

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS- *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Emilly Pereira Dos Santos

**POTENCIAL DE EXTRATOS FENÓLICOS DE CASCAS DE *Piptadenia gonoacantha*
NO CONTROLE *IN VITRO* DE *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov.**

São João Evangelista

2026

EMILLY PEREIRA DOS SANTOS

**POTENCIAL DE EXTRATOS FENÓLICOS DE CASCAS DE *Piptadenia gonoacantha*
NO CONTROLE *IN VITRO* DE *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dr Caroline Junqueira Sartori

São João Evangelista

2026

S237p Santos, Emilly Pereira dos.

Potencial de extratos fenólicos de cascas de *Piptadenia gonoacantha* no controle in vitro de *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov./ Emilly Pereira dos Santos– 2026.
31f.: il.

Orientador: Dra. Caroline Junqueira Sartori.

Coorientadora: Dra. Natália Risso Fonseca.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2025.

1. Eucalipto. 2. Metabólitos secundários vegetais. 3. Mancha bacteriana de eucalipto. I. Santos, Emilly Pereira dos. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 634.973


Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Emilly Pereira dos Santos


**POTENCIAL DE EXTRATOS FENÓLICOS DE CASCAS DE *Piptadenia gonoacantha*
NO CONTROLE *IN VITRO* DE *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.


Aprovado em: 11 / 02 / 2026 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **CAROLINE JUNQUEIRA SARTORI**
Data: 12/02/2026 09:48:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Caroline Junqueira Sartori – IFMG *campus* São João Evangelista (Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 **NATALIA RISSO FONSECA**
Data: 11/02/2026 20:21:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Natália Risso Fonseca – IFMG *campus* São João Evangelista (Coorientadora)

Documento assinado digitalmente
 **BRUNO OLIVEIRA LAFETA**
Data: 11/02/2026 20:30:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá – IFMG *campus* São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo de toda essa caminhada.

Ao meu pai, Kleber (in memoriam), que mesmo não estando fisicamente presente, segue sendo minha maior inspiração. Seus ensinamentos, seu exemplo e o amor que sempre me dedicou foram essenciais para que eu nunca desistisse dos meus sonhos. Esta conquista também é sua.

À minha mãe, Maria Elizabete, meu alicerce e minha maior apoiadora. Obrigada por todo o esforço, dedicação e amor incondicional. Foi você quem me sustentou não apenas financeiramente, mas principalmente emocionalmente, acreditando em mim até nos momentos em que eu mesma duvidei. Essa vitória é nossa.

Às minhas irmãs, Heloisa e Millena, pelo companheirismo, incentivo e por estarem sempre ao meu lado, compartilhando cada desafio e cada conquista.

Aos meus amigos, que tornaram essa jornada mais leve, oferecendo apoio, palavras de motivação e compreensão nos momentos de ausência.

Às minhas professoras, Caroline Junqueira e Natália Risso, pela orientação, dedicação e pelos ensinamentos compartilhados ao longo da elaboração deste trabalho. Agradeço pela paciência, apoio e por contribuírem de forma tão significativa para a minha formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista por todas as oportunidades concedidas ao longo dessa trajetória, expresse meu orgulho em fazer parte dessa instituição. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

O gênero *Xanthomonas* é um grupo de bactérias que podem causar danos significativos às plantas, incluindo o eucalipto, especialmente na etapa de produção de mudas. As infecções por *Xanthomonas spp.* em eucalipto ocorrem principalmente na fase de viveiro, onde condições de alta umidade favorecem a disseminação da bactéria. O manejo preventivo baseia-se no controle da irrigação, uso de cobertura do viveiro, espaçamento adequado entre mudas, esterilização de materiais e eliminação de plantas e resíduos contaminados, reduzindo a fonte de inóculo e a propagação da doença. O tratamento com produtos químicos pode ser uma opção, mas deve ser realizado com cautela para minimizar impactos ambientais e garantir a eficácia no controle da doença. Diante do exposto, este projeto teve como objetivo analisar o potencial de compostos fenólicos na inibição do crescimento de *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov. Cascas de *Piptadenia gonoacantha* foram submetidas à secagem ao ar livre, trituração e peneiramento. O processo extrativo empregou etanol 50%, acetona 50% e água como solventes. A quantificação dos fenóis foi realizada pelos métodos colorimétrico de Folin-Denis e gravimétrico. Os extratos foram liofilizados e os compostos fenólicos dissolvidos em água destilada nas concentrações de 10, 20, 30, 40 e 50 mg/mL. A sensibilidade da bactéria foi avaliada por meio de antibiograma, utilizando a técnica de difusão em disco, sendo utilizado rifamicina sódica como controle positivo. O extrato em acetona 50% apresentou o maior rendimento em sólidos (25,40%), seguida pelo etanol 50% (22,70%), enquanto a água resultou em menor rendimento (17,04%), evidenciando a maior eficiência dos solventes orgânicos na extração dos compostos de interesse. Do mesmo modo, a quantificação de fenóis totais evidenciou altas concentrações desses compostos, confirmando a eficácia do método empregado, especialmente nos extratos obtidos com etanol 50% (2,12%) e acetona 50% (2,06%), a água apresentou menor teor de fenóis totais (1,04%). Os extratos fenólicos não apresentaram atividade antimicrobiana frente à *X. citri* pv. *eucalyptorum* nas concentrações testadas. Em contrapartida, o controle positivo com antibiótico confirmou a adequação metodológica do ensaio.

Palavras-chave: Eucalipto. Metabólitos secundários vegetais. Mancha bacteriana de eucalipto.

ABSTRACT

The genus *Xanthomonas* is a group of bacteria that can cause significant damage to plants, including eucalyptus, especially during the seedling production stage. *Xanthomonas* spp. infections in eucalyptus occur mainly in the nursery phase, where high humidity conditions favor the spread of the bacteria. Preventive management is based on irrigation control, use of nursery cover, adequate spacing between seedlings, sterilization of materials, and elimination of contaminated plants and waste, reducing the inoculum source and the spread of the disease. Treatment with chemical products may be an option, but it must be carried out with caution to minimize environmental impacts and ensure effectiveness in disease control. Therefore, this project aimed to analyze the potential of phenolic compounds in inhibiting the growth of *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov. *Piptadenia gonoacantha* bark was subjected to air drying, grinding, and sieving. The extraction process employed 50% ethanol, 50% acetone, and water as solvents. Phenol quantification was performed using the Folin-Denis colorimetric and gravimetric methods. The extracts were lyophilized, and the phenolic compounds were dissolved in distilled water at concentrations of 10, 20, 30, 40, and 50 mg/mL. Bacterial sensitivity was evaluated by means of an antibiogram using the disk diffusion technique, with sodium rifampicin as a positive control. The 50% acetone extract showed the highest solids yield (25.40%), followed by 50% ethanol (22.70%), while water resulted in the lowest yield (17.04%), demonstrating the greater efficiency of organic solvents in extracting the compounds of interest. Similarly, the quantification of total phenols showed high concentrations of these compounds, confirming the effectiveness of the method used, especially in the extracts obtained with 50% ethanol (2.12%) and 50% acetone (2.06%), while water showed a lower total phenol content (1.04%). The phenolic extracts did not show antimicrobial activity against *X. citri* pv. *eucalyptorum* at the tested concentrations. In contrast, the positive control with antibiotic confirmed the methodological adequacy of the assay.

