a microrganismos patogênicos. Os procedimentos adotados seguiram as diretrizes descritas por Ercole et al. (2014).

O critério de inclusão constituiu na seleção de artigos, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso (TCC) publicados nos últimos cinco anos (2019-2024), abrangendo todos os idiomas e que abordassem o potencial antimicrobiano de plantas nativas da Amazônia brasileira contra cepas de bactérias gram-negativas. Foram incluídos artigos que mencionavam tanto bactérias gram-negativas quanto gram-positivas, no entanto, este trabalho concentra exclusivamente nas espécies-alvo do estudo, que são as bactérias gram-negativas. Trabalhos que abordavam diferentes espécies de plantas foram considerados, mas apenas aquelas que atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos, especificamente as plantas medicinais encontradas na Amazônia brasileira.

Foram excluídos os estudos que não relataram atividades antimicrobianas, aqueles que apresentavam resultados em espécies bacterianas que não são gram-negativas, ou que se referiam a plantas não nativas da região Amazônica brasileira. Após a busca inicial, realizou-se uma triagem com base nos títulos e resumos, seguida da leitura completa dos artigos, a fim de garantir sua relevância e conformidade com os critérios de seleção.

Durante a pesquisa, foram identificados um total de 55 trabalhos publicados no Google Acadêmico. No entanto, nas bases de dados PubMed e SciELO, não foram encontrados trabalhos relevantes publicados no período de cinco anos que atendessem

aos critérios de inclusão estabelecidos. Desse quantitativo, referente ao Google Acadêmico 9 trabalhos (Tabela 1) foram considerados relevantes e atenderam os critérios de inclusão estabelecidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Levantamento bibliográfico de obras publicadas entre 2019 e 2024.

AUTORES	ANO	TÍTULO	TIPO	IDENTIFICAÇÃO	PLANTA	MICRORGANISMO
DE JESUS SOUSA, A. C.; DA SILVA OLIVEIRA, J.; PORCY, C.; SOUZA, M. J. C.; DE OLIVEIRA MENEZES, R. A. DA SILVA, G. M.; DE SOUSA, M. L. R.; ROCHA, W. C.; DE FREITAS, A. D. G.	2019	Potencial antimicrobiano de extratos vegetais frente a cepas bacterianas de interesse médico em Macapá, Amapá, Amazônia Brasileira.	Artigo	Laboratório de Microbiologia da Faculdade Estácio de Macapá, Amapá, Brasil	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	<i>Escherichia coli</i>
	2021	Estudo Químico e Antimicrobiano dos Extratos de Sementes e Folhas do Cumaru, <i>Dipteryx odorata</i> (Fabaceae). Composição química, ação antibacteriana e moduladora da folha da cajazeira (<i>Spondias mombin</i> L.) sobre enterobactérias diarreio gênicas.	Artigo	Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	<i>Escherichia coli</i>
DUARTE, V. F.	2021		Dissertação	Repositório de Teses e Dissertações da UFCG	<i>Spondias mombin</i> L.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
BATISTA, J. L. F.	2022	Estudo químico e biológico de <i>Palicourea nitidella</i> (Müll. Arg.) Standl.	Dissertação	Universidade Federal do Amazonas, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações	<i>Palicourea nitidella</i> (Müll.Arg.) Standl.	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Salmonella enteritidis</i>
DE MORAIS GOMES, A.; DOS SANTOS, A. B. B.; LEMOS, G. W. C.; DE ALMEIDA JUNIOR, J. S.; SARRAZIN, S. L. F.; DE OLIVEIRA, E. C. P.; BARATA, L. E. S. DO NASCIMENTO SILVA, A. L.; DA SILVA, K. A.; MAGALHÃES, T. N.; DE SÁ, M. K. S.; RAMOS, R. A.; DOS SANTOS GOMES, Y. R. M.; DE MESQUITA, E. A.	2022	Ação antibacteriana do óleo resina da <i>copaifera reticulata</i> utilizado na medicina popular pelos povos tradicionais da Amazônia.	Artigo	Anais do Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil	<i>Copaifera reticulata</i> L.	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	2022	Avaliação da ação antimicrobiana do látex de <i>Croton lechleri</i> Müll. Arg. (Euphorbiaceae) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.	Artigo	Research, Society and Development	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	<i>Escherichia coli</i>
LEITE, V. V.	2022	Tratamento de feridas crônicas com Oleoresina de copaíba.	Tese	Programa de Pós-Graduação em Medicamentos e Assistência Farmacêutica. Universidade Federal de Minas Gerais	<i>Copaifera spp.</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Escherichia coli</i>
DA SILVA JUNIOR, J. P. P.; DA COSTA NOGUEIRA, J.; GOMES, W. R.; DE FREITAS, A. D. G.	2023	Avaliação in vitro do potencial antimicrobiano de extratos do Urucum (<i>Bixa orellana</i> L.)	Artigo	Uniciencias	<i>Bixa orellana</i> L.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Escherichia coli</i>

SOUZA, S. D. S.	2024	Potencial formador de AgNPs de extrato aquoso de cajuí (<i>Arrabidaea chica</i> (Humb. & Bonpl.) B. Verlot), planta medicinal da região amazônica.	Dissertação	Universidade Federal do Amazonas, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações	<i>Arrabidaea chica</i> (Humb. & Bonpl.) B. Verlot.	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i>
-----------------	------	---	-------------	--	---	--

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

3.1. Plantas medicinais da Amazônia

As plantas medicinais da Amazônia são conhecidas por seu potencial curativo. Diversas espécies são empregues pelas comunidades locais no tratamento de uma variedade de enfermidades, incluindo distúrbios digestivos, doenças respiratórias, infecções, inflamações e até mesmo condições crônicas. Devido aos compostos bioativos únicos presentes em cada espécie, é possível explorar uma ampla gama de mecanismos de ação. Muitas dessas plantas estão sendo objeto de pesquisas para o desenvolvimento de novos medicamentos. Nesse contexto, as plantas medicinais da Amazônia emergem como uma alternativa promissora na formulação de novos agentes antimicrobianos (Meneguelli et al., 2020).

De acordo com os estudos de De Jesus Souza et al. (2019), o Brasil é um país que possui uma vasta biodiversidade, abrangendo diversos biomas que concentram mais de 20% das espécies do mundo. Nesse contexto, 43.020 dessas espécies estão presentes na flora brasileira, muitas das quais possuem propriedades medicinais. Na Amazônia brasileira, 48% dos medicamentos utilizados para fins terapêuticos têm origem em produtos naturais, sendo que estes, por sua vez, derivam de plantas medicinais. O mercado de fitoterápicos no Brasil apresenta um crescimento anual de 6% a 7%, com esse comércio se concentrando principalmente em feiras e mercados da Amazônia. O uso de plantas medicinais está intimamente ligado ao conhecimento empírico associado e aos saberes tradicionais dessa população.

3.2. Atividade antimicrobiana de plantas da Amazônia frente cepas bacterianas gram-negativas

No seu estudo Batista (2022) examinou a atividade bacteriana de extratos da espécie *Palicourea nitidella* (Müll.Arg.) Standl. frente a diferentes espécies bacterianas, utilizando a técnica de microdiluição com extratos metanólicos e hexânicos. O autor ressaltou que a *Palicourea nitidella* (Müll.Arg.) Standl. é uma das várias espécies da Amazônia que ainda carece de investigação sobre sua atividade biológica e seus compostos bioativos. Na análise do extrato metanólico dos ramos e folhas, nenhuma das espécies testadas apresentou sensibilidade na concentração de 1000  g/mL. Por outro lado, o extrato hexânico dos ramos demonstrou uma atividade inibitória superior a 50% contra as cepas de *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* e *Salmonella*

enteritidis, ambas gram-negativas. Na avaliação do extrato hexânico das folhas, apenas a *Pseudomonas fluorescens*, espécie gram-negativa, mostrou inibição.

A espécie *Bixa orellana* L., conhecido popularmente seu fruto como urucum, utilizado como condimento. No entanto, essa planta também apresenta diversas propriedades farmacológicas e se destaca como um agente antimicrobiano em potencial, conforme evidenciado pelos estudos de Da Silva Junior et al. (2023). A análise do extrato metanólico das folhas revelou atividade antimicrobiana significativa frente a espécie *Pseudomonas aeruginosa*, com halos de inibição observados em todas as concentrações testadas. Por outro lado, nas espécies *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*, o extrato metanólico mostrou crescimento bacteriano em algumas concentrações analisadas. Em contrapartida, a avaliação do extrato de hexano das folhas de *Bixa orellana* L. apresentou resultados mais eficazes contra as bactérias *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*, embora não tenha demonstrado atividade inibitória frente as cepas de *Pseudomonas aeruginosa*, o que contrasta com os resultados do primeiro extrato analisado.

Segundo Da Silva et al. (2021), a partir das sementes da espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, conhecida como cumaru, é possível extrair um composto conhecido como cumarina. A esse composto são atribuídas diversas propriedades medicinais, e seu uso é amplamente direcionado para as indústrias de perfumaria, cosméticos e produção de fitoterápicos. No estudo realizado por Da Silva et al. (2021), foi realizada uma análise antimicrobiana em diferentes cepas bacterianas, incluindo duas espécies gram-negativas: *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*. Os resultados obtidos mostraram uma ação inibitória frente as cepas de *Escherichia coli*; no entanto, não foi observada inibição do crescimento bacteriano nas cepas de *Klebsiella pneumoniae*. Outro ponto discutido no trabalho é a maior sensibilidade das bactérias gram-positivas aos antibióticos, em comparação com as gram-negativas, que geralmente apresentam maior resistência a diversos antimicrobianos, tornando o tratamento de infecções causadas por essas bactérias mais desafiador. A cumarina está intimamente relacionada à ação farmacológica da planta, sendo um dos principais compostos associados à sua ação antimicrobiana.

No trabalho de De Jesus Souza et al. (2019) são destacadas as propriedades de 4 espécies, entre elas a *Hymenaea courbaril* L. popularmente conhecida como jutaí, que pode atingir altura de 30 a 45 metros. Essa espécie é rica em taninos, óleos essenciais e açúcares, e suas folhas e cascas contêm compostos terpênicos e fenólicos, conferindo-lhe propriedades terapêuticas. Ao avaliar sua eficiência frente as cepas bacterianas patogênicas, observou-se um desempenho positivo da *Hymenaea courbaril* L. em relação à bactéria *Escherichia coli*, que possui alto potencial de disseminação e pode causar infecções. Para a produção das tinturas foram utilizadas folhas da *Hymenaea courbaril* L. e o extrato demonstrou capacidade de inibir o crescimento da bactéria, apresentando halos de

inibição com diâmetro em torno de 11 mm.

Abordando o potencial presente da espécie *Copaifera reticulata* em diferentes cepas bacterianas, De Moraes Gomes et al. (2022) investigaram sua eficácia frente cepas de *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosas*. As espécies do gênero *Copaifera* spp. pertencem à família botânica Leguminosae e produzem um óleo-resina rico em sesquiterpenos e diterpenos, compostos associados ao controle de diversas condições patológicas, o que justifica a ação bactericida e bacteriostática positiva evidenciada no estudo. O potencial dessa mesma espécie também foi analisado por Leite (2022), que avaliou a eficácia do óleo-resina de *Copaifera* spp. frente as bactérias prevalentes em infecções crônicas de feridas. Em sua análise, o teste de disco-difusão revelou que extratos puros das espécies *Copaifera officinalis* e *Copaifera multijuga* apresentaram atividade antibacteriana positiva contra cepas de *Escherichia coli* e *pseudomonas aeruginosas*, enquanto mostram ação negativa em relação a *Klebsiella pneumoniae*. No entanto, ao aplicar a técnica de diluição em caldo, os resultados foram divergentes, evidenciando ação bactericida apenas para *Pseudomonas aeruginosas*. Nota-se que os achados de ambos os autores são complementares, pois demonstram atividade antimicrobiana contra as bactérias gram-negativas *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosas* em ambos os estudos.

