



QUALIS
A2



**PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE
JABORANDI (*PILOCARPUS MICROPHYLLUS*) SOBRE
*STAPHYLOCOCCUS AUREUS*¹**

**PHYTOCHEMICAL SCREENING AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF
JABORANDI (*PILOCARPUS MICROPHYLLUS*) AGAINST
*STAPHYLOCOCCUS AUREUS***

José Roberto da Silva FILHO
Universidade da Amazônia (UNAMA)
E-mail: robertofilho12@hotmail.com.br
ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-3758-9117>

Ádria Iolanda Lima da PAIXÃO
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: adriapaixao07@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-3741-749X>

Raquel Mesquita SENADO
Universidade da Amazônia (UNAMA)
E-mail: raquelmessquita242@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9150-9630>

Bruno Vinicius de Freitas BRITO
Universidade da Amazônia (UNAMA)
E-mail: bmatashid@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-3888-736X>

Marina Moreira da SILVA
Universidade da Amazônia (UNAMA)
E-mail: mrnhungria@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-3888-736X>

Anna Klara de Matos Guerreiro NERI
Universidade Federal do Pará (UFPA)
E-mail: annaguerreiro06@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9662-462X>

Josyane Brasil da SILVA
Universidade do Estado do Pará (UEPA)
E-mail: josybrasil@uepa.br
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2382-2552>

Antônia Rafaela Gonçalves MACEDO
Universidade da Amazônia (UNAMA)
E-mail: argmaquicultura@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3667-2234>

¹ COMO CITAR: (ABNT): FILHO, J. R. S.; PAIXÃO, Á. I. L.; SENADO, R. M.; BRITO, B. V. F.; SILVA, M. M.; NERI, A. K. M.; SILVA, J. B.; MACEDO, A. R. G.; LIMA, J. S. Prospecção Fitoquímica e Atividade Antibacteriana de Jaborandi (*Pilocarpus Microphyllus*) sobre *Staphylococcus Aureus*. **JNT Facit Business and Technology Journal**. Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Agosto de 2026 - Ed. 76. VOL. 02. Págs. 403-420. Disponível: <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. Acesso em: __/__/__.

RESUMO

A resistência antimicrobiana representa um dos principais desafios à saúde pública mundial, impulsionando a busca por novas alternativas terapêuticas, incluindo o uso de plantas medicinais. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar a prospecção fitoquímica e avaliar a atividade antibacteriana de extratos etanólicos e cereais de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) frente a *Staphylococcus aureus*. Os extratos foram obtidos por maceração e submetidos aos ensaios de disco-difusão em ágar, determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM). A análise fitoquímica foi realizada por testes qualitativos clássicos. Os resultados demonstraram que ambos os extratos foram capazes de inibir o crescimento bacteriano, com destaque para o extrato etanólico, que apresentou maior diâmetro médio de halo de inibição (15,8 mm). A CIM foi de 1,56 mg. mL⁻¹ para ambos os extratos, enquanto a CBM foi de 50 mg. mL⁻¹, indicando predominantemente ação bacteriostática. A triagem fitoquímica revelou a presença de alcaloides, flavonoides, taninos condensados, compostos fenólicos, cumarinas, terpenos e quinonas, metabólitos associados a diferentes mecanismos de ação antimicrobiana. Sugere-se que a atividade observada esteja relacionada ao efeito sinérgico entre esses compostos, atuando em múltiplos alvos celulares bacterianos. Dessa forma, *P. microphyllus* apresenta potencial como fonte de compostos bioativos com aplicação antimicrobiana, sendo necessários estudos adicionais para isolamento dos princípios ativos, avaliação toxicológica e validação in vivo.

Palavras-chave: Resistência antimicrobiana. Plantas medicinais. Triagem fitoquímica. Efeito antibacteriano

ABSTRACT

Antimicrobial resistance represents one of the major challenges to global public health, driving the search for new therapeutic alternatives, including medicinal plants. In this context, the present study aimed to perform phytochemical screening and evaluate the antibacterial activity of ethanolic and grain alcohol extracts of jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) against *Staphylococcus aureus*. The extracts were obtained by maceration and subjected to agar disk diffusion assays, as well as

determination of Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC). Phytochemical analysis was carried out using classical qualitative tests. The results showed that both extracts were able to inhibit bacterial growth, with the ethanolic extract showing the highest mean inhibition zone diameter (15.8 mm). The MIC was 1.56 mg/mL for both extracts, while the MBC was 50 mg/mL, indicating a predominantly bacteriostatic effect. Phytochemical screening revealed the presence of alkaloids, flavonoids, condensed tannins, phenolic compounds, coumarins, terpenes, and quinones, metabolites associated with different antimicrobial mechanisms of action. The observed activity is likely related to the synergistic effect among these compounds, acting on multiple bacterial cellular targets. Thus, *P. microphyllus* presents potential as a source of bioactive compounds with antimicrobial applications; however, further studies are required for the isolation of active compounds, toxicological evaluation, and in vivo validation.

Keywords: Antimicrobial resistance. Medicinal plants. Phytochemical analysis. Antibacterial effect.