Keywords: Eucalyptus. Plant secondary metabolites. Bacterial blight of eucalyptus.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Rendimento em sólidos (%) dos extratos de cascas de Piptadenia gonoacantha	22
Tabela 2 - Teor de fenóis totais nos extratos de Piptadenia gonoacantha pelo método de Folin-Denis.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Crescimento do isolado bacteriano em placa de petri com extratos fenólicos de <i>Piptadenia gonoacantha</i>	25
Figura 2 - Crescimento do isolado bacteriano em placa de petri contendo o antibiótico Rifamicina sódica como controle positivo.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Produção de mudas de eucalipto	12
2.2 Mancha bacteriana do eucalipto – <i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>eucalyptorum</i> comb. nov.....	13
2.3 Metabólitos secundários	14
2.4 Piptadenia gonoacantha.....	16
3 METODOLOGIA	18
3.1 Obtenção de metabólitos secundários de <i>Piptadenia gonoacantha</i>	18
3.1.1 Coleta e preparo do material	18
3.1.2 Dosamento de fenóis totais por método colorimétrico.....	18
3.1.3 Quantificação de fenóis totais pelo método gravimétrico.....	19
3.1.4 Avaliação de atividade antimicrobiana de extratos de <i>P. Gonoacantha</i>.....	20
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, várias doenças de origem fúngica e bacteriana acometem a cultura do eucalipto em condições de viveiro e campo, causando sérios prejuízos à produção (ALFENAS *et al.*, 2009). Entre as doenças bacterianas de maior importância para a cultura, a mancha bacteriana do eucalipto causada, predominantemente, pela espécie *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov. é uma das principais doenças em viveiros de produção de mudas clonais, podendo causar danos significativos em materiais genéticos suscetíveis sob condições favoráveis (GONÇALVES *et al.*, 2008; FERRAZ *et al.*, 2018; FERRAZ *et al.*, 2023). Estudos recentes de caracterização molecular e filogenética demonstraram que o agente bacteriano anteriormente denominado *Xanthomonas axonopodis* pv. *eucalyptorum* foi reclassificado para *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum*, refletindo avanços na taxonomia do gênero e maior precisão na identificação das espécies associadas ao eucalipto (FERRAZ *et al.*, 2024)

O manejo da mancha bacteriana, atualmente, envolve diferentes estratégias visando reduzir as fontes de inóculo e evitar as condições favoráveis à infecção. Entre as medidas de manejo mais comumente empregadas estão o uso de brotações saudáveis, esterilização de materiais e ferramentas de produção, uso de clones com certo grau de resistência a doença, eliminação de plantas e restos culturais contaminados, além de evitar o molhamento foliar pela irrigação por aspersão e chuva através da cobertura do viveiro, prática eficaz, porém onerosa, o que se torna inviável a muitos produtores (ALFENAS *et al.*, 2009). Além disso, estudos recentes também apontam a utilização de clones com maior grau de resistência, bem como o emprego de agentes biológicos ou substâncias com potencial antimicrobiano, como alternativas que podem reduzir a incidência e a severidade da bactéria (MARFUNGah *et al.*, 2024). Contudo, a incidência da doença é bastante recorrente em período de chuva. Diante disso torna-se necessário a adoção de medidas adicionais para o manejo da doença.

As plantas são uma fonte rica de compostos bioativos que apresentam diversas propriedades medicinais e nutricionais. Dentre esses compostos, destacam-se os compostos fenólicos, que são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas e antimicrobianas, sendo nas cascas, encontrados em maiores concentrações.

Dentre os compostos fenólicos, os taninos são os mais abundantes, estão associados à defesa das plantas contra patógenos e herbívoros e são quimicamente classificados como taninos hidrolisáveis e taninos condensados (PIZZI, 2019). Os taninos vegetais, devido à sua composição química, possuem potencial para utilização na produção de

adesivos naturais para madeira (ARAÚJO *et al.*, 2021) os quais podem ser substitutos de resinas sintéticas, na produção de espumas de isolamento (BASSO *et al.*, 2014; SANTIAGO-MEDINA *et al.*, 2018), no tratamento de água (LEIVISK; SANTOS, 2023), bem como na indústria farmacêutica, cosméticos e alimentos devido às suas propriedades antimicrobianas (MAISETTA *et al.*, 2019), capacidades antioxidantes (CHERUBIM *et al.*, 2020) e efeitos anticancerígenos (CAI *et al.*, 2017).

Cascas de espécies florestais demonstraram capacidade de inibir o crescimento de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, como *Streptococcus mutans*, *Streptococcus oralis*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium jeikeium*, *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* e *Proteus vulgaris* (UCELLA-FILHO, *et al.*, 2022). Estudos foram realizados com extratos de folhas de Nim (*Azadirachta indica*) (SHARMA *et al.*, 2019), em que os autores avaliaram o potencial do extrato de folhas de Nim no controle da ferrugem das folhas do trigo. Ucella Filho, 2024 avaliaram o uso de extratos fenólicos de cascas de espécies florestais no controle de doenças bacterianas causadoras de doenças em seres humanos.

Nos últimos anos tem verificado um crescimento na preocupação com os efeitos adversos dos produtos químicos sintéticos no meio ambiente, na saúde humana e na qualidade dos alimentos. Sendo assim, o uso de produtos naturais no controle de doenças de plantas desempenha um papel crucial na promoção da saúde vegetal e na sustentabilidade do setor.

Estudos analisando o potencial de extratos fenólicos em bactérias fitopatogênicas são escassos, e além da escassez de estudos sobre o uso do controle alternativo no manejo de doenças na cultura do eucalipto, em especial utilizando extratos fenólicos, o projeto tem como objetivo geral avaliar a sensibilidade *in vitro* da fitobactéria *X. citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov. aos compostos bioativos de cascas de *Piptadenia gonoacantha*, a fim de fornecer novas informações sobre o assunto e, potencialmente, embasar a incorporação desses agentes antimicrobianos aos programas de manejo integrado da doença nos viveiros de produção de eucalipto.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Produção de mudas de eucalipto

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania, possuindo mais de 700 espécies reconhecidas botanicamente. Dentro do mesmo gênero, a especificidade físico-química das espécies de eucalipto são tão distintas e diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades como estacas, mourões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e partículas, compensados, movelaria, geração de energia, medicamentos a partir de seus óleos essenciais, entre outros (EMBRAPA, 2017).

O eucalipto, abrangendo 76% da área plantada no Brasil, permanece como a espécie mais cultivada, totalizando 7,6 milhões de hectares. Os plantios de eucalipto estão localizados, principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, com destaque para Minas Gerais (29%), Mato Grosso Sul (15%) e São Paulo (13%). A produtividade do eucalipto no Brasil foi estimada em 32,7 m³/ha/ano (com casca), com uma duração média do ciclo de 6,7 anos. A dispersão dos dados foi de 22%. O estado com a menor produtividade média registrou 20 m³/ha/ano, enquanto o estado com a maior produtividade média alcançou 41,1 m³/ha/ano (IBÁ, 2024).