A espécie *Croton lechleri* Müll. Arg. é conhecida popularmente na Amazônia como “Sangue de Dragão”. No estudo de Do Nascimento Silva et al. (2022), os autores investigaram o potencial antimicrobiano do látex extraído dessa planta, analisando os compostos químicos presentes. Dentre esses compostos, destaca-se a proantocianidina oligomérica, um bioativo associado a diversos mecanismos de ação no combate a patologias, incluindo a atividade bactericida da *Croton lechleri* Müll. Arg. Ao analisar diferentes cepas bacterianas foi possível observar uma sensibilidade específica da *Escherichia coli*, evidenciada pelo teste de difusão em ágar, que apresentou halos de inibição, demonstrando a atividade antimicrobiana positiva relacionada à espécie “Sangue de Dragão”.

Duarte (2021) explica que a espécie *Spondias mombin* L. (cajá) contém em sua composição de diversos compostos que conferem a essa planta propriedades medicinais, incluindo compostos fenólicos, flavonoides, saponinas e taninos. No que diz respeito ao seu potencial antimicrobiano, destaca-se principalmente um composto isolado de suas folhas, denominado de ácido anarcádico, que é capaz de inibir a β -lactamase. A cajazeira, uma árvore frutífera chamada de taperebá na Amazônia, produz frutos aromáticos ricos em vitaminas, amplamente utilizados na culinária para diversos fins. Para avaliar seu potencial antimicrobiano, utilizou-se a técnica de microdiluição. Após esse procedimento, observou-se uma atividade bactericida significativa frente a bactéria *Pseudomonas aeruginosa*, utilizando o extrato hidroalcoólico da planta.

Em um estudo recente, Souza (2024) analisou o potencial antimicrobiano do extrato das folhas de *Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) B. Verlt. uma planta arbustiva e trepadeira conhecida como cajuru, que é predominantemente encontrada na região Amazônica. Essa erva medicinal integra a lista nacional de plantas medicinais de interesse do Sistema Único de Saúde (SUS) e é rica em flavonoides, compostos que contribuem para seu potencial antimicrobiano. A pesquisa confirmou a ação antimicrobiana de *Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) B. Verlt. frente as espécies gram-negativas *E. coli* e *Salmonella* sp, após a produção de nanopartículas de Prata (AgNPS) a partir do extrato de cajuru em diferentes concentrações, temperaturas e pH. Observou-se que a maior atividade bacteriana ocorreu nos testes realizados com pH 7,0, a uma temperatura de 25 °C e com diluição 1:2 do extrato vegetal.

4. CONCLUSÃO

A partir deste estudo, é possível observar que a região Amazônica abriga uma vasta diversidade de espécies vegetais, muitas das quais possuem propriedades medicinais. Além disso, há uma notável escassez de pesquisas que busquem elucidar o potencial das espécies da Amazônia. No entanto, a crescente demanda por novas alternativas terapêuticas, aliada à rica biodiversidade da região, impulsiona investigações focadas na utilização de produtos naturais, conferindo ao tema um panorama promissor para o futuro.

Em relação às cepas bacterianas gram-negativas, observa-se uma prevalência da ação antibacteriana de plantas de diversas espécies sobre as bactérias *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*, conforme evidenciado em vários estudos. É fundamental considerar as implicações desses resultados para a condução de novas pesquisas, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre o potencial das plantas medicinais da Amazônia como antimicrobianos. A biodiversidade, nesse contexto, revela-se essencial para o desenvolvimento de novos compostos no combate à resistência bacteriana.

As perspectivas para o futuro da pesquisa sobre plantas medicinais da Amazônia são promissoras. A fusão do conhecimento tradicional com a pesquisa científica pode resultar em descobertas inovadoras e no desenvolvimento de novos medicamentos. Contudo, para aproveitar ao máximo esse potencial, é fundamental priorizar a preservação da biodiversidade amazônica, assegurando o uso sustentável dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), ao Instituto de Educação de Agricultura e Ambiente (IEAA) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do

Amazonas (FAPEAM) pela contribuição e apoio ao desenvolvimento deste trabalho, com ênfase no apoio financeiro concedido pela FAPEAM.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, J. L. F. Estudo químico e biológico de *Palicourea nitidella* (Müll. Arg.) Standl. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9006>.
- DA SILVA JUNIOR, J. P. P.; DA COSTA NOGUEIRA, J.; GOMES, W. R.; DE FREITAS, A. D. G. Avaliação In Vitro do Potencial Antimicrobiano de Extratos do Urucum (*Bixa orellana* L.). UNICIÊNCIAS, v. 27, n. 2, p. 130-133, 2023. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2023v27n2p130-133>.
- DA SILVA, G. M.; DE SOUSA, M. L. R.; ROCHA, W. C.; DE FREITAS, A. D. G. Estudo Químico e Antimicrobiano dos Extratos de Sementes e Folhas do Cumaru, *Dipteryx odorata* (Fabaceae). Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, v. 25, n. 1, p. 34-38, 2021. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n1p34-38>.
- DE JESUS SOUSA, A. C.; DA SILVA OLIVEIRA, J.; PORCY, C.; SOUZA, M. J. C.; DE OLIVEIRA MENEZES, R. A. Potencial antimicrobiano de extratos vegetais frente a cepas bacterianas de interesse médico em Macapá, Amapá, Amazônia Brasileira. Diagnóstico e tratamento, v. 24, n. 3, p. 85-90, 2019. https://www.apm.org.br/wp-content/uploads/Diagnostico-Tratamento-v24n3_2019.pdf.
- DE JESUS SOUSA, A. C.; DA SILVA OLIVEIRA, J.; PORCY, C.; SOUZA, M. J. C.; DE OLIVEIRA MENEZES, R. A. Potencial antimicrobiano de extratos vegetais frente a cepas bacterianas de interesse médico em Macapá, Amapá, Amazônia Brasileira. Diagnóstico e tratamento, v. 24, n. 3, p. 85-90, 2019. <https://periodicosapm.emnuvens.com.br/rdt/article/view/232>.
- DE MORAIS GOMES, A.; DOS SANTOS, A. B. B.; LEMOS, G. W. C.; DE ALMEIDA JUNIOR, J. S.; SARRAZIN, S. L. F.; DE OLIVEIRA, E. C. P.; BARATA, L. E. S. Ação antibacteriana do óleo resina da *Copaifera reticulata* utilizado na medicina popular pelos povos tradicionais da Amazônia. Anais do Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil, 2022. <https://resumos.sbpmed.org.br/index.php/spmb/article/view/203>.
- DE OLIVEIRA, JUNIO WILLIAN ALVES; DE PAULA, CRISTIANE COIMBRA. Bactérias gram-negativas multirresistentes: revisão sobre os desafios e demais discussões. Caderno de Publicações Univag, n. 11, 2021. <https://doi.org/10.18312/cadernounivag.v0i11.1651>.
- DO NASCIMENTO SILVA, A. L.; DA SILVA, K. A.; MAGALHÃES, T. N.; DE SÁ, M. K. S.; RAMOS, R. A.; DOS SANTOS GOMES, Y. R. M.; DE MESQUITA, E. A. Avaliação da ação antimicrobiana do látex de *Croton lechleri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Research, Society and Development, v. 11, n. 16, p. e84111637750-e84111637750, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37750>.
- DONATO, HELENA; DONATO, MARIANA. Etapas na condução de uma revisão sistemática. Acta medica portuguesa, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>.
- DUARTE, V. F. Composição química, ação antibacteriana e moduladora da folha da cajazeira (*Spondias mombin* L.) sobre enterobactérias diarreiogênicas. Repositório de Teses e Dissertações da UFCG, 2021. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/21426>.
- ERCOLE, F. F.; DE MELO, L. S.; ALCOFORADO, C. L. G. C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. REME-Revista Mineira de Enfermagem, v. 18, n. 1, 2014. <https://doi.org/10.5935/1415-2762.20140001>.

LEITE, V. V. Tratamento de feridas crônicas com oleorresina de copaíba. Programa de Pós-Graduação em Medicamentos e Assistência Farmacêutica. Universidade Federal de Minas Gerais, 2022. <http://hdl.handle.net/1843/46399>.

MENEGUELLI, A. Z.; CAMARGO, E. E. S.; BUCCINI, D. F.; RORIZ, B. C.; CERQUEIRA, G. R.; MORENO, S. E. Ethnopharmacological and botanical evaluation of medicinal plants used by Brazilian Amazon Indian community. *Interações* (Campo Grande), v. 21, n. 3, p. 633–645, jul. 2020. <https://doi.org/10.20435/inter.v21i3.2926>.

OLIVEIRA, D. F. F. D.; NASCIMENTO, T. P.; RODRIGUES, C. H.; BATISTA, J. M. S.; LIU, T. P. S. L.; MEDEIROS, E. S. D.; MOTA, R. A.; COSTA, R. M. P. B.; PORTO, T. S.; PORTO, C. S.; PORTO, A. L. F. Antimicrobial potential of Copaiba Oil (*Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae) against bubaline mastitis multiresistant isolates. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 92(4), e20200521, 2020. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200521>.

SANTOS, P. A. L. D. Perfil químico e atividade biológica de *Abarema cochliacarpus* (Gomes) Barneby & J. W. Grimes. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/19181>.

SILVA, E. M. S. Bioprospecção de metabólitos secundários de *Aniba* spp. (Lauraceae) da Amazônia para o desenvolvimento de novos antimicrobianos. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8524>.

SOUZA, S. D. S. Potencial formador de AgNPs de extrato aquoso de *crajiu* (*Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) B. Verlot), planta medicinal da região amazônica. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2024. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/10100>.

CAPÍTULO 02. Potencial antimicrobiano de espécies de *Copaifera* spp: uma revisão sistemática como subsídio científico para a bioeconomia na Amazônia

Antimicrobial potential of *Copaifera* spp.: a systematic review as a scientific contribution to the bioeconomy in the Amazon

Potencial antimicrobiano de especies de *Copaifera* spp.: una revisión sistemática como aporte científico para la bioeconomía en la Amazonía

DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n10-188>

Receipt of originals: 9/26/2025

Acceptance for publication: 10/17/2025

Allyne Ribeiro Felicio Miranda

Mestranda em Ciências Ambientais

Instituição: Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Humaitá, Amazonas, Brasil

E-mail: allyneribeirofelicio@gmail.com

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Humaitá, Amazonas, Brasil

E-mail: douglassilva@ufam.edu.br

Andiária Félix Oliveira Silva

Mestranda em Ciências Ambientais

Instituição: Instituto de Educação Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Humaitá, Amazonas, Brasil

E-mail: andiariafelix@gmail.com

Janaína Paolucci Sales de Lima

Pós-Doutora em Zootecnia

Instituição: Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Manaus, Amazonas, Brasil

E-mail: paolucci@ufam.edu.br

RESUMO

O gênero *Copaifera* spp., nativo da região amazônica, é reconhecido por seu potencial terapêutico, especialmente pelas propriedades antimicrobianas associadas ao óleo-resina extraído desse gênero. A utilização de produtos naturais em estratégias antimicrobianas tem ganhado destaque crescente em resposta ao aumento da resistência bacteriana. Esta revisão consolida evidências científicas relativas à atividade antimicrobiana da *Copaifera* spp., destacando sua relevância para a biodiversidade e bioeconomia da Amazônia. A exploração desse gênero representa uma abordagem estratégica para valorização dos recursos naturais, promovendo o uso sustentável e a integração dos conhecimentos tradicionais. Foi conduzida uma revisão sistemática para avaliar a eficácia antimicrobiana

da *Copaifera* spp., com o objetivo de fornecer suporte científico para iniciativas de bioeconomia na região. Os resultados indicam efeitos antimicrobianos promissores e ressaltam a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre esse gênero. Essas descobertas destacam não apenas o potencial da *Copaifera* spp. como fonte de bioativos farmacologicamente relevantes, mas também sua importância para políticas públicas que promovam o uso sustentável da biodiversidade amazônica.