Os viveiros de produção propagativa de eucalipto, locais com condições ótimas para o enraizamento das estacas e desenvolvimento das mudas, foram um importante passo para estabelecimento e expansão da cultura no país. Em contrapartida, os viveiros também oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento e reprodução de diversos microrganismo fitopatogênicos. A abundância de água, condições de alta umidade relativa do ar, necessárias produções, somadas a temperaturas amenas a elevadas, proximidade entre mudas e o cultivo contínuo da mesma espécie ou clone, são fatores que predisõem o aparecimento e desenvolvimento de doenças de origem biótica (HOPPE; BRUN, 2004).

Dentre os principais patógenos no viveiro podemos citar os fungos *Cylindrocladium* spp. *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* e *Quambalaria eucalypti*, os quais podem causar uma ou mais doenças em condição de viveiro. Entre as bacterioses de importância econômica nessa condição destacam-se as espécies *Xanthomonas axonopodis* e *Ralstonia solanacearum* causadoras da mancha bacteriana e da murcha bacteriana, respectivamente (ALFENAS et al 2009).

1.2 Mancha bacteriana do eucalipto – *Xanthomonas citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov.

Dentre os patógenos, a espécie recentemente renomeada *X. citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov. (= *X. axonopodis* pv. *eucalyptorum* pv. nov.), agente causal predominante da mancha bacteriana do eucalipto, apresenta-se como uma enfermidade de alta relevância na produção de mudas do eucalipto (FERRAZ *et al.*, 2018; FERRAZ *et al.*, 2023).

A sintomatologia característica da infecção é dada por manchas angulares com aspecto encharcado e translúcido (anasarca), podendo estar acompanhando a nervura principal, distribuídas aleatoriamente e com tamanhos diferentes ao longo do limbo ou nas margens da folha. Com o progresso da doença, as lesões tornam-se ressecadas e necróticas, tendendo a cor amarronzada, dando um aspecto de queima, podendo a folha abortar as regiões em que houve infecção, havendo assim a presença de orifícios no limbo foliar. Adicionalmente, a doença pode provocar desfolha precoce e redução no crescimento das plantas, comprometendo o desenvolvimento e a qualidade das mudas. (GONÇALVES, 2003). Para seu diagnóstico preciso e necessário exame laboratorial com o auxílio de microscópio ótico, onde é possível observar através do teste de exsudação em gota, a liberação de pus bacteriano que emanam a partir dos tecidos lesionados (ALFENAS *et al.*, 2009).

Atualmente, entre as doenças que afetam a parte aérea do eucalipto, a mancha foliar e a desfolha de origem bacteriana destacam-se por sua frequência e severidade em diferentes regiões produtoras do Brasil (ALFENAS *et al.*, 2004; GONÇALVES, 2003). Essas enfermidades têm sido registradas há várias décadas, evidenciando a importância dos patógenos bacterianos na fitossanidade dessa cultura. Os primeiros relatos de doenças bacterianas em eucalipto remontam à década de 1970, quando foi descrita, na Austrália, a ocorrência de seca de ponteiros em *Corymbia citriodora*, associada a bactérias do gênero *Xanthomonas* (TRUMAN, 1974; DYE, 1978).

No Brasil, o registro inicial ocorreu em 1995, em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em viveiro na região de Itapetininga, São Paulo, sendo o problema atribuído a *Pseudomonas cichorii* (POMELLA *et al.*, 1995). Posteriormente, outros estudos relataram a associação de diferentes bactérias a sintomas semelhantes em eucalipto, incluindo espécies de *Xanthomonas* e *Erwinia*, tanto em viveiros quanto em condições de campo, demonstrando a diversidade de agentes envolvidos nesse complexo de doenças (REIS *et al.*, 1996; MASCHIO *et al.*, 1997; ALFENAS *et al.*, 2001; GONÇALVES *et al.*, 2001; FERREIRA; MILANI, 2002). Em viveiros, a ocorrência da doença costuma ser mais intensa em mudas submetidas à

irrigação por aspersão, uma vez que a presença de água livre na superfície foliar favorece a dispersão, a multiplicação e a penetração das bactérias. A água desempenha papel fundamental nesse processo, pois esses microrganismos dependem da umidade para se deslocarem e infectarem os tecidos, geralmente por meio de aberturas naturais, como os estômatos (ROMEIRO, 1995; BEATTIE et al., 1999). A suscetibilidade das plantas também pode variar de acordo com a idade dos tecidos, sendo observado que folhas mais velhas tendem a apresentar maior predisposição ao desenvolvimento da bacteriose foliar em *Eucalyptus* spp. (NEVES et al., 2005).

O manejo da mancha bacteriana envolve diferentes estratégias que visam a redução das fontes de inóculo e as condições favoráveis a infecção. Entre as medidas de manejo recomendadas, incluem-se a remoção de folhas e plantas doentes, evitar o molhamento foliar através da implementação de cobertura do viveiro, utilização de materiais e ferramentas de produção livres de contaminação e multiplicação de clones suscetíveis apenas em épocas desfavoráveis a infecção (ALFENAS et al., 2009). Uma das práticas mais eficientes consiste em evitar o molhamento, porém por se tratar de uma medida de alto custo, por exigir irrigação por gotejamento ou subirrigação e cobertura de todas as fases de produção, não é amplamente empregada por todos os viveiros.

1.3 Metabólitos secundários

De acordo com Taiz e Zeiger (2006), os vegetais são produtores de componentes orgânicos que são divididos em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários possuem função estrutural, no armazenamento de energia, entre outros, já os metabólitos secundários não estão relacionados diretamente com o desenvolvimento e crescimento da planta. Os metabólitos secundários são compostos naturais produzidos em plantas, altamente específicos e desempenham um papel importante na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos. Geralmente estão relacionados à proteção contra estresses abióticos e bióticos, além de possuírem valores nutricionais e farmacológicos importantes para a nutrição humana, além de poderem ser utilizados como aditivos aromáticos e corantes (BORGES, AMORIM, 2020).

Existem três grupos de metabólitos secundários, sendo eles, terpenos, compostos fenólicos e alcaloides. Os terpenos são feitos a partir do ácido mevalônico no citoplasma ou do piruvato e 3-fosfoglicerato no cloroplasto. Os compostos fenólicos são derivados do ácido chiquímico ou ácido mevalônico. Enquanto os alcalóides são derivados de aminoácidos

aromáticos que são derivados do ácido chiquímico, e também de aminoácidos alifáticos (PÉREZ, 2009).

A época de coleta do material vegetal é um dos fatores de maior importância, pois a quantidade e, às vezes, até mesmo a natureza dos constituintes ativos não é constante durante o ano. São relatadas variações sazonais no conteúdo de praticamente todas as classes de metabólitos secundários (GOBBO-NETO, LOPES, 2007).

Segundo Kreis *et al.* (2017), a sazonalidade, ritmo circadiano, disponibilidade hídrica e de nutrientes, temperatura, radiação ultravioleta, altitude, reações por estímulos mecânicos ou ataque de patógenos, são fatores ambientais que interferem na quantidade de metabólitos nos vegetais. Gobbo-Neto e Lopes (2007), com base em uma revisão de diversos estudos, relataram que praticamente todas as classes de metabólitos secundários podem apresentar variações sazonais, incluindo lactonas, ácidos fenólicos, óleos essenciais, flavonoides, saponinas, cumarinas, taninos, graxas epicuticulares, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos e iridóides. Os autores também destacaram que fatores como o estágio de desenvolvimento e o órgão vegetal analisado influenciam a quantidade total de metabólitos produzidos pelas plantas. Em estudo realizado por Jacobson (2005), as espécies *Stryphnodendron adstringens* e *S. polyphyllum* apresentaram maiores produção de fenóis e taninos na época chuvosa.