Palavras-chave: Biodiversidade, Plantas Medicinais, Óleo de Copaíba, Bioeconomia.

ABSTRACT

The genus *Copaifera* spp., native to the Amazon region, is recognized for its therapeutic potential, particularly due to the antimicrobial properties associated with the oleoresin extracted from this genus. The use of natural products in antimicrobial strategies has gained increasing prominence in response to the rise of bacterial resistance. This review consolidates scientific evidence regarding the antimicrobial activity of *Copaifera* spp., highlighting its relevance to the biodiversity and bioeconomy of the Amazon. The exploitation of this genus represents a strategic approach to valorizing natural resources, promoting sustainable use and integrating traditional knowledge. A systematic review was conducted to evaluate the antimicrobial efficacy of *Copaifera* spp., aiming to provide scientific support for bioeconomy initiatives in the region. The results indicate promising antimicrobial effects and underscore the need for more in-depth research on this genus. These findings not only emphasize the potential of *Copaifera* spp. as a source of pharmacologically relevant bioactive compounds but also its importance for public policies that promote the sustainable use of Amazonian biodiversity.

Keywords: Biodiversity, Medicinal Plants, Copaiba Oil, Bioeconomy.

RESUMEN

El género *Copaifera* spp., nativo de la región amazónica, es reconocido por su potencial terapéutico, particularmente debido a las propiedades antimicrobianas asociadas con el oleorresina extraído de este género. El uso de productos naturales en las estrategias antimicrobianas ha adquirido una creciente relevancia en respuesta al aumento de la resistencia bacteriana. Esta revisión consolida la evidencia científica sobre la actividad antimicrobiana de *Copaifera* spp., destacando su importancia para la biodiversidad y la bioeconomía de la Amazonía. El aprovechamiento de este género representa un enfoque estratégico para valorizar los recursos naturales, promover el uso sostenible e integrar los saberes tradicionales. Se realizó una revisión sistemática para evaluar la eficacia antimicrobiana de *Copaifera* spp., con el objetivo de brindar respaldo científico a las iniciativas de bioeconomía en la región. Los resultados indican efectos antimicrobianos

prometedores y subrayan la necesidad de investigaciones más profundas sobre este género. Estos hallazgos no solo enfatizan el potencial de *Copaifera* spp. como fuente de compuestos bioactivos de relevancia farmacológica, sino también su importancia para las políticas públicas que promueven el uso sostenible de la biodiversidad amazónica.

Palabras clave: Biodiversidad, Plantas Medicinales, Aceite de Copaíba, Bioeconomía.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade refere-se à vasta variedade de espécies em todas as escalas biológicas, abrangendo os ecossistemas nos quais coexistem fauna, flora, microrganismos e material genético. Atribui-se a biodiversidade um papel fundamental na manutenção da homeostase ambiental, garantindo o funcionamento adequado e a resiliência dos ecossistemas, apoiando assim o funcionamento equilibrado de todas as formas de vida na Terra. No entanto, essa estabilidade ecológica está sendo cada vez mais ameaçada por atividades antropogênicas, que representam um risco crescente à biodiversidade. As espécies presentes nesses ecossistemas diversos fornecem recursos essenciais para a bioeconomia, principalmente por meio de produtos naturais derivados da flora. Estima-se que o bioma amazônico contenha aproximadamente 14.000 espécies de plantas, destacando seu potencial bioeconômico significativo (Barbosa et al., 2023).

A bioeconomia no estado do Amazonas é um tema altamente relevante na discussão atual. O desenvolvimento econômico apresenta uma estratégia viável para proporcionar benefícios às comunidades locais vulneráveis, gerando empregos, renda e crescimento sustentável. A "Iniciativa de Bioeconomia Verde", lançada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), enfatiza a promoção de atividades econômicas naturais que sejam ambientalmente sustentáveis e alinhadas aos princípios dos serviços ecossistêmicos. Essa iniciativa busca redirecionar investimentos para práticas que apoiem os objetivos de uma "Economia Verde". Fortalecer e diversificar o cenário econômico da Amazônia envolve desafios complexos, exigindo a integração de políticas públicas e estratégias de crescimento econômico que operem de forma sinérgica. O principal objetivo é valorizar e conservar a biodiversidade e as características socioculturais inerentes à região. Consequentemente, esse novo modelo de desenvolvimento sustentável tem potencial para gerar benefícios tangíveis, criando oportunidades para as populações locais e ao mesmo tempo garantindo a preservação ambiental (Willerding et al., 2020).

O interesse na utilização sustentável dos recursos naturais está intrinsecamente ligado ao avanço da bioeconomia, principalmente por meio da exploração de plantas nativas da biodiversidade brasileira. Nesse contexto, várias espécies são notáveis por seu potencial medicinal (Vasconcellos Sobrinho et al., 2024). O gênero *Copaifera*, comumente conhecido como copaíba, engloba espécies predominantemente encontradas na região

amazônica. As propriedades terapêuticas das espécies de *Copaifera* têm sido reconhecidas desde o período colonial; no entanto, ainda há escassez de estudos que forneçam uma identificação botânica precisa das espécies empregadas (Lameira, 2023; Veiga Junior; Pinto, 2002). No bioma amazônico, foram documentadas nove espécies de *Copaifera*, e as distinções taxonômicas entre essas espécies influenciam significativamente sua composição química e a atividade farmacológica do óleo-resina. Isso ressalta a importância fundamental de uma identificação precisa das espécies na pesquisa científica (Martins-da-Silva; Pereira; Lima, 2008).

O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre o potencial antimicrobiano das espécies de *Copaifera* spp., visando fornecer subsídios científicos para a bioeconomia na Amazônia. A partir da análise dos estudos existentes, objetiva-se evidenciar tanto o potencial antimicrobiano dessas espécies quanto a importância da identificação botânica em pesquisas científicas. Dessa forma, espera-se contribuir para o entendimento das características das espécies de copaíba presente no bioma Amazônia, além de incentivar a bioeconomia da região e estimular pesquisas futuras que fortaleçam a valorização das espécies do gênero.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho corresponde a uma revisão sistemática, de abordagem qualitativa, com foco na identificação de estudos que investigam os efeitos terapêuticos da espécie *Copaifera* spp., com ênfase no seu potencial antimicrobiano. Com objetivo central em reunir subsídios científicos a respeito do tema, a revisão sistemática foi escolhida por sua capacidade de compilar de maneira criteriosa os conhecimentos existentes, promovendo uma base sólida para novas pesquisas (De-la-Torre-Ugarte-Guanilo et al., 2011).

Os procedimentos adotados seguiram as diretrizes específicas e padronizadas, descritas por Galvão e Pereira (2014). Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos publicados nos últimos dez anos (2015-2025), independentemente do idioma. Foram incluídos apenas os trabalhos que abordavam o potencial antimicrobiano da espécie de *Copaifera* spp., assim estudos que tratavam de outros efeitos terapêuticos foram excluídos. No entanto, estudos que investigavam múltiplas ações terapêuticas ou diversas espécies vegetais foram avaliados, sendo incluídos somente aqueles que se referiam diretamente a atividade antimicrobiana da espécie *Copaifera* spp.

Utilizou-se uma combinação de palavras-chave relacionadas ao tema, sendo elas: *Copaifera*, copaíba e medicinal. A busca pelos estudos foi realizada por meio do portal Periódicos da CAPES, utilizando a base de dados *Web of Science*. Utilizou-se a ferramenta de busca avançada, aplicando-se a estratégia de busca por tópicos que englobam os

campos título, resumo, palavras-chave do autor e palavras-chave plus. Após a busca inicial, realizou-se uma triagem com base nos títulos e resumos, seguida da leitura completa dos artigos, com objetivo de garantir sua relevância e conformidade com os critérios de seleção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico inicial, um total de quarenta artigos foram identificados. Após um rigoroso processo de triagem, oito estudos (Tabela 1) foram considerados relevantes e atenderam aos critérios de inclusão predefinidos. O refinamento garantiu que apenas as pesquisas mais pertinentes contribuíssem para a análise subsequente.

O óleo de copaíba, extraído de espécies do gênero *Copaifera*, tem se destacado por seu potencial antimicrobiano, sendo avaliado em diferentes contextos (Vasconcellos Sobrinho et al., 2024). Os estudos analisados nesta revisão evidenciam que o gênero *Copaifera* spp. demonstra atividade antimicrobiana relevante, com variações atribuídas as suas diversas espécies.

Tabela 2. Levantamento bibliográfico de obras publicadas entre 2015-2025.

Ação antimicrobiana associada as espécies de <i>Copaifera</i> spp.				
Autores	Ano	Identificação/Título	Espécie	Microrganismo
Dias FG, Casemiro LA, Martins CHG, Dias LGG, Pereira LF, Nishimura LT, Souza FF, Honsho CS.	2015	Ciência rural/ <i>Endodontic pastes formulated with copaiba oil: action on oral microbiota and dentin bridge formation in dogs</i>	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	<i>Streptococcus mitis</i> <i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> <i>Porphyromonas gingivalis</i>
Valadas LAR, Gurgel MF, Mororó JM, Fonseca SGdC, Fonteles CSR, Carvalho CBMd, Fachine FV, Rodrigues Neto EM, Fonteles MMdF, Chagas FO, Lobo PLD, Bandeira MAM.	2019	<i>Saudi Pharmaceutical Journal/Dose-response evaluation of a copaiba-containing varnish against Streptococcus mutans in vivo.</i>	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	<i>Streptococcus mutans</i>
Barbosa ALP, Wenzel-Storjohann A, Barbosa JD, Zidorn C, Peifer C, Tasdemir D, Çiçek SS.	2019	<i>Journal of Ethnopharmacology/Antimicrobial and cytotoxic effects of the Copaifera reticulata oleoresin and its main diterpene acids.</i>	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	<i>Enterococcus faecium</i> <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à metilicina (MRSA)
Oliveira DFF, Nascimento TP, Rodrigues CH, Batista JMS, Liu TPSTL, Medeiros ES, Mota RA, Costa RMPB, Porto TS, Porto CS, Porto ALF	2020	<i>Annals of the Brazilian Academy of Sciences/Antimicrobial potential of Copaiba Oil (Copaifera multijuga Hayne-Leguminosae) against bubaline mastitis multiresistant isolates.</i>	(<i>Copaifera multijuga</i> Hayne-Leguminosae)	<i>Staphylococcus aureus</i>
Santos DG, Castro VS, Conte Junior C, Pinto	2020	Revista Virtual de Química/ <i>Copaifera reticulata</i> : caracterização	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	<i>Listeria monocytogene</i> <i>Staphylococcus aureus</i> .

AC, Uekane TM, Rezende CM		química e atividade bactericida frente a patógenos de alimentos.		
Çiçek SS, Wenzel-Storjohann A, Girreser U, Tasdemir D.	2020	Revista Brasileira de Farmacognosia/Biological activities of two major copaiba diterpenoids and their semi-synthetic derivatives.	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	<i>Enterococcus faecium</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à meticilina (MRSA)
Governa P, Biagi M.	2020	Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology/In vitro investigation on anti- <i>Helicobacter pylori</i> and anti-inflammatory activities of oleoresin and fruit methanolic extract.	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	<i>Helicobacter pylori</i>
Cardinelli CC, Silva JEAe, Ribeiro R, Veiga-Junior VF, Santos EPd, de Freitas ZMF	2023	Plants/Toxicological effects of Copaiba oil (<i>Copaifera</i> spp.) and its active components.	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	<i>Streptococcus</i> spp. • <i>S. mitis</i> • <i>S. salivarius</i> • <i>S. mutans</i> <i>Fusobacterium nucleatum</i> <i>Prevotella nigrescens</i> <i>Porphyromonas gingivalis</i> , <i>Lactobacillus casei</i>
			<i>Copaifera multijuga</i> Hayne-Leguminosae	<i>Streptococcus</i> spp. • <i>S. mitis</i> • <i>S. constellatus</i> • <i>S. salivarius</i> • <i>S. mitis</i> • <i>S. mutans</i> • <i>S. sanguinis</i> • <i>S. oralis</i>
			<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	<i>Staphylococcus</i> spp.

Fonte: Autores, 2025.

3.1. Análise comparativa das espécies de *Copaifera* spp.

A diversidade de espécies do gênero *Copaifera* spp. utilizadas nos estudos revisados permitiu uma análise comparativa da atividade antimicrobiana associada a esse gênero. Os óleos-de-copaíba possuem compostos voláteis ricos em sesquiterpenos, como β -cariofileno e α -humuleno, e compostos resinosos com diterpenos como ácido copálico e kaurenoico, cuja concentração e proporção variam significativamente entre espécies, localização geográfica e condições ambientais. Em uma revisão de literatura analisando diferentes espécies do gênero *Copaifera* spp. (ex, *Copaifera reticulata* Ducke, *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae e *Copaifera langsdorffii* Desf.) foi possível evidenciar nos achados da literatura que as espécies analisadas demonstraram efeito antimicrobiano em microrganismos distintos (Cardinelli et al., 2023).

A *Copaifera reticulata* Ducker ocorre apenas no Brasil, na Amazônia Brasileira, foi

encontrada amplamente distribuída na porção oriental, rara na ocidental e ausente no nordeste; amplamente distribuída no Pará, encontra-se, ainda, no sudoeste do Amapá, sudeste de Roraima e norte de Mato Grosso e habita mata de terra firme (Santos et al., 2020). Em relação ao perfil fitoquímico desta espécie, na identificação e caracterização dos compostos químicos naturais da planta, percebe-se a presença elevada de sesquiterpenos, e em menor quantidade a presença de diterpenos. Os elementos (E)-cariofileno, (E)-alfa-bergamoteno e beta-bisaboleno são constantes nos óleos-resina analisados da *Copaifera reticulata* Ducke e são considerados os mais importantes quanto as suas atividades biológicas (Costa; Lameira, 2021).

O estudo analisado por Santos et al. (2020) com *Copaifera reticulata* Ducke demonstrou que os ácidos diterpênicos isolados, especialmente o ácido copálico, apresentam maior atividade contra bactérias Gram-positivas, como a *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*, o que corrobora achados anteriores sobre a atividade do óleo frente a esse grupo bacteriano. Já na avaliação do óleo de *Copaifera reticulata* Ducke (Barbosa et al., 2019), confirma-se sua eficácia contra *Enterococcus faecium* e cepas resistentes de *Staphylococcus aureus* (MRSA). Tais estudos corroboram entre si, atribuindo principalmente a ação dos diterpenos no desempenho do potencial antimicrobiano ligado a espécie.

A *Copaifera langsdorffii* Desf são encontradas em territórios da África, e nas regiões de clima tropical e subtropical que são específicos da América do Sul, como por exemplo o Brasil. No Brasil, a espécie apresenta maior ocorrência nos estados do Pará e Amazonas, mas pode ser encontrada em outras regiões em que ela apresenta adaptações. O perfil fitoquímico desta espécie é diversificado, dispondo de metabólitos secundários associados a ação terapêutica da planta. Entre esses compostos bioativos, destacam-se os taninos, alcaloides, glicosídeos, flavonoides, monoterpenos, sesquiterpenos, saponinas e compostos fenólicos, além de esteróis e triterpenos. Em relação a ação antimicrobiana desta espécie os taninos e terpenos são os principais compostos bioativos associados a *Copaifera langsdorffii* Desf (Lisboa et al., 2018).

Em um estudo avaliando a ação da *Copaifera langsdorffii* Desf. no contexto odontológico, por Valadas et al. (2019), constatou-se que um verniz contendo óleo de *Copaifera langsdorffii* Desf. promoveu redução significativa de *Streptococcus mutans* na saliva de crianças, com maior efeito observado na formulação a 1%, reforçando o potencial uso do óleo na prevenção da cárie dentária. O uso do óleo de copaíba também apresentou resultados satisfatórios na formulação de pastas endodônticas à base de óleo de *Copaifera langsdorffii* de acordo com Dias et al. (2015), apresentando eficácia antimicrobiana contra microrganismos presentes na cavidade oral (ex, *Streptococcus mitis*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*). Reforçando a utilização da *Copaifera*

langsdorffii Desf. para fins odontológicos em relação ao potencial antimicrobiano atribuído a espécie evidenciada em ambos os estudos (Valadas et al., 2019; Dias et al., 2015). Reforça-se essa variabilidade de ação em microrganismos distintos ao analisarem a espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., destacando que sua composição varia significativamente entre as regiões brasileiras, impactando diretamente nas propriedades terapêuticas relatadas (Dias et al., 2015).

Também foi analisada a ação de diterpenos presentes na planta (ex, ácido polialtico e ácido caurenoico), observando-se que a presença desses grupos é crucial para a atividade contra *Enterococcus faecium* e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), atribuindo ação antimicrobiana positiva da *Copaifera reticulata* Ducke frente a microrganismos de grande relevância (Çiçek et al., 2020). Por fim, relatou-se atividade contra a bactéria *Helicobacter pylori* com óleo e extrato metanólico de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Governa; Biagi, 2019).

A *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae. Ocorre desde o médio Tapajós até a Amazônia Ocidental (Amazonas, Acre e Rondônia) e está presente também, nas regiões sul de Roraima e norte de Mato Grosso. Os metabólitos secundários sesquiterpenos e diterpenos também são frequentemente associados a essa espécie, principalmente o β -cariofileno e o ácido copálico. Esses constituintes químicos são conhecidos por conferirem diversas propriedades biológicas ao óleo, como atividade antimicrobiana, anti-inflamatória e analgésica (Mendonça; Onofre, 2009).

A espécie *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae demonstra efeito antimicrobiano frente a isolados multirresistentes de mastite bubalina, com Concentrações Bactericidas Mínimas (CBM) variando entre 3,12% e 25% contra *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e *Escherichia coli*. Com efeito antimicrobiano significativo frente as bactérias *Staphylococcus aureus*. Contudo, as bactérias *Klebsiella pneumoniae* e *Bacillus subtilis* se mostraram resistentes, indicando que a eficácia do óleo pode ser específica para determinados grupos bacterianos (Oliveira et al., 2020).

A espécie *Copaifera reticulata* Ducke foi recorrente entre os estudos analisados, estando presente em três dos nove trabalhos (Santos et al., 2020; Barbosa et al., 2019; Çiçek et al., 2020). Já a espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. foi identificada em três estudos (Valadas et al., 2019; Dias et al., 2015; Governa; Biagi, 2019), contudo, demonstrou atividade antimicrobiana moderada. Considerando a análise dos nove trabalhos, a *Copaifera reticulata* Ducke, mostrou-se a espécie com resultados mais promissores em relação a atividade antimicrobiana, seguida pela *Copaifera langsdorffii* Desf. A espécie *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae também apresentou grande potencial e atividade antibacteriana positiva, mesmo estando presente em apenas um trabalho analisado (Oliveira et al., 2020).

A grande variedade de espécies pertencentes ao gênero *Copaifera* spp. está diretamente relacionada à variação dos resultados obtidos, devido a diversidade de compostos bioativos presentes. Isso evidencia a necessidade de estudos que analisem de forma específica a composição e a ação de cada espécie individualmente, utilizando metodologias padronizadas, visando facilitar o entendimento dos resultados e garantir a reprodutibilidade das pesquisas. Compreender essas variáveis é fundamental para identificando as espécies mais promissoras, com perfis distintos de compostos bioativos, apoiando o desenvolvimento de estratégias direcionadas e sustentáveis para aplicações específicas (Tappin; Simões; Gosmann, 2004).

3.2. Bioeconomia associada às espécies de *Copaifera* spp

A biodiversidade é analisada sob a perspectiva da relação sociedade-natureza em diversos contextos socioeconômicos, apresentando tanto oportunidades quanto desafios para o desenvolvimento regional. A conversão dos recursos de biodiversidade em processos e produtos exige a incorporação de novos conhecimentos e abordagens inovadoras. Portanto, a integração de técnicas avançadas pode promover a utilização sustentável, ao mesmo tempo que a abordagem equilibrada é essencial para otimizar o potencial da biodiversidade (Barbosa et al., 2023).

O nome “copaíba” possui origem Tupi “Kupa `iwa”, e é utilizado para se referir a todas as espécies do gênero *copaifera*. Uma das primeiras menções a respeito do gênero foi feita pelos monges portugueses, em meados de 1625, ao escreverem sobre o Brasil e seus produtos. A descrição do gênero ressaltava que eram árvores de grande porte, retas, contendo uma grande quantidade de óleo em seu interior. As copaibeiras, nessa época já eram associadas a diversas funções e utilizadas de diferentes formas, que não se restringiam apenas ao seu uso medicinal. Assim como, o óleo-resina em seu interior também apresentava funções distintas. Contudo, suas funções curativas sempre foram o principal destaque na utilização da espécie (Lameira, 2023).

Atualmente diversos estudos ressaltam o potencial terapêutico associado ao óleo-resina das espécies de *copaifera*, entretanto, ainda há uma pequena parcela de artigos onde a identificação botânica da espécie é citada (Veiga Junior; Pinto, 2002). As espécies de copaíba apresentam grandes diferenças taxonômicas entre si, fator que está diretamente associado na disposição de suas características químicas, influenciando em sua ação farmacológica e toxicidade (Martins-da-Silva, Pereira e Lima, 2008).

Apesar do potencial presente no gênero *copaifera* ser reconhecido há séculos, estudos que analisem de forma criteriosa a caracterização química das espécies ainda apresentam uma carência significativa, principalmente em relação as espécies presentes na Amazônia brasileira. A Amazônia brasileira está presente em cinco estados, ocupando

uma grande área territorial do país de aproximadamente quatro milhões de km², que percorrem os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e em partes do estado do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins. Com grande variação territorial, também há diferenças entre clima, relevo e solos, com vegetação característica de Floresta Ombrófila Densa. Nove espécies de *copaifera* fazem parte desse bioma, sendo elas: *Copaifera duckei*, *C. glycyarpa*, *C. guyanensis*, *C. martii*, *C. multijuga*, *C. paupera*, *C. piresii*, *C. pubiflora* e *C. Reticulata* (Martins-da-Silva, Pereira e Lima, 2008).

No contexto de políticas públicas voltadas a bioeconomia, o Governo do Estado do Pará (2023) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2023), reforçam que o fortalecimento da cadeia produtiva do óleo de copaíba alinha-se as diretrizes do Plano de Bioeconomia da Amazônia Legal, onde o uso de produtos da biodiversidade com propósitos sociais, com o objetivo de impulsionar o mercado nacional e internacional, é uma temática amplamente discutida e incentivada.

Assim como a valorização de produtos não madeireiros, como o óleo de copaíba, exemplifica os bioproductos integrados à Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA). Essas iniciativas destacam a importância do uso sustentável dos recursos naturais, e reconhecem o papel fundamental das comunidades tradicionais nos esforços de conservação ambiental. Tais programas promovem incentivos econômicos alinhados à preservação ecológica, fomentam os meios de subsistência locais, ao mesmo tempo em que protegem a biodiversidade (Brasil, 2021).