Ucella Filho *et al.* (2022) investigaram os efeitos antimicrobianos de extratos ricos em taninos provenientes da casca de espécies lenhosas nativas, como *Anacardium occidentale* e *Stryphnodendron adstringens*, observando sua capacidade de inibir o crescimento de diversas bactérias patogênicas, incluindo cepas Gram-positivas e Gram-negativas. Além disso, os autores destacaram as propriedades antioxidantes e anticancerígenas desses compostos, associando-os à defesa natural das plantas contra patógenos e estresses oxidativos.

Soares *et al.* (2024) avaliou a eficácia *in vitro* de óleos essenciais de *Melaleuca alternifolia* (tea tree), *Copaifera officinalis* (copaíba) e *Cymbopogon* spp. (capim-limão) contra *X. citri* pv. *eucaliptorum*. A sensibilidade bacteriana foi testada por meio de antibiogramas com diferentes concentrações dos óleos, visando identificar sua capacidade de inibir o crescimento bacteriano. O óleo de copaíba não apresentou atividade inibitória, enquanto os óleos de tea tree e capim-limão demonstraram efeitos promissores contra o patógeno, sugerindo seu potencial no controle de doenças bacterianas.

Araújo *et al.* (2019) observaram que os óleos essenciais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) e erva-cidreira (*Melissa officinalis*) demonstraram eficácia na inibição do crescimento de *Xanthomonas* spp. em condições *in vitro*, quando aplicados nas

concentrações de 100% e 10%. Além disso, os óleos essenciais, quando aplicados em intervalos de três e seis dias em plantas de tomate, resultaram em uma redução significativa na severidade da mancha bacteriana, indicando seu potencial no controle da doença.

Mirzaei-Najafgholi *et al.* (2017), avaliaram a eficácia dos óleos essenciais (OEs) de diversas cultivares de citros, como *Citrus aurantium* e *C. aurantifolia*, no controle do cancro bacteriano cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*). A pesquisa identificou os principais constituintes antibacterianos dos OEs, como citral, linalol, citronelal, geraniol, α -terpineol e acetato de linalil, e avaliou sua atividade contra a bactéria por meio de testes de difusão em disco e microdiluição. Os resultados sugeriram que esses OEs e seus constituintes apresentam propriedades antibacterianas promissoras, com destaque para o efeito de *C. aurantifolia* e o citral. Além disso, observou-se que os constituintes apresentaram efeitos sinérgicos e causaram danos significativos à parede celular e à densidade citoplasmática das células bacterianas.

Gomes *et al.* (2022), investigaram a composição química e a atividade antimicrobiana do óleo essencial extraído das folhas de *Aniba duckei* por hidrodestilação. A pesquisa revelou que o linalol é o principal componente do óleo, seguido por outros constituintes como α -terpineol, α -copaeno e α -guaiano. Em relação à atividade biológica, o óleo apresentou fortes efeitos antimicrobianos, com halos de inibição significativos contra os microrganismos testados, sugerindo seu potencial como agente antimicrobiano. Tais achados reforçam o potencial terapêutico dos compostos fenólicos, sugerindo que a exploração de espécies vegetais locais, como a *P. gonoacantha*, pode oferecer novas alternativas para o controle de doenças bacterianas, como a causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *eucalyptorum*, patógeno responsável por importantes prejuízos à cultura do eucalipto.

2.4 Piptadenia gonoacantha

A espécie *P. gonoacantha*, conhecida popularmente como pau jacaré, pertence à família Mimosaceae. É uma espécie pioneira de rápido crescimento considerada indispensável nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente degradadas (LORENZI, 2002). Seu tronco possui cristas acueladas por toda sua extensão e suas cascas possuem espessura de até 5 mm. Naturalmente é encontrada nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e do Mato Grosso do Sul estendendo-se até Santa Catarina. Atinge altura de 10-20 m, com tronco de até 30-40 cm de diâmetro (CARVALHO, 2004).

A madeira de *P. gonoacantha* é considerada moderadamente pesada, sendo a

preferida, entre as espécies nativas, para produção de carvão e queima direta, por sua facilidade em entrar em combustão (MARQUES *et al*, 2009). De acordo com Carvalho (1994), sua madeira é utilizada para diversos fins como embalagens, construção civil, armação de móveis, miolos de portas, painéis, acabamentos internos e produção de carvão.

Além de sua relevância ecológica e econômica, a investigação de espécies nativas como *Piptadenia gonoacantha* também se destaca pelo seu potencial terapêutico. Estudos fitoquímicos têm evidenciado a presença de diferentes classes de compostos bioativos na espécie, com ênfase nos metabólitos fenólicos, além de terpenoides e flavonoides, substâncias associadas a importantes atividades biológicas (CARVALHO *et al.*, 2010). Análises químicas realizadas com *Piptadenia gonoacantha* evidenciaram a presença de diversos constituintes bioativos, com destaque para compostos fenólicos totais, flavonoides, taninos, cumarinas e antraquinonas, identificados por meio de técnicas espectrais e quantificação de fenóis totais. Os extratos também apresentaram atividades biológicas expressivas, incluindo ação antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* e atividade anti-inflamatória, indicando relevante potencial terapêutico e farmacológico (CARVALHO, 2012).

2 METODOLOGIA

2.1 Obtenção de metabólitos secundários de *Piptadenia gonoacantha*

3.1.1 Coleta e preparo do material

Foram coletadas cascas de nove indivíduos de *P. gonoacantha*, em abril de 2024, em áreas remanescente de Mata Atlântica, localizadas no Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* São João Evangelista. A remoção do material ocorreu até a altura de 1,70 metros do solo, por questões de logística, com o máximo de cuidado para não atingir o câmbio vascular.

As cascas apresentaram aproximadamente 10 cm de comprimento e 3 cm de largura, sendo obtidas de maneira a não circundar completamente o fuste das árvores e a preservar o câmbio vascular. Após a coleta, o material foi acondicionado para secagem em laboratório de Tecnologia da madeira sem influência do sol, em temperatura ambiente por uma semana. Posteriormente, as amostras passaram por moagem em moinho de facas do tipo Wiley e por classificação granulométrica utilizando peneiras de 40 e 60 mesh, sendo selecionadas aquelas retidas na peneira de 60 mesh. Na sequência, a umidade das amostras, em base seca, foi determinada por método gravimétrico, conforme descrito na Equação 1.

$$U_{bs} = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad Eq. 1$$

Onde:

U_{bs} = teor de umidade em base seca (%);

Mu = massa úmida (g);

Ms = massa de matéria seca (g).

3.1.2 Dosamento de fenóis totais por método colorimétrico

Para a extração dos fenóis, empregaram-se 10 g de cascas secas e moídas, que foram distribuídas em frascos distintos, sendo cada porção destinada a um solvente específico. Em cada frasco, adicionaram-se 100 mL de etanol 50% (v/v), 100 mL de acetona 50% (v/v) e 100 mL de água, de modo que cada solvente entrou em contato com 10 g de material vegetal. As amostras permaneceram em maceração a frio, sob agitação contínua por 24 horas, seguindo a metodologia descrita por Castro et al. (2009), com modificações. Todas as extrações foram realizadas em duplicata.

Para a quantificação de fenóis totais, foi realizado o método de Folin-Denis. A curva de calibração foi elaborada a partir das leituras de absorvância de soluções padrão de ácido tânico (100 mg/1000 mL), em alíquotas de 0,02; 0,04; 0,08; 0,12; 0,16; 0,20; 0,24 mL, em tubos de ensaio. A esses volumes, acrescentaram-se quantidades decrescentes de água destilada 1,68; 1,66; 1,62; 1,58; 1,54; 1,5; e 1,48 mL, respectivamente, 0,1 mL da solução de Folin-Denis, 0,2 mL da solução de carbonato de sódio saturado (Na_2CO_3), totalizando 2 mL por tubo. Para que a reação ocorra, aguardou-se o período de 30 minutos, seguido da obtenção das leituras em espectrofotômetro UV/VIS IL 593. As leituras ocorreram em triplicata.

Para a quantificação de fenóis totais, transferiram-se 0,04 mL do extrato bruto para tubos de ensaio, aos quais foram incorporados 1,66 mL de água destilada, 0,1 mL de reagente Folin-Denis, 0,2 mL de solução saturada de carbonato de sódio, resultando na formação de uma coloração azul. Após 30 minutos, procedeu-se à determinação da absorvância em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 760 nm.

3.1.3 Quantificação de fenóis totais pelo método gravimétrico

Após a extração, o material que permaneceu em maceração a frio foi submetido à filtração a vácuo em funil de vidro sinterizado de porosidade nº 2 e o material retido foi levado para estufa a 102 ± 3 °C para secagem e determinação do rendimento em material extraído. Será obtido o rendimento em sólidos (RS, %), que corresponde à porcentagem de material extraído em relação à massa seca inicial, calculado conforme a Equação 2.

$$RS = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100 \quad Eq. 2$$

Em que:

RS: Rendimento em sólidos (%);

M1: massa seca correspondente a 10g (g);

M2: massa seca após extração e filtragem (g).

Rendimento em sólidos (%);

M1: massa seca correspondente a 10 g (g);

M2: massa seca após extração e filtragem (g).

Posteriormente, os extratos foram transferidos para balões de vidro de 250 mL e

encaminhados para o departamento de química da Universidade Federal de Lavras e submetidos à evaporação gradual em chapa de aquecimento e, posteriormente, transformados em pó pelo processo de liofilização

3.1.4 Avaliação de atividade antimicrobiana de extratos de *P. Gonoacantha*

A avaliação do potencial antimicrobiano dos extratos fenólicos obtidos foi conduzida no Laboratório de Fitopatologia do IFMG, *campus* São João Evangelista.

Para o ensaio foi utilizado o isolado BSC 475 de *X. citri* pv. *eucalyptorum* comb. nov., obtido a partir de folhas doentes de eucalipto coletadas no sul da Bahia (GONÇALVES *et al.*, 2003; FERRAZ *et al.*, 2023) e disponibilizado pelo Laboratório de Patologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. A bactéria foi cultivada em placas de Petri contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) com o pH ajustado para 7.0 (SAMBROOK *et al.*, 1989) e incubada a 28 °C por 48 horas.

Os discos utilizados no antibiograma, foram preparados com papel-filtro cortados com o auxílio de um furador de papel comum, de 0,6 mm de diâmetro, de forma que os discos resultantes fossem uniformes quanto ao tamanho e formato circular. Após a confecção dos discos, os mesmos foram acondicionados em um recipiente e esterilizados em estufa, por um período de 4 horas, a 100 °C.

Para a realização do antibiograma, através do teste de difusão em disco, a bactéria, após crescimento no meio sólido, foi cultivada em frascos Erlenmeyer com 50 mL de meio líquido BDA em pH 7. O frasco foi mantido incubado a 28 °C, sob agitação constante, por um período de 24 horas.

Após a incubação da cultura bacteriana sob agitação, procedeu-se à leitura da absorbância em espectrofotômetro e diluição, a fim de obter uma concentração bacteriana correspondente a 10^8 UFC/mL, equivalente a $OD_{540nm} = 0,1$. A partir da suspensão padronizada, foram retiradas alíquotas de 300 µL, as quais foram adicionadas em placas de Petri contendo meio sólido BDA em pH 7 e, em seguida, a suspensão bacteriana foi distribuída de maneira uniforme sobre a superfície do meio com o auxílio de uma alça de Drigalski. Após o cultivo, cinco discos de papel-filtro esterilizados e previamente embebidos com 10 µL de cada um dos tratamentos foram posicionados de forma equidistante na superfície de cada placa de Petri. Terminado o preparo dos discos, as placas foram seladas e incubadas em B.O.D à 28 °C.

Os extratos fenólicos de *P. gonoacantha*, obtidos com o uso dos solventes água, etanol 50% e acetona 50%, foram diluídos nas concentrações 10, 20, 30, 40 e 50 mg/mL. Os extratos obtidos com cada solvente foram pesados em balança de precisão e diluídos em 1 mL de água destilada autoclavada.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A caracterização físico-química das cascas de *P. gonoacantha* indicou teor médio de umidade de 12,11% em base seca, valor compatível com materiais lenhosos submetidos à secagem natural em ambiente controlado. Esse teor de umidade foi considerado adequado para a realização dos procedimentos de extração, uma vez que minimiza interferências no rendimento dos metabólitos secundários, conforme relatado por Gobbo-Neto e Lopes (2007).

A quantificação do rendimento em sólidos obtidos após o processo de extração revelou variação entre as amostras analisadas. O maior rendimento foi observado no extrato obtido com acetona 50% (25,40%), seguido pelo etanol 50% (22,70%), enquanto o menor valor foi verificado para a extração em água (17,04%). Esses resultados indicam a eficiência do processo de maceração a frio associado aos solventes empregados (Tabela 1).

Tabela 1- Rendimento em sólidos (%) dos extratos de cascas de *Piptadenia gonoacantha*

Solvente	Rendimento em sólido %
Etanol 50%	22,70
Acetona 50%	25,40
Água	17,04

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

O maior rendimento foi observado com o emprego de acetona 50%, resultado que pode ser explicado pela polaridade intermediária desse solvente, amplamente utilizada na extração de compostos fenólicos e flavonoides a partir de matrizes vegetais. Estudos brasileiros demonstram que a acetona apresenta elevada eficiência na recuperação de fenóis totais e compostos antioxidantes, especialmente quando utilizada em misturas aquosas, as quais favorecem a solubilização de metabólitos secundários de média polaridade (BISOGNIN *et al.*, 2019; MENEZES FILHO *et al.*, 2019).

Estudos que avaliaram cascas de espécies florestais ricas em taninos submetidas à extração com solventes hidroalcoólicos ou acetônicos relatam rendimentos dessa mesma ordem de grandeza (HASLAM, 1989; MONTEIRO *et al.*, 2005). Resultados semelhantes foram reportados por Lelis e Gonçalves (2001), que observaram rendimentos superiores a 20% em extratos de cascas de leguminosas arbóreas ricas em taninos. Quando comparados a estudos com espécies do mesmo grupo funcional, como barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e angico branco (*Anadenanthera peregrina*), os rendimentos obtidos neste trabalho mostraram-se equivalentes ou superiores, reforçando o potencial da *P. gonoacantha* como fonte promissora

de compostos fenólicos (UCELLA-FILHO *et al.*, 2022; ARAÚJO *et al.*, 2021).