A Lei nº 14.119/2021 discorre a respeito dessas práticas, e define a PNPSA como uma forma de incentivo a preservação dos ecossistemas, ao uso sustentável da vegetação nativa e à valorização de conhecimentos tradicionais, reconhecendo ações que promovam a manutenção, recuperação e melhoria dos ecossistemas e dos serviços ambientais, incluindo a valorização de práticas e saberes tradicionais (Brasil, 2021). Além disso, o artigo 4 inclui uma ressalva baseada na crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável:

§ 1º A PNPSA deverá integrar-se às demais políticas setoriais e ambientais, em especial à Política Nacional do Meio Ambiente, à Política Nacional da Biodiversidade, à Política Nacional de Recursos Hídricos, à Política Nacional sobre Mudança do Clima, à Política Nacional de Educação Ambiental, às normas sobre acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade e, ainda, ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e aos serviços de assistência técnica e extensão rural.

Desse modo, o uso sustentável das espécies de *Copaifera* spp. corrobora com as diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, estabelecida pelo Decreto nº 6.040/2007, promovendo o uso sustentável da floresta em pé e incentivando práticas produção baseadas nos conhecimentos tradicionais das comunidades amazônicas (Brasil, 2007).

A exploração do óleo de copaíba também está diretamente ligada a Lei nº 13.123/2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade, onde parte dos lucros deve ser repartida com a comunidade detentora do conhecimento, de forma justa e equitativa (Brasil, 2015):

Art. 17. Os benefícios resultantes da exploração econômica de produto acabado ou de material reprodutivo oriundo de acesso ao patrimônio genético de espécies encontradas em condições in situ ou ao conhecimento tradicional associado, ainda que produzido fora do País, serão repartidos, de forma justa e equitativa, sendo que no caso do produto acabado o componente do patrimônio genético ou do conhecimento tradicional associado deve ser um dos elementos principais de agregação de valor, em conformidade ao que estabelece esta Lei.

Os subsídios científicos fornecidos pelos trabalhos acadêmicos reforçam a capacidade antimicrobiana presente nas espécies do gênero *Copaifera* spp. assim como seu potencial na produção de bioprodutos, visando impulsionar a bioeconomia da Amazônia brasileira. As pesquisas científicas sobre as espécies de *Copaifera* destacam suas propriedades antimicrobianas e seu potencial para a produção de bioprodutos, visando impulsionar o desenvolvimento de iniciativas voltadas para a bioeconomia sustentável na Amazônia brasileira. Neste contexto, a integração entre academia, governo e indústria é fundamental para transformar conhecimentos científicos em aplicações práticas, com políticas inclusivas que envolvam as comunidades locais garantindo benefícios equitativos com a preservação da biodiversidade (Joly et al., 2019).

Desse modo, ao integrar o conhecimento tradicional à pesquisa científica, reconhecemos os usos medicinais de espécies de *Copaifera* spp. e de muitas outras espécies, que são conhecidos há séculos (Vasconcellos Sobrinho et al., 2024; Lameira, 2023; Veiga Junior; Pinto, 2002; Martins-da-Silva, Pereira e Lima, 2008). A implementação adequada das políticas públicas existentes pode promover avanços na bioeconomia, incentivando o desenvolvimento sustentável enquanto valoriza e reconhece o conhecimento das comunidades tradicionais (Joly et al., 2019)

4. CONCLUSÃO

A partir deste estudo, pode-se observar que o gênero *Copaifera* spp. apresentam potencial antimicrobiano promissor frente a microrganismos de grande relevância. A presente revisão sistemática evidenciou o potencial antimicrobiano de diferentes espécies de *Copaifera* spp., destacando a importância da correta identificação botânica nas pesquisas científicas.

Os resultados apontam não apenas a relevância terapêutica, mas também seu valor para a bioeconomia na Amazônia. Como perspectiva futura, espera-se alinhar o potencial econômico e terapêutico da espécie e as políticas públicas existentes, incentivando a

valorização dos conhecimentos tradicionais e a repartição justa de benefícios.

Portanto, o fomento de pesquisas que incentivem e analisem de forma detalhada a composição fitoquímica das espécies do gênero, com estudos detalhados que ressaltem seu potencial farmacológico é essencial. Dessa forma, tais avanços poderão impulsionar o uso sustentável da biodiversidade amazônica, consolidando o papel da *Copaifera* spp. como recurso estratégico para a bioeconomia regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) e ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) pelo suporte institucional, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro concedido ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. L. P.; WENZEL-STORJOHANN, A.; BARBOSA, J. D.; ZIDORN, C.; PEIFER, C.; TASDEMIR, D.; ÇIÇEK, S. S. Antimicrobial and cytotoxic effects of the *Copaifera reticulata* oleoresin and its main diterpene acids. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 233, p. 94-100, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.11.029>.
- BARBOSA, M. S.; DE LIMA, J. P. S.; LIMA, R. A. Contribuições da Educação Ambiental para a biodiversidade no Amazonas: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 194-210, 2023.
- BRASIL. Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. *Diário Oficial da União*, 8 fev. 2007. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm.
- BRASIL. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, proteção e repartição de benefícios. *Diário Oficial da União*, 21 maio 2015. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm.
- BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. *Diário Oficial da União*, 14 jan. 2021. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm.
- CARDINELLI, C. C.; SILVA, J. E. A.; RIBEIRO, R.; VEIGA-JUNIOR, V. F.; SANTOS, E. P.; FREITAS, Z. M. F. Toxicological effects of Copaiba oil (*Copaifera* spp.) and its active components. *Plants*, v. 12, n. 5, p. 1054, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12051054>.
- ÇIÇEK, S. S.; WENZEL-STORJOHANN, A.; GIRRESER, U.; TASDEMIR, D. Biological activities of two major copaiba diterpenoids and their semi-synthetic derivatives. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 30, n. 1, p. 18-27, 2020. <https://doi.org/10.1007/s43450-020-00002-y>.
- COSTA, A. S.; LAMEIRA, O. A. Estudo fitoquímico do oleorresina extraído da *Copaifera reticulata* Ducke (Leguminosae-Caesalpinioideae) em uma área de manejo sustentável. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, e154101622305, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.22305>.
- DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R.

Revisão sistemática: noções gerais. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342011000500033>.

DIAS, F. G.; CASEMIRO, L. A.; MARTINS, C. H. G.; DIAS, L. G. G.; PEREIRA, L. F.; NISHIMURA, L. T.; et al. Endodontic pastes formulated with copaiba oil: action on oral microbiota and dentin bridge formation in dogs. Ciência Rural, v. 45, n. 6, p. 1073-1078, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141284>.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742014000100018>.

GOVERNA, P.; BIAGI, M. *Copaifera langsdorffii* Desf.: in vitro investigation on anti-Helicobacter pylori and anti-inflammatory activities of oleoresin and fruit methanolic extract. Plant Biosystems, v. 154, n. 1, p. 117-124, 2020. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1578284>.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. Plano Estadual de Bioeconomia do Pará – PlanBio PA. Belém: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), 2023. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/01/Plano-Estadual-V9_pg-simple-2-1.pdf.

JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; BUSTAMANTE, M.; GADDA, T. M. C.; METZGER, J. P. W.; SEIXAS, C. S.; et al. Brazilian assessment on biodiversity and ecosystem services: summary for policy makers. Biota Neotropica, v. 19, n. 4, e20190865, 2019. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0865>.

LAMEIRA, O. A. L232C Copaíba (*Copaifera* spp.). Piracanjuba (GO): Editora Conhecimento Livre, 2023. <https://doi.org/10.37423/2023.edcl678>.

LISBOA, A. J. M.; QUEIROZ, F. J. G.; GIOTTO, A. C.; SANTOS, J. F.; SILVA, K. C. Análises fitoquímicas de *Copaifera langsdorffii* Desf. Revista REvisa, v. 7, n. 3, p. 208-213, 2018. Disponível em: <https://rdcsa.emnuvens.com.br/revista/article/view/711>.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, H. C. O gênero *Copaifera* (Leguminosae - Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. Rodriguésia, v. 59, n. 3, p. 455-476, 2008. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200859304>.

MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo resina produzido pela copaíba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 19, n. 2B, p. 577-581, 2009. <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/QpyHqrzYx7XB7yDqcPnYpRc/>.

OLIVEIRA, D. F. F.; NASCIMENTO, T. P.; RODRIGUES, C. H.; BATISTA, J. M. S.; LIU, T. P. S. L.; MEDEIROS, E. S.; MOTA, R. A.; COSTA, R. M. P. B.; PORTO, T. S.; PORTO, C. S.; PORTO, A. L. F. Antimicrobial potential of Copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae) against bubaline mastitis multiresistant isolates. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 92, n. 4, e20200521, 2020. <https://doi.org/10.1590/0001-37652020200521>.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Mapeamento de negócios da bioeconomia na Amazônia. Brasília: PNUD Brasil, 2023. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/202310/mapeamento_de_negocios_da_bioeconomia_da_amazonia.pdf.

SANTOS, D. G.; CASTRO, V. S.; CONTE JUNIOR, C.; PINTO, A. C.; UEKANE, T. M.; REZENDE, C. M. *Copaifera reticulata*: caracterização química e atividade bactericida frente a patógenos de alimentos. Revista Virtual de Química, v. 12, n. 2, p. 474-491, 2020. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200038>.

TAPPIN, M. R. R.; SIMÕES, C. M. O.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Análise química quantitativa para a padronização do óleo de copaíba por cromatografia em fase gasosa de alta resolução. Química Nova, v. 27, n. 2, p. 236-240, 2004.

VALADAS, L. A. R.; GURGEL, M. F.; MORORÓ, J. M.; FONSECA, S. G. C.; FONTELES, C. S. R.; CARVALHO, C. B. M.; et al. Dose-response evaluation of a copaiba-containing varnish against *Streptococcus mutans* *in vivo*. Saudi Pharmaceutical Journal, v. 27, n. 3, p. 363-367, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2018.12.003>.

VASCONCELLOS SOBRINHO, M.; PAES-DE-SOUZA, M.; VASCONCELLOS, A. M. A.; GARCÍA-SERRANO, I.; MORAN, E. F. Bioeconomy and innovative and sustainable business in the context of natural resource management and confrontation of climate change in the Amazon. Revista de Administração Contemporânea, v. 28, n. 6, e240378, 2024. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2024240378.en>.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. Química Nova, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

WILLERDING, A. L.; SILVA, L. R. D.; SILVA, R. P. D.; ASSIS, G. M. O.; PAULA, E. V. C. M. Estratégias para o desenvolvimento da bioeconomia no estado do Amazonas. Estudos Avançados, v. 34, n. 98, p. 145-166, 2020. <https://www.scielo.br/j/ea/a/4ChztvwXPcSWGsCWddcvF3F/?lang=pt>.

CAPÍTULO 03. Potencial bactericida do óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* Desf. e de duas marcas comerciais como alternativa sustentável aos antimicrobianos convencionais no setor agropecuário.

Allyne Ribeiro Felicio Miranda¹, Janaína Paolucci Sales de Lima²

¹Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, Amazonas, Brasil.

E-mail: allyneribeirofelicio@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-2567-0190>

²Pós-Doutora em Zootecnia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

E-mail: paolucci@ufam.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3771-3891>

RESUMO

O bioma Amazônia, reconhecido por sua biodiversidade, é fonte de recursos naturais essenciais para a saúde, cultura e economia local. Entre esses recursos, o óleo-de-copaíba, extraído das Copaibeiras, tem atraído crescente interesse científico. Diante do aumento da resistência antimicrobiana, que compromete o uso de antibióticos convencionais na saúde animal, o óleo-de-copaíba surge como uma solução natural e sustentável, alinhada às demandas por práticas mais ecológicas. O presente estudo teve como objetivo investigar as propriedades antimicrobianas *in vitro* do óleo-de-copaíba frente as bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. A avaliação do potencial antimicrobiano foi realizada em dois produtos comercializados no município de Humaitá/AM, e no óleo-resina (*Copaifera langsdorffii* Desf.) coletado na Fazenda Experimental da UFAM, Manaus/AM. As concentrações analisadas foram 200, 100, 50, 25, 10, 5 e 0 µL/mL. Os dois produtos comercializados não apresentaram atividade antimicrobiana. O óleo-resina inibiu o crescimento de *Escherichia coli* nas concentrações de 200, 100 e 50 µL/mL, e nas concentrações de 200, 100, 50, 25 e 10 µL/mL inibiu o crescimento de *Salmonella* spp. Conclui-se que, o óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* é uma alternativa promissora aos antimicrobianos convencionais utilizados no setor agropecuário, além de incentivar o desenvolvimento e uso de fitoterápicos voltados à saúde animal.