A quantificação de fenóis totais pelo método colorimétrico de Folin-Denis evidenciou concentrações expressivas de compostos fenólicos nos extratos obtidos, confirmando a eficiência do processo extrativo empregado. Observou-se que os extratos preparados com solventes orgânicos apresentaram maiores teores fenólicos quando comparados ao extrato aquoso. O extrato obtido com etanol 50% apresentou teor de 2,12%, seguido pelo extrato em acetona 50%, com 2,06%, enquanto o extrato aquoso apresentou 1,04% de fenóis totais. Esses resultados são coerentes com a afinidade química dos compostos fenólicos por solventes de polaridade intermediária (Tabela 2).

Tabela 2 - Teor de fenóis totais nos extratos de *Piptadenia gonoacantha* pelo método de Folin-Denis

Solvente	Fenóis totais (%)
Etanol 50%	2,12
Acetona 50%	2,06
Água	1,04

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

Os extratos obtidos com etanol e acetona apresentaram valores superiores de fenóis totais, comportamento semelhante ao descrito por Monteiro *et al.* (2005) e Schofield *et al.* (2001), que destacaram maior solubilidade de taninos condensados em solventes cetônicos.

Comparado com o trabalho de Nascimento *et al.* (2023), envolvendo espécies nativas, a quantificação de fenóis totais realizada a partir da casca, por meio do método colorimétrico de Folin-Denis com etanol como solvente, revelou 5,35 % em *P. gonoacantha* e 0,76 % em *Erythrina verna* (mulungu). Esses resultados evidenciam que *P. gonoacantha* apresenta concentração consideravelmente superior de compostos fenólicos em relação ao mulungu, indicando maior potencial para obtenção desses metabólitos. Essa mesma tendência foi observada no presente estudo, reforçando a relevância da espécie como fonte promissora de compostos fenólicos.

Miranda (2021), observou, em seu estudo com *Eucalyptus urograndis* utilizando o solvente etanol e quantificação pelo método de Folin-Denis, que os teores de fenóis variaram conforme o órgão vegetal, sendo mais elevados nas folhas (4,71%), seguidas das cascas (4,43%), dos galhos (2,74%) e da madeira (0,55%). Esses dados evidenciam que tecidos mais metabolicamente ativos concentram maiores quantidades de compostos fenólicos, padrão que

se aproxima do observado por Nascimento *et al.* (2023), em *P. gonoacantha*, no qual os extratos obtidos a partir das cascas, utilizando solventes orgânicos, também apresentaram teores mais elevados de compostos fenólicos.

Pinho (2021), avaliou a quantificação de fenóis totais nas cascas de espécies majoritariamente nativas, utilizando metanol e etanol, com análise pelo método de Folin-Denis. Com metanol, os teores foram 0,71 % (*Tectona grandis* L.f.), 1,24 % (*Handroanthus*), 5,73 % (*Cedrela fissilis* Vell.) e 8,09 % (*Azadirachta indica* A. Juss.), enquanto com etanol os valores aumentaram para 0,96 %, 1,12 %, 6,91 % e 11,84 %, respectivamente. Esses resultados reforçam que o tipo de solvente influencia diretamente a eficiência da extração, sendo o etanol o mais eficaz, padrão consistente com os dados obtidos para *P. gonoacantha* no presente estudo.

Vizzotto e Pereira (2011) investigaram a eficiência de solventes com diferentes graus de polaridade na extração de compostos fenólicos das cascas de amora-preta. Os resultados evidenciaram que o hexano, por apresentar baixa polaridade, mostrou-se ineficiente na extração desses compostos. Em contrapartida, solventes polares, especialmente o etanol, apresentaram elevada capacidade extrativa, atribuída à sua afinidade química com os compostos fenólicos. Os autores ainda afirmam, que a eficácia do etanol está relacionada não apenas à sua polaridade adequada, mas também à sua capacidade de formar um meio extrator favorável à solubilização de polifenóis. Assim, o etanol se mostrou um solvente estratégico no processo extrativo, conciliando eficiência na recuperação de compostos fenólicos e adequação às características químicas desses metabólitos.

Menezes *et al.* (2019) utilizaram farinhas da casca, arilo e sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril*) para a extração de compostos fenólicos, empregando como solventes de extração água, etanol e metanol, em diferentes concentrações. A determinação dos fenóis totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu, com resultados expressos em mg EAG (Equivalente de Ácido Gálico) 100 g⁻¹. O etanol destacou-se como o solvente mais eficiente, especialmente a 80%, apresentando 14,09 mg EAG 100 g⁻¹ para a casca e 14,46–14,52 mg EAG 100 g⁻¹ para as sementes, reforçando sua eficácia na extração de compostos fenólicos em espécies arbóreas nativas. Esse resultado está em consonância com os dados obtidos no presente trabalho, no qual a extração com etanol 50% resultou em teor de fenóis totais de 2,12%, confirmando mais uma vez a eficiência do solvente etanólico, mesmo em diferentes concentrações.

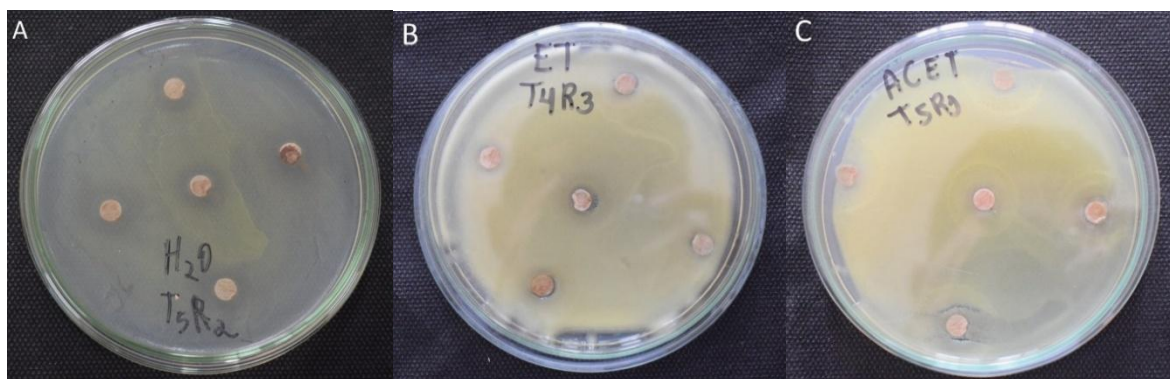
Sartori (2012), comparou os métodos colorimétricos de Folin-Denis e Folin-Ciocalteu na determinação de compostos fenólicos em cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e constatou que os teores de fenóis obtidos não diferiram

estatisticamente entre os métodos. Embora, ambos os métodos baseiam-se na reação de oxirredução entre os fenóis e o reagente, resultando em coloração proporcional à concentração desses compostos. O método de Folin-Denis apresenta eficiência semelhante à do Folin-Ciocalteu na determinação de fenóis totais, destacando-se ainda por demandar menor consumo de reagentes, o que representa uma vantagem econômica. Assim, sua utilização neste trabalho é tecnicamente adequada e justificada pelos resultados confiáveis alcançados.

Os resultados obtidos foram consistentes com os encontrados por Haslam (1989), que descreveu elevada concentração de taninos em cascas de espécies florestais, especialmente em leguminosas arbóreas. Além disso, estudos conduzidos por Cherubim *et al.* (2020) evidenciaram que extratos ricos em compostos fenólicos apresentam elevada capacidade antioxidante, especialmente quando obtidos por solventes orgânicos, em razão da maior eficiência desses solventes na solubilização de fenóis de diferentes pesos moleculares, o que reforçou a relevância dos valores observados neste estudo.

Na avaliação da atividade antimicrobiana, os extratos fenólicos de *P. gonoacantha*, independentemente do solvente utilizado e da concentração testada (10 a 50 mg/mL), não promoveram a formação de halos de inibição frente ao isolado bacteriano testado (Figura 1).

Figura 1- Crescimento do isolado bacteriano em placa de petri com extratos fenólicos de *Piptadenia gonoacantha*.

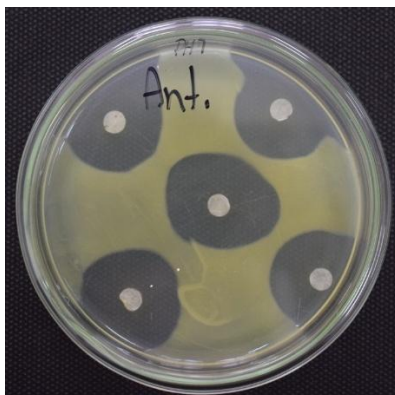


Fonte: a autora, 2025.

Figura 1 – Avaliação da atividade antimicrobiana dos extratos fenólicos de *Piptadenia gonoacantha* frente ao isolado bacteriano: (A) extrato em água; (B) extrato em etanol; (C) extrato em acetona. Não foi observada formação de halos de inibição em nenhuma das condições.

Em contrapartida, o antibiótico rifamicina sódica, utilizado como controle positivo, apresentou halos de inibição bem definidos, confirmando a adequação metodológica do ensaio (Figura 2).

Figura 2 - Crescimento do isolado bacteriano em placa de petri contendo o antibiótico Rifamicina sódica como controle positivo.



Fonte: a autora, 2025.

Esse resultado evidenciou que a ausência de efeito microbiano dos extratos está associada possivelmente a fatores intrínsecos dos compostos testados.

Resultado semelhante foi relatado por Soares *et al.* (2024), que observaram ausência de atividade antibacteriana aos óleos essenciais de Copaíba (*Copaifera officinalis* (Jacq.) L.), capim-limão (*Cymbopogon* sp.) e melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel), bem como de determinados extratos naturais, frente ao mesmo isolado de *Xanthomonas* avaliado. Segundo Tavares *et al.* (2020), bactérias Gram-negativas apresentam resistência a compostos fenólicos devido à sua membrana externa rica em lipopolissacarídeos, que funciona como uma barreira, dificultando a entrada de compostos fenólicos, protegendo os alvos celulares essenciais. Estudos prévios demonstram que extratos de *Piptadenia gonoacantha* apresentam potencial antimicrobiano. Carvalho (2012) avaliou a atividade antibacteriana da espécie frente às bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, verificando efeito inibitório, principalmente sobre *S. aureus*, evidenciando o potencial biológico dessa espécie.

Outra hipótese plausível refere-se à natureza química dos fenóis presentes, uma vez que nem todos os compostos fenólicos apresentam atividade antimicrobiana direta. Mirzaei-Najafgholi *et al.* (2017) destacaram que a atividade antibacteriana depende fortemente da estrutura molecular, do grau de polimerização dos taninos e da presença de compostos sinérgicos, fatores que podem não ter sido suficientes nos extratos avaliados.

Portanto, apesar da ausência de halos de inibição, os resultados obtidos não invalidaram o potencial biológico dos extratos, mas indicaram a necessidade de estudos complementares, como testes de microdiluição em caldo, fracionamento dos extratos, avaliação de outros métodos de aplicação e a verificação da atividade contra diferentes microrganismos.

5 CONCLUSÃO

De forma integrada, os resultados demonstraram que as cascas de *P. gonoacantha* apresentaram elevado rendimento em sólidos e concentração expressiva de compostos fenólicos, especialmente quando extraídos com solventes orgânicos. Entretanto, esses compostos não exerceram efeito inibitório direto sobre *X. citri* pv. *eucalyptorum* nas condições experimentais adotadas. Ainda assim, a resposta positiva do antibiótico validou a metodologia empregada, reforçando que os resultados obtidos refletem características intrínsecas dos extratos avaliados e não limitações experimentais.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG. Editora UFV.442p. 2004.
- ARAÚJO V.C., TEBALDI, N.D. Intervalo de aplicação de óleos essenciais no controle da mancha bacteriana do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.2, p.210-212, 2019.
- ARAÚJO, E. da S., LORENÇO, M. S., ZIDANES, U. L., SOUSA, T. B., MOTA, G. da S., REIS, V. de N. de O., (2021). Quantification of the bark *Myrcia eximia* DC tannins from the Amazon rainforest and its application in the formulation of natural adhesives for wood. **Journal of Cleaner Production**, 280, Article 124324.
- BEATTIE, G. A. & LINDOW, S. E. Bacterial colonization of leaves: A spectrum of strategies. Mini Review. **Phytopathology** 89(5):353-359.1999.
- BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, 2020.
- BISOGNIN, D. A. *et al.* Teores de compostos fenólicos totais e flavonoides e atividade antioxidante em folhas de *Ilex paraguariensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00856, 2019.
- CARNEIRO, A. C. O. Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréiaformaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 521-531, 2009.
- CASTRO, A. H. F.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A. A.; VITOR, S. M. M.; Calogênese e teores de fenóis e taninos totais em barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) coville]. *Ciência e Agrotecnologia* 2009; 33(2): 385-390.
- CARVALHO, Camilo Amaro de. **Caracterização botânica, fitoquímica e avaliação da atividade biológica de extratos de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (Fabaceae)**. 2012. 71 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- CARVALHO MG, CARDOZO MAR, CATUNDA FEA Jr, CARVALHO AG. Chemical constituents of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr (pau jacaré). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 2010; 82(3): 561-567.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa - CNPF; Brasília: Embrapa - SPI, 1994. 640p.
- CHERUBIM, de L.; DÉBORA, J.; BUZANELLO, M. C. V.; OLIVEIRA, L. da S, de L. R.

A. (2020). Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications. **Journal of Cosmetic Dermatology**, 19(1), 33–3

CRUZ, J. G. H. **Alternativas para a aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no Tratamento o efluente de uma lavanderia industrial**. 2004. 76f. Dissertação (Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2004.

DE LIMA CHERUBIM, D. J. *et al.* Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications. **Journal of cosmetic dermatology**, v. 19, n. 1, p. 33-37, 2020.

DE MENEZES FILHO, A. C. P.; DE SOUZA CASTRO, C. F. Avaliação de diferentes solventes na extração de compostos fenólicos totais em extratos farináceos do fruto de *Hymenaea stigonocarpa* L. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10, n. 2, p. 158-169, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **O Eucalipto**. Portal Embrapa. Brasília, 2017

FERRAZ, H. G. M.; BADEL, J. L.; GUIMARÃES, L. M. S.; REIS, B. P.; TÓTOLA, M. R.; GONÇALVES, R. C.; ALFENAS, A. C. *Xanthomonas axonopodis* pv. *eucalyptorum* pv. nov. **Causing Bacterial Leaf Blight on Eucalypt in Brazil. The Plant Pathology Journal**, Rio Branco, v.34, n.4, p. 269-285, 2018.