Palavras-chave: Saúde animal. Resistência antimicrobiana. Terapias alternativas. Biodiversidade. Bioprodutos.

ABSTRACT

The Amazon biome, recognized for its biodiversity, is a source of essential natural resources for local health, culture, and economy. Among these resources, copaiba oil, extracted from *Copaibeiras*, has attracted increasing scientific interest. Faced with the rise of antimicrobial resistance, which compromises the use of conventional antibiotics in animal health, copaiba oil emerges as a natural and sustainable solution, aligned with demands for more eco-friendly practices. This study aimed to investigate the *in vitro* antimicrobial properties of copaiba oil against the bacteria *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. The antimicrobial potential was evaluated in two products marketed in the municipality of Humaitá/AM, and in the resin oil (*Copaifera langsdorffii* Desf.) collected from the UFAM Experimental Farm, Manaus/AM. The analyzed concentrations were 200, 100, 50, 25, 10, 5, and 0 $\mu\text{L mL}^{-1}$. The two commercial products showed no antimicrobial activity. The resin oil inhibited the growth of *Escherichia coli* at concentrations of 200, 100, and 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$, and at concentrations of 200, 100, 50, 25, and 10 $\mu\text{L mL}^{-1}$, it inhibited the growth of *Salmonella* spp. It is concluded that *Copaifera langsdorffii* resin oil is a promising alternative to conventional antimicrobials used in the agricultural sector, in addition to encouraging the development and use of phytotherapeutics aimed at animal health.

Keywords: Animal health. Antimicrobial resistance. Alternative therapies. Biodiversity. Bioproducts.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia representa um dos mais ricos ecossistemas do planeta, desempenhando um papel crucial na manutenção da biodiversidade global. A biodiversidade da sua flora é um reflexo de uma das principais dinâmicas que sustenta essa região, tornando-a uma fonte inestimável de recursos naturais (Portilho et al., 2024).

Nesse contexto, destaca-se uma espécie, a Copaíba, apresentando-se como um exemplo notável de uma planta cujas propriedades têm sido reconhecidas e valorizadas historicamente pelas populações locais da Amazônia (Marcovitch, 2022). Estudos sugerem que o óleo obtido da espécie de *Copaifera langsdorffii*, apresenta atividade antimicrobiana significativa, podendo ser de grande valor para a medicina (Sarges et al., 2025).

No âmbito do setor agropecuário o uso de terapias naturais pode trazer benefícios significativos para o cuidado da saúde animal, especialmente diante dos desafios contínuos relacionados a doenças e infecções que impactam tanto a saúde animal quanto a produtividade (Sandy, 2024). Nesse contexto, produtos fitoterápicos, apresentam-se como alternativas naturais e sustentáveis aos medicamentos alopáticos convencionais, oferecendo soluções que não apenas auxiliam na prevenção e tratamento de doenças, mas também contribuem para a redução de insumos químicos sintéticos (Molento et al., 2020).

A resistência antimicrobiana tem se destacado como uma ameaça crescente à saúde animal, comprometendo a eficácia dos tratamentos convencionais e dificultando o controle de infecções no setor agropecuário (Santos et al., 2025). Outro fator significativo é a crescente conscientização dos consumidores em relação a práticas de produção sustentáveis e consumo de produtos livres de insumos químicos, aumentando a procura por produtos mais sustentáveis e saudáveis (Kenny et al., 2023)

Diante desse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o potencial antimicrobiano do óleo de copaíba, de modo a verificar sua aplicabilidade como alternativa terapêutica no setor agropecuário. A pesquisa permitiu investigar as propriedades desse recurso natural, gerando subsídios científicos para o desenvolvimento de bioprodutos mais sustentáveis. Desse modo, os resultados obtidos, contribuem para o avanço do científico sobre o uso do óleo de copaíba no controle de patógenos no agronegócio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta do Óleo-resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e aquisição das marcas comerciais e das cepas bacterianas

No município de Humaitá, AM foi realizada a aquisição de duas marcas comerciais de óleo de copaíba. Na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP), localizada no km 38 da rodovia BR-174 (Área rural de Manaus; 2°38'59.3"S 60°03'11.4"W) foi realizada a extração do óleo-resina da espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. (Figura 1; 9:00h; temperatura ambiente de 31 °C; UR 66%) no tronco da árvore (altura 1,30 m do solo) por perfuração manual com trado metálico (diâmetro de 1 polegada), conforme recomendação de Alencar (1982).

As cepas bacterianas utilizadas nos ensaios foram *Escherichia coli* NEWP 0039, correspondente a cepa de referência ATCC 8739, e *Salmonella Typhimurium* NEWP 0028, correspondente a ATCC 14028, ambas adquiridas da empresa NewProv. As cepas foram fornecidas em discos, sendo cinco discos de cada espécie, conforme os códigos de identificação 18911 para *E. coli* e 21341 para *S. Typhimurium*.



Figura 1. Extração do óleo-resina *Copaifera langsdorffii* Desf. na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas. **A.** Óleo-resina extraído; **B.** Copaibeira

Realizou-se o preparo de soluções estoque em 1 mL de DMSO (Dimetilsufóxido) para cada um dos três óleos analisados. Posteriormente, realizou-se o preparo de solução uso, resultando nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 10 e 5 $\mu\text{L/mL}$ de óleo de copaíba em BHI (*Brain Heart Infusion*).

2.2. Análise microbiológica

Para a realização dos testes microbiológicos foram utilizados isolados de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp., inoculados em caldo TSB (*Tryptic Soy Broth*), e incubados em estufa bacteriológica (37 °C por aproximadamente 4 h) até obtenção de cultura em fase ativa de crescimento. A partir das diluições seriada em TBS (de 10^{-1} até 10^{-6} em tubos de ensaio), procedeu-se à semeadura em placas de Petri (meio *Mueller-Hinton*). A incubação foi definida a uma temperatura controlada de 37 °C pelo período de 24 horas, condição ideal para o crescimento da maioria dos microrganismos, permitindo que as células viáveis formassem colônias visíveis, encerrando assim a fase de inoculação e preparando as amostras para a contagem e análise.

A placa correspondente a concentração de 10^{-5} , foi determinada para utilização no teste microbiológico, obtendo-se 134 colônias para *E. coli* (Figura 2) e 139 colônias para

Salmonella spp. (Figura 3). Com esses valores foi possível calcular a concentração de unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL). A partir dos cálculos ajustou-se o inóculo para uma concentração aproximada de 5×10^5 UFC/mL, chegando-se aos volumes de 3,7 μ L de suspensão de *E. coli* e 2,6 μ L de suspensão de *Salmonella* em cada poço.

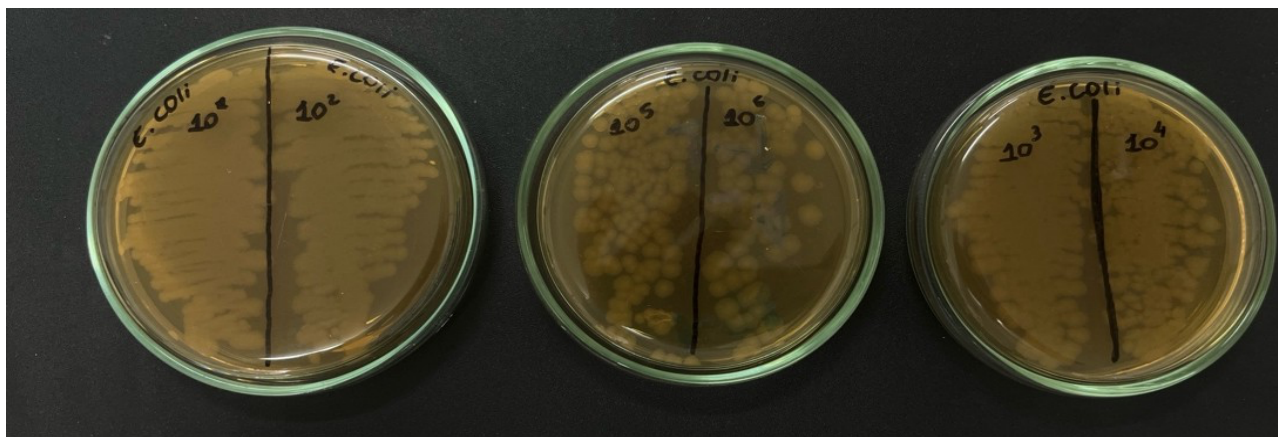


Figura 2. Placas inoculadas com diluição seriada de *Escherichia coli*.



Figura 3. Placas inoculadas com diluição seriada de *Salmonella* spp.

Todas as concentrações 200, 100, 50, 25, 10 e 5 μ L/mL, juntamente com a controle (sem inclusão do óleo) foram plaqueadas em triplicata em seus meios de cultura correspondentes para cada microrganismo analisado, e para cada um dos três óleos objeto de estudo. Utilizou-se 100 μ L do conteúdo de cada microtúbulo, e com o auxílio da alça de inoculação realizou-se semeadura do material de forma uniforme em cada placa. Após esse processo as placas foram levadas para estufa bacteriológica (37° por 24 horas, *overnight*).

2.3. Análise estatística

A análise estatística descritiva foi empregada para sintetizar e apresentar os resultados da atividade antibacteriana do óleo-resina de copaíba e das amostras comerciais frente as bactérias testadas. Considerando a natureza qualitativa, definida pela presença ou ausência de crescimento bacteriano nas placas de cultivo, os dados obtidos foram inicialmente categorizados de acordo com a ocorrência de atividade antibacteriana

(ausência de crescimento) ou inatividade antibacteriana (presença de crescimento), conforme os critérios de avaliação microbiológica descritos por Santos (2016). Posteriormente, os resultados foram organizados em tabelas de contingência utilizando o software Microsoft Excel, considerando as diferentes concentrações avaliadas e os respectivos grupos experimentais.

A variabilidade observada entre as triplicatas foi descrita por meio de frequências absolutas (n) e frequências relativas (%), calculadas para cada concentração testada, conforme recomendado para a apresentação de variáveis qualitativas em análises descritivas (REIS; REIS, 2002). Essa abordagem permitiu quantificar a ocorrência de atividade e inatividade antibacteriana, a comparar a resposta dos diferentes tratamentos frente aos microrganismos avaliados. Os resultados foram apresentados de forma descritiva em tabelas e figuras, possibilitando a visualização da distribuição das respostas observadas em cada experimento.

3. RESULTADOS

No teste microbiológico com *Escherichia coli*, as amostras comerciais não apresentaram efeito inibitório em nenhuma das concentrações avaliadas, resultando em frequência de 100% de inatividade (n = 18). Em todas as concentrações testadas (200, 100, 50, 25, 10 e 5 µL/mL), foi observado crescimento bacteriano contínuo (Tabela 3; Figura 4). Em contrapartida, o óleo-resina apresentou atividade antibacteriana nas concentrações de 200, 100 e 50 µL/mL, correspondendo a uma frequência de atividade de 50% (n = 9), enquanto nas concentrações de 25, 10 e 5 µL/mL foi observado crescimento bacteriano. Dessa forma, a concentração inibitória mínima (CIM) do óleo-resina para *Escherichia coli* foi determinada em 50 µL/mL (Tabela 3; Figura 4).