FERRAZ, H. G. M.; BADEL, J. L.; NEVES, Y. F.; ELOI, A. C. L.; VIDIGAL, P. M. P.; GUIMARAES, L. M. D. S.; ALFENAS, A. C. *Xanthomonas* species causing leaf blight on eucalypt plants in Brazil and transfer of *Xanthomonas axonopodis* pv. *eucalyptorum* to *Xanthomonas citri* p v. *eucalyptorum* comb. nov. **Plant Pathology**, v. 73, n. 3, p. 677-691, 2024.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2007.

GOMES, P. R. B.; SOUZA, R. D.; LOUZEIRO, H. C.; MARINHO, S. C.; MOUCHREK FILHO, E. V. Evaluation of antimicrobial activity and chemical composition of *Aniba duckei* essential oil. **Journal Name**, 2022.

GONÇALVES, R. C.; LAU, D.; OLIVEIRA, J. R.; MAFFIA, L. A.; CASCARDO, J. C. M.; ALFENAS, A. C. Etiology of bacterial leaf blight of eucalyptus in Brazil. **Tropical Plant Pathology**. Brasília, v. 33, n. 3, p. 180-188, 2008.

GONÇALVES, R.C. **Etiologia da mancha bacteriana do eucalipto no Brasil**. Viçosa, UFV, 2003.94. (Tese DS)

GONSALVES, C.A.; LELIZ, R. C. C. Teores de taninos da casca e da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p.167 – 173, 2001.

HASLAM, E. **Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited**. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

HOPPE, J. M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais**. Editora: Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Caderno Didático, ed. 2, p. 402, 2004.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] Cenários Ibá, 2024, ano base 2023. Disponível em: <https://iba.org/wp-content/uploads/2025/05/relatorio2024.pdf>. Acesso em 06 fev. 2026.

JACOBSON. T. K. B. *et al.* Influência de fatores edáficos na produção de fenóis totais e taninos de duas espécies de barbatimão (*Stryphnodendron sp.*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35 n. 3, 2005.

KING, T.; DYKES, G.; KRISTIANTI, R. Comparative evaluation of methods commonly used to determine antimicrobial susceptibility to plant extracts and phenolic compounds. **Journal of AOAC International**, v. 91, n. 6, p. 1423-1429, 2008.

KREIS, W.; MUNKERT, J.; PÁDUA, R.M. Biossíntese de metabólitos primários e secundários. In: SIMÕES, C.M.O. *et al.* **Farmacognosia: do Produto Natural ao Medicamento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. p. 147-166.

LEIVISKÄ, T., SANTOS, S. C. R. (2023). Purifying water with plant-based sustainable solutions: Tannin coagulants and sorbents. **Groundwater for Sustainable Development**, 23, Article 101004.

LELIS, C. C. R.; GONÇALVES, A. de C. Teores de taninos da casca da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.167-173, 2001.

LEWIN, M.; GOLDSTEINS, I. S. **Wood structure and composition**, M. Dekke, New York.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.1. 368p.

MAISETA, G.; BATONI, G.; CABONI, P.; ESIN, S.; RINALDI, A. C.; ZUCCA, P. (2019). Tannin profile, antioxidant properties, and antimicrobial activity of extracts from two Mediterranean species of parasitic plant *Cytinus*. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, 19(1), 82.

MARQUES, L. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

MENEZES FILHO, A. C. ; CASTRO. C. F. de S. Avaliação de diferentes solventes na extração de compostos fenólicos totais em extratos farináceos do fruto de *Hymenaea stigonocarpa* L. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 10 n. 2, p. 158-169, abr./jun. 2019.

MIRANDA, L. N. N. de. **Quantificação de compostos fenólicos em diferentes compartimentos arbóreos de um híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla***. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista, São João Evangelista, 2021.

MIRZAEI-NAJAFGHOLI, H; TARIGHI, S; GOLMOHAMMADI, M; TAHERI, P. The

effect of citrus essential oils and their constituents on growth of *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **Molecules**, v. 22, n. 4, p. 1-14, 2017.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

NASCIMENTO, L *et al.* Quantificação de fenóis nas cascas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr e *Erythrina verna*. In: **XI Seminário de Iniciação Científica do IFMG-SIC 2023**. 2023.

NEVES, D. A.; LAU, D.; SILVA, R. R.; ROSADO, C. C. G.; ALFENAS, A. C. Componentes da resistência a *Xanthomonas axonopodis* em genótipos de *Eucalyptus*. In: **XXXVIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia**. Brasília, DF. Fitopatologia Brasileira.30:S58.2005.

PINHO, A. M. N. **Teores de compostos fenólicos nas cascas de *Handroanthus serratifolius*, *Tectona grandis*, *Cedrela fissilis* e *Azadirachta indica***. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista, São João Evangelista, 2021.

PIZZI, A. (2019). Tannins: Prospectives and actual industrial applications. **Biomolecules**, 9 (8), 344.

PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: M. Dekker, 1983. 364 p.

POMELLA, A. W. V.; ROMEIRO, R. S.; FERREIRA, F. A. & OLIVEIRA, J. R. Lesões foliares em viveiro de eucalipto incitadas por uma espécie fluorescente de *Pseudomonas*. **Fitopatologia Brasileira** 20:374.1995.

RODRIGUES DO NASCIMENTO-SILVA, N. R. *et al.* Extração assistida por ultrassom de compostos fenólicos da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* LF). **Revista Agrotecnologia**, v. 15, n. 1, 2024.

ROMEIRO, R. S. **Bactérias fitopatogênicas**. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1995.

SAMBROOK, J.; FRITCH, E. F.; MANIATIS, T. **Molecular Cloning: A Laboratory Manual** Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, ed. 2, 1989. 1626 p.

SANTIAGO-MEDINA, F. J.; DELGADO-SANCHEZ, C.; BASSO, M. C.; PIZZI, A.; FIERRO, V.; CELZARD, A. (2018). Mechanically blown wall-projected tannin-based foams. **Industrial Crops and Products**, 113, 316–323.

SARTORI, C. J. **Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho)**. Lavras: UFLA, 2012.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, p.21-40, 2001.

SOARES, L. C. da S.; QUINTÃO, C. J. G.; MIRANDA, L. N. N. de.; FONSECA, N.

R. Alternative control of bacterial leaf blight of eucalypt using essential oils. **Revista Agrogeoambiental**, v. 16, e20241921, 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.719 p.

TAVARES, T. D. *et al.* Activity of specialized biomolecules against gram-positive and gram-negative bacteria. **Antibiotics**, v. 9, n. 6, p. 314, 2020.

THOMAZI, G. O. C.; BERTOLIN, A. O.; PINTO M. D. da S. **Atividade antibacteriana *in vitro* do barbatimão e da mangabeira contra bactéria relacionadas às infecções do trato urinário**. Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente Sustentabilidade na Amazônia. 2009.

TRUMAN, R. Die-back of *Eucalyptus citriodora* caused by *Xanthomonas eucalypti*. **Phytopathology** 64:143-144.1974.

UCELLA-FILHO, J. G. M. et al. Exploring the potential of tannin-rich tree bark extracts in combating foodborne diseases and gastric cancer. **Food Bioscience**, v. 57, p. 103559, 2024.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M. C. Amora-preta (*Rubus sp.*): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, nº4, 2011.