Para *Salmonella spp.*, as amostras comerciais também não demonstraram atividade antibacteriana, apresentando frequência de 100% de inatividade (n = 18), com crescimento bacteriano contínuo em todas as concentrações avaliadas (Tabela 3; Figura 5). O óleo-resina apresentou atividade antibacteriana nas concentrações de 200, 100, 50, 25 e 10 µL/mL, correspondendo a uma frequência de atividade de 83% (n = 15), sendo observado crescimento bacteriano apenas na concentração de 5 µL/mL. A concentração inibitória mínima (CIM) do óleo-resina para *Salmonella spp.* foi estabelecida em 10 µL/mL (Tabela 3; Figura 5).

Tabela 3. Avaliação do potencial antimicrobiano do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) frente a *Escherichia coli*

Amostras	<i>Escherichia coli</i>							<i>Salmonella</i> spp.						
	Concentração (µL/mL)*							Concentração (µL/mL)*						
	200	100	50	25	10	5	0	200	100	50	25	10	5	0
Comercial 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Comercial 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Óleo-resina	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+

*(+) crescimento bacteriano; (-) inibição bacteriana.

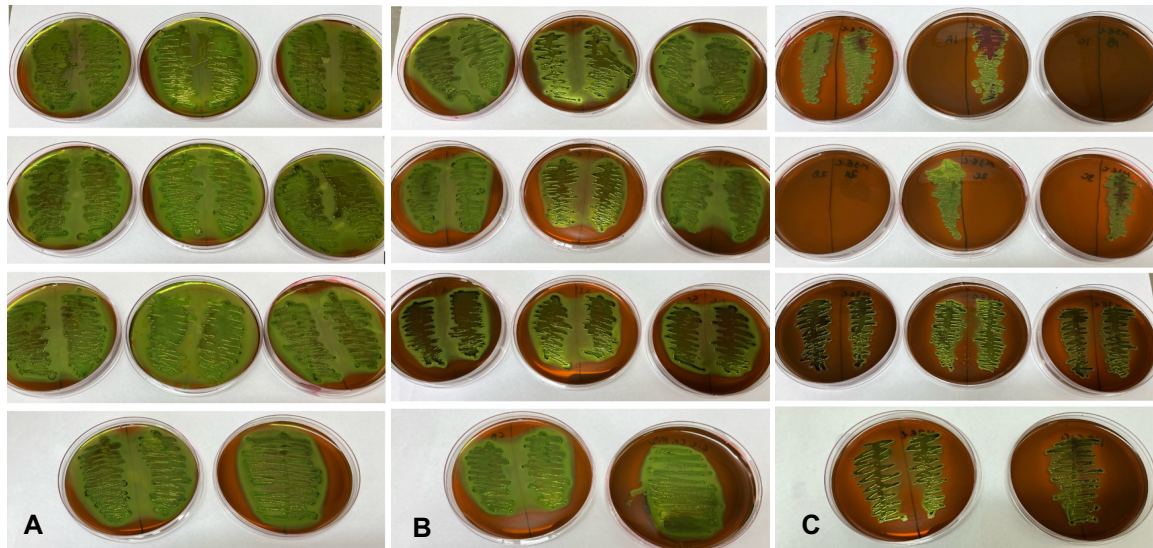


Figura 4. Plaqueamento de *Escherichia coli* em meio Ágar Levine (EMB – Eosina Azul de Metileno) com tratamento de óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 10, 5 e 0 µL/mL, em triplicata. **A.** Amostra comercial 1; **B.** Amostra comercial 2; **C.** Óleo-resina.

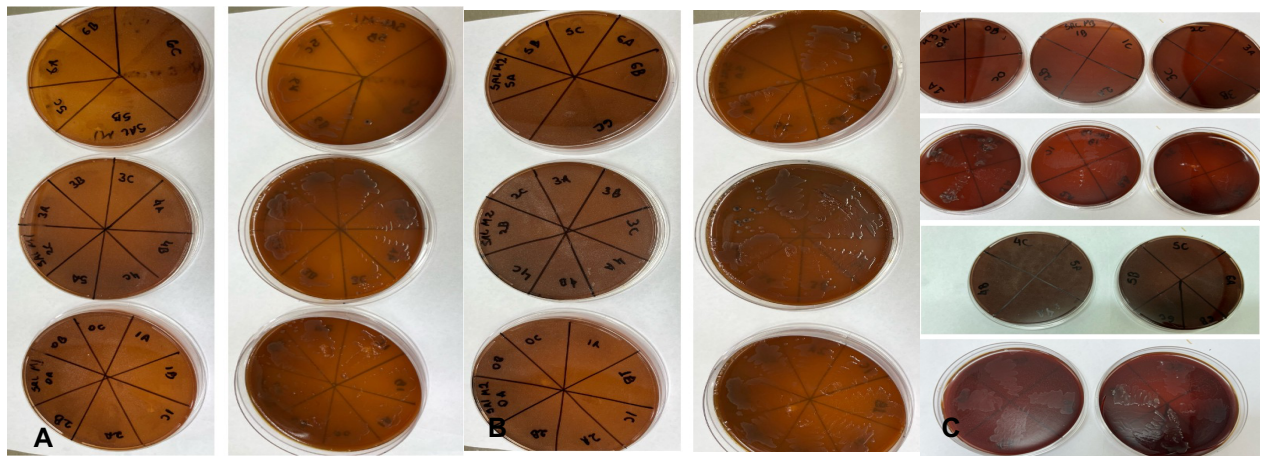


Figura 5. Plaqueamento de *Salmonella* spp. em meio Ágar Sangue com tratamento de óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 10, 5 e 0 µL/mL, em triplicata. **A.** Amostra comercial 1; **B.** Amostra comercial 2; **C.** Óleo-resina.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa revelaram dados de grande relevância sobre a eficácia do óleo de *Copaifera langsdorffii* no combate a bactérias afetam o setor agropecuário de forma significativa. Através da análise comparativa dos óleos testados, foi possível observar a diferença entre as amostras comerciais e o óleo extraído diretamente da

floresta amazônica frente as cepas bacterianas de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp., demonstrando que as características fitoquímicas das amostras influenciam diretamente sua atividade antimicrobiana. Rodrigues et al. (2020) observaram que o B-cariofileno é o principal sesquiterpeno presente no óleo-resina de copaíba e ressaltaram que a atividade biológica do óleo está relacionada a ação conjunta dos diferentes compostos presentes em sua composição.

Nesse contexto, Frazão et al. (2023) destacam que variações na composição química entre as espécies, regiões de coleta e condições ambientais podem resultar em diferenças significativas nos biocompostos das espécies de copaíba, incluindo sua atividade antimicrobiana. Além disso, Cardinelli et al. (2023) demonstraram que os terpenos presentes no óleo-resina são responsáveis pelo potencial bacteriostático e bactericida, reforçando a relação entre a composição química e a eficácia observada. Dessa forma, os resultados encontrados nesta pesquisa corroboram entre si e sugerem que diferenças no perfil fitoquímico dos óleos avaliados podem explicar as variações observadas na inibição dos microrganismos testados.

O óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* coletado diretamente da floresta Amazônica utilizado neste estudo apresentou atividade bactericida frente a *Escherichia coli* nas concentrações de 200, 100 e 50 uL/mL, enquanto as amostras comerciais não apresentaram efeito inibitório significativo. Resultados divergentes foram observados por Moura et al. (2025), que destacaram que o aumento da concentração do óleo não foi suficiente para comprovar efeito bactericida frente a cepas de *Escherichia coli*. De forma distinta aos resultados obtidos no presente estudo que apresentaram inibição visual do crescimento bacteriano nas maiores concentrações testadas. Corroborando com os achados de Marchioro Pereira et al. (2018) que destacam que o óleo-resina em seu estado mais puro tendem a apresentar maior atividade antimicrobiana, devido a preservação de compostos bioativos.

Mendonça e Onofre (2009) também já observavam essa característica, em um estudo menos recente, ao verificarem que a ação do óleo-resina estava diretamente relacionada a concentração utilizada, relatando maior halo de inibição para o óleo-resina puro e redução da atividade antimicrobiana a partir da diluição do óleo. Outro fato importante destacado por Lima et al. (2020), é a importância do controle de qualidade dos óleos de copaíba, evidenciando que as alterações no processamento, armazenamento ou comercialização podem comprometer as características do produto. Nesse contexto, a melhor resposta observada no óleo-resina extraído diretamente da floresta amazônica, analisado nesta pesquisa, mostra que a preservação dos compostos bioativos do óleo-resina contribuiu para uma ação antibacteriana com melhor resultado quando comparada aos produtos comercializados também analisados.

Segundo Ribeiro (2026), a *Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa,

pertencente à família Enterobacteriaceae, e apresenta forma de bacilos, com metabolismo facultativo anaeróbio. Ela está presente no trato gastrointestinal de animais e humanos e, também é um indicador de contaminação fecal e das condições de higiene sanitária dos alimentos. Ela se destaca por ser um agente causador de infecções e por sua capacidade de adquirir mecanismos de resistência antimicrobiana, fazendo com que essa espécie represente uma preocupação crescente para a saúde pública e para produção animal, onde cepas *Escherichia coli* frequentemente encontradas em alimentos de origem animal como carnes, leite e seus derivados. Seu controle é feito principalmente com medidas de biossegurança, higienização das instalações e uso racional de antimicrobianos. Costa (2022) destaca que a presença de *Escherichia coli* pode resultar em prejuízos econômicos relacionados a redução da produtividade, condenação de produtos, além do aumento dos custos para o seu controle.

Desse modo, os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram que o óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* apresenta potencial significativo como alternativa natural para o controle de patógenos. Principalmente devido a crescente preocupação com a resistência antimicrobiana, considerada atualmente um dos principais desafios para a saúde pública e também animal. Nesse contexto, Pereira Filho et al. (2024) destacam que produtos naturais tem se tornado uma alternativa viável devido a presença de compostos bioativos que são capazes de atuar frente a diferentes espécies de microrganismos.

Em relação à *Salmonella* spp., observou-se que as amostras comerciais de *Copaifera langsdorffii* não apresentaram atividade inibitória em nenhuma das concentrações avaliadas, resultado semelhante ao encontrado por Sitowski et al. (2025), que também não verificaram atividade antibacteriana do óleo essencial de copaíba frente a *Salmonella* spp. Entretanto, esse resultado foi distinto para o óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* coletado da Floresta Amazônica, que apresentou inibição do crescimento bacteriano nas concentrações de 200, 100, 50, 25 e 10 uL/mL, ocorrendo crescimento apenas na concentração de 5 uL/mL. Dessa forma, enquanto os resultados obtidos para as amostras comerciais corroboram os achados de Sitowski et al. (2025), o óleo-resina amazônico demonstrou atividade antimicrobiana significativa.

Silva et al. (2024), também observaram resultados positivos no uso do óleo de copaíba frente a diferentes espécies de *salmonella* spp. (*Salmonella infantis* e *Salmonella Heidelberg*). Os autores verificaram atividade bacteriostática do óleo, com a formação de halos de inibição do crescimento bacteriano, contudo, os achados sugerem uma ação inibitória mais discreta, divergindo da presente pesquisa onde o potencial antimicrobiano apresenta inibição do crescimento de *Salmonella* spp. em praticamente todas as concentrações avaliadas para o óleo-resina coletado da floresta amazônica.

Em outro estudo o efeito antimicrobiano do óleo de copaíba também foram descritos

por Santos et al. (2020), observando atividade bactericida frente a microrganismos de relevância sanitária, os autores relatam também variações na suscetibilidade entre os microrganismos avaliados, semelhante aos resultados obtidos no presente estudo. Desse modo, os achados desta pesquisa se alinham aos resultados descritos por Santos et al. (2020), reforçando o potencial da copaíba como fonte de compostos bioativos no desenvolvimento de alternativas naturais para o controle microbiológico no setor agropecuário.

A *Salmonella* spp. pertence a família Enterobacteriaceae e é caracterizada como um bacilo Gram-negativo, anaeróbio facultativo, é um microrganismo que está presente no trato gastrointestinal de diversos animais, principalmente de aves, e possui alta capacidade de se disseminar rapidamente. De acordo com Brito e Desterro (2026), a transmissão pode envolver diferentes vias de contaminação e, além disso, a bactéria apresenta capacidade de formar biofilmes, característica que contribui para sua resistência no ambiente e dificulta sua eliminação por procedimentos de limpeza comuns. Essas características tornam a *Salmonella* spp. um dos principais patógenos de interesse para a saúde pública e para a produção animal.

A *Salmonella* spp. também está relacionada a impactos econômicos significativos por conta da contaminação de alimentos de origem animal. Silva et al. (2022) destacam que a salmonelose está entre as principais doenças transmitidas por alimentos, devido ao consumo de carnes, ovos e leite e derivados contaminados. Nesse contexto, medidas que visam garantir a higiene e segurança dos produtos tem sido utilizadas para reduzir a disseminação desse patógeno como mencionado por Silva et al. (2025) em seus estudos.

Desse modo, os resultados observados levantam a hipótese de que o perfil fitoquímico do óleo-resina extraído diretamente da floresta possa estar associado a maior concentração de metabólitos secundários bioativos, contribuindo para sua atividade antimicrobiana superior. Como descrito por Santos et al. (2022), a composição fitoquímica do óleo-resina de copaíba é composta por sesquiterpenos e diterpenos, compostos responsáveis por diversas atividades farmacológicas, principalmente antimicrobianas. Entre os sesquiterpenos, destacam-se o B-cariofileno e o B-bisaboleno, frequentemente apontados como os principais responsáveis pelas propriedades do óleo. Já entre os diterpenos, o ácido copálico apresenta ação contra diferentes microrganismos patogênicos, atuando principalmente por meio da desorganização da membrana celular bacteriana e alteração da permeabilidade celular, resultando em morte bacteriana. De acordo com os autores a composição química do óleo-resina de copaíba pode variar entre espécies, fatores ambientais, como clima, tipo de solo, sazonalidade e localização geográfica.

Essa hipótese é reforçada pelos resultados encontrados na revisão sistemática realizada no Capítulo 2 desta dissertação, na qual foi observado que diferentes espécies do gênero *Copaifera* apresentam níveis distintos de atividade antimicrobiana, sendo *Copaifera*

reticulata uma das espécies com melhores resultados descritos na literatura. Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com os resultados apresentados na revisão bibliográfica de que a atividade antimicrobiana da copaíba está diretamente ligada ao seu perfil fitoquímico.

5. CONCLUSÃO

O óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* apresentou atividade antimicrobiana *in vitro* frente a *Escherichia coli* nas concentrações de 200 até 50 µL/mL, e frente a *Salmonella* spp. nas concentrações de 200 até 10 µL/mL. O óleo-resina de *Copaifera langsdorffii* possui potencial relevante frente a bactérias de interesse agropecuário, especialmente diante do crescente cenário de resistência antimicrobiana associado ao uso indiscriminado de antibióticos convencionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) e ao Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) pelo suporte institucional, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro concedido ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne - Leguminosae, na Amazônia Central. 3. Distribuição espacial da regeneração natural pré-existente. *Acta Amazonica*, v. 14, n. 1-2, p. 255-279, 1984. DOI: 10.1590/1809-43921984142279.
- BONFIM, S. A. Análise e autenticidade de óleos de copaíba (*Copaifera* spp.), cumaru (*Dipteryx odorata*), pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius*) e pimenta preta (*Piper nigrum*). 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1843/1468>.
- BRITO, D. A. P.; DESTERRO, J. C. A. Desafios da sanidade avícola: ocorrência de *Salmonella enterica* em granjas maranhenses. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 1-14, 2026. DOI: 10.55905/oelv24n4-020.
- CARDINELLI, C. C.; SILVA, J. E. A.; RIBEIRO, R.; VEIGA-JUNIOR, V. F.; SANTOS, E. P.; FREITAS, Z. M. F. Toxicological effects of copaiba oil (*Copaifera* spp.) and its active components. *Plants*, v. 12, n. 5, p. 1054, 2023. DOI: 10.3390/plants12051054.
- COSTA, L. R. M. Influência dos sistemas de produção animal na presença de cepas patogênicas de *Escherichia coli* na cadeia produtiva da carne bovina. 2022. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/216832>.
- FRAZÃO, D. R.; CRUZ, J. N.; OLIVEIRA, M. S.; BAIA-DA-SILVA, D. C.; NAZÁRIO, R. M. F.; RODRIGUES, M. F. L.; SAITO, M. T.; SOUZA-RODRIGUES, R. D.; LIMA, R. R. Evaluation of the biological activities of copaiba (*Copaifera* spp.): a comprehensive review

based on scientometric analysis. *Frontiers in Pharmacology*, v. 14, p. 1215437, 2023. DOI: 10.3389/fphar.2023.1215437.

KENNY, T. A.; WOODSIDE, J. V.; PERRY, I. J.; HARRINGTON, J. M. Consumer attitudes and behaviors toward more sustainable diets: a scoping review. *Nutrition Reviews*, v. 81, n. 12, p. 1665-1679, 2023. DOI: 10.1093/nutrit/nuad033.

LIMA, M. C. F.; CAVALCANTE, S. F. A.; WIEDEMANN, L. S. M.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Caracterização e controle de qualidade de óleos de copaíba (*Copaifera* sp.) utilizando detecção de marcadores por fator de retenção relativa em HPTLC. *Química Nova*, v. 43, n. 7, p. 878-883, 2020. DOI: 10.21577/0100-4042.20170563.

MARCOVITCH, J. A gestão da Amazônia: ações empresariais, políticas públicas, estudos e propostas. São Paulo: Edusp, 2011. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002179730>.

MAURMANN, N.; LUND, D. G.; PEREIRA, D. P.; PRANKE, P. Avaliação da composição química de um óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) e seu efeito em células-tronco mesenquimais. *Revista de Medicina*, São Paulo, v. 101, n. 5, e185868, 2022. DOI: 10.11606/issn.1679-9836.v101i5e-185868.

MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaíba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 2B, p. 577-581, 2009. DOI: 10.1590/S0102-695X2009000400012.

MOLENTO, M. B.; CHAABAN, A.; GOMES, E. N.; SANTOS, V. M. C. S.; MAURER, J. B. B. Plant extract used for the control of endo and ectoparasites of livestock: a review of the last 13 years of science. *Archives of Veterinary Science*, v. 25, n. 4, p. 1-27, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/347257213_PLANT_EXTRACTS_USED_FOR_THE_CONTROL_OF_ENDO_AND_ECTOPARASITES_OF_LIVESTOCK_A_REVIEW_OF_THE_LAST_13_YEARS_OF_SCIENCE.

MARCHIORO PEREIRA, N. C.; MARISCAL, A. G.; PINHEIRO DE CARVALHO NEPOCENO, K. L.; SILVA, V. C. R.; FERNANDES, H. M.; VIVI, V. K. Atividade antimicrobiana do óleo-resina de copaíba natural/comercial contra cepas padrão. *Journal Health NPEPS*, v. 3, n. 2, p. 527-539, 2018. DOI: 10.30681/25261010.

MOURA, F. N. L. de; ROOS, T. B.; SANTOS, N. da S.; MORAES, C. M. de; RAMOS, M. M.; LIMA, J. S.; PINTO, M. D. 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/3706/2477>.

PEREIRA FILHO, J. L.; MARTINS, J. B.; FRANÇA, É. B. F.; SANTIAGO, I. S.; OLIVEIRA, F. S. Produtos naturais como agentes antibacterianos contra *Staphylococcus aureus*: uma revisão dos mecanismos de ação. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, v. 5, n. 3, 2024. DOI: 10.51161/infectocon2024/40914.

PORTILHO, J.; BARBOSA, L. S. Inovação social e gestão para o desenvolvimento na Amazônia: uma revisão sistemática da literatura. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2024. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3673>.

REIS, E. A.; REIS, I. A. Análise descritiva de dados. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. Disponível em: <https://www.est.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2023/01/RTE-02-2002.pdf>.

RIBEIRO, L. F. Resistência antimicrobiana em isolados de *Escherichia coli* em alimentos de origem animal: uma revisão bibliográfica. *Elo Veterinário*, Monte Carmelo, v. 1, n. 1, p.

1-9, 2026. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/elo-veterinario/article/view/4308>.

RODRIGUES, G. M.; FILGUEIRAS, C. T.; GARCIA, V. A. D. S.; CARVALHO, R. A.; VELASCO, J. I.; FAKHOURI, F. M. Antimicrobial activity and GC-MS profile of copaiba oil for incorporation into Xanthosoma mafaffa Schott starch-based films. *Polymers*, v. 12, n. 12, p. 2883, 2020. DOI: 10.3390/polym12122883.

SANDY, G. B. N.; DIAS, L. B. dos S.; SOARES, L. S. O poder impactante da agropecuária para a saúde única: uma revisão. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 18, n. 4, p. 1-6, 2024. DOI: 10.5935/1981-2965.20240028.

SANTOS, D. G.; CASTRO, V. S.; CONTE JUNIOR, C. A.; PINTO, A. C.; UEKANE, T. M.; REZENDE, C. M. Copaifera reticulata: caracterização química e atividade bactericida frente a patógenos encontrados em alimentos. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 2, p. 474-491, 2020. DOI: 10.21577/1984-6835.20200038.

SANTOS, J. M. da S.; LEITE, A. L. T.; LINHARES, M. L.; FERREIRA, M. L. B.; ARAÚJO, B. L. F. de; LACERDA, M. F.; PAULINO, V. E. D. F.; OLIVEIRA, J. E. M. de; NASCIMENTO, S. B. do; VIEIRA, V. D. Uso indiscriminado de antibióticos na medicina veterinária e os impactos na saúde única. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n. 3, p. 1656-1672, 2025. DOI: 10.36557/2674-8169.2025v7n3p1656-1672. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/5500>.

SANTOS, M. M. S. Atividade antimicrobiana in vitro de extratos de plantas medicinais sobre patógenos de origem alimentar (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella Typhimurium*). 2016. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Palmas, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/289>.

SARGES, N. C. S.; SILVA, A.; SANTOS, I. R. A. dos; BARROS, W. B.; MARINHO, Y. F.; LOPES, Y. V. de A.; MACHADO, A. M. B.; DIAS, J. A. R. In vitro evaluation of antibacterial activity of phytobiotics against pathogenic bacteria in continental aquaculture. *Ciência Animal Brasileira*, v. 26, e79128, 2025. DOI: 10.1590/1809-6891v26e-79128E.

SILVA, A. T. da; PAIXÃO, C. G. da; OLIVEIRA, J. S.; DIAS, M. de A.; GÓES, P. Investigação da presença de *Salmonella* spp. em ovos comercializados na região de São Paulo. *PUBVET*, Maringá, v. 19, n. 9, e1832, p. 1-8, 2025. DOI: 10.31533/pubvet.v19n09e1832.

SILVA, E. L. B. da; SOUZA, J. T.; LUZ, K. S. da S.; SANTOS, B. S. dos; VÉRAS, I. V. U. M.; SILVA, J. B. A. da. Análise microbiológica de *Salmonella* sp. em carne bovina e de frango comercializadas em Mossoró-RN. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, e537111134003, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.34003.

SILVA, F. L.; SILVA, B. H. O.; COSTA, R. E.; NASCIMENTO, K. M.; FILHO, S. T. S.; OLIVEIRA, A. C. Atividade antibacteriana de óleos essenciais e funcionais sobre bactérias gram-negativas causadoras de doenças na avicultura. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 12, e8183, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n12-109.

SITOWSKI, A.; RIBEIRO, G. A.; MURPHY, E. J.; FEHRENBACH, G. W. Antibacterial potential of essential oils against *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in minimally processed foods. *Bacteria*, v. 4, n. 2, p. 20, 2025. DOI: 10.3390/bacteria4020020.