INTRODUÇÃO

A Resistência Antimicrobiana (RAM) é o fenômeno que se manifesta quando os microrganismos sofrem alterações moleculares que lhes permitem sobreviver a ação dos fármacos utilizados no tratamento das doenças infecciosas (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022). Essas alterações podem surgir de forma natural por mecanismos intrínsecos de evolução, bem como pelo uso irracional dos antimicrobianos, visto que essa prática promove pressão seletiva sobre os patógenos, favorecendo o surgimento de cepas resistentes (Liu *et al.*, 2024).

O impacto da RAM se reflete em altas taxas de mortalidade, caracterizando esse fenômeno como uma importante ameaça à saúde pública global. Os dados acerca da ocorrência de infecções com desfechos desfavoráveis provocados por microrganismos resistentes são alarmantes. Em 2019, mais de 1 milhão de mortes foram diretamente associadas à resistência antimicrobiana e outras 4,95 milhões correlacionadas. Estima-se, ainda, que em 2050 haverá 10 milhões de mortes por ano em decorrência de infecções por patógenos multirresistentes, sem alternativa terapêutica eficaz (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022).

Entre os microrganismos resistentes mais recorrentes, *Staphylococcus aureus* Resistente à Meticilina (SARM) esteve presente em cerca de 20% de todas as infecções por patógenos multirresistentes entre 2019-2021 (Kariyawasam *et al.*,

2022). *S. aureus* é uma das bactérias de maior interesse clínico e apresenta cepas com a capacidade de adquirir resistência a uma série de antibióticos. O arsenal terapêutico para tratar as infecções causadas por esse microrganismo é bastante limitado e o tratamento se torna ainda mais complicado quando as infecções são causadas por cepas de SARM (Santos *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, a utilização de plantas medicinais pode ser uma alternativa viável para ampliar as opções terapêuticas e combater a RAM. Além disso, os fármacos derivados de plantas medicinais geralmente apresentam menos efeitos colaterais do que os medicamentos sintéticos, o que pode ser um fator significativo para a adesão dos pacientes ao tratamento (Santos; Moreno, 2004; Viana; Ramos, 2019).

Entre as variadas opções de plantas com propriedades medicinais, destaca-se a jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes), que pode ser encontrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil e em países vizinhos, como o Suriname (Santos; Moreno, 2004). Existem registros na literatura da presença de diferentes compostos metabólicos presentes nessa planta que podem contribuir como novos alvos terapêuticos (Santos; Moreno, 2004; Bezerra, 2019; Sousa *et al.*, 2021).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização fitoquímica dos extratos etanólicos e cereais de jaborandi e avaliar a sua atividade antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Extratos

As folhas secas de jaborandi, comercializadas como *Pilocarpus microphyllus*, foram adquiridas em estabelecimento especializado em produtos naturais, localizado em Castanhal, Pará, Brasil, em fevereiro de 2026. A matéria-prima vegetal foi utilizada em sua apresentação comercial, conforme identificação descrita na rotulagem do fornecedor. Devido ao fato de o material vegetal ter sido obtido já processado e seco, não foi possível realizar a confirmação taxonômica formal com depósito de exsicata em herbário.

Posteriormente, as folhas foram trituradas mecanicamente, onde rasurou-se 3g de *P. microphyllus* no gral e pistilo por 3 minutos. Ao final dessa etapa, realizou-se um processo de extração por maceração, com dois solventes diferentes: álcool etílico 70% (ET) e álcool de cereais (C), adicionando-se 30 mL de cada um a 3 g das folhas

rasuradas, obtendo uma proporção planta:solvente de 1:10 (m/v) e uma concentração teórica de 100 mg.mL⁻¹.

Para que houvesse a devida extração dos metabólitos secundários, os extratos, foram armazenados à temperatura ambiente e ao abrigo da luz durante 24 horas. Em seguida, as soluções foram filtradas com auxílio de papel filtro de 80 g (150 mm), resultando em um volume final de, aproximadamente, 25 mL.

Preparação do Inóculo

Para que fosse possível avaliar o potencial antimicrobiano dos extratos, *S. aureus* cepa 61160278 (ATCC 25923), foi cultivada em BHI (*Brain Heart Infusion*) e incubada a 37°C por 24 horas. Concluindo-se a fase de crescimento, os inóculos foram preparados a partir da diluição dos cultivos em solução salina com a finalidade de ajustá-los ao padrão 0,5 da escala MacFarland (1,5 x 10⁸ UFC.mL⁻¹).

Teste de Suscetibilidade Antimicrobiana

Finalizada essa etapa, foi realizado o teste de disco-difusão em ágar, com a retirada inicial de 100 µL do inóculo, que foi espalhado com um swab estéril na superfície do ágar Mueller-Hinton (MH). Posteriormente, discos de papel filtro, com 6 mm de diâmetro, foram impregnados com 20 µL de cada extrato, sendo adicionados em triplicata (Lima *et al.*, 2024).

Além disso, foram realizados os respectivos controles positivos (discos contendo os seguintes antibióticos: gentamicina (120µg), tetraciclina (30µg), eritromicina (15µg) e sulfametoxazol (25 µg)) e negativos (discos que foram embebidos em 1 mL dos álcoois: etílico e cereal). Por fim, todas essas placas foram incubadas a 37°C por 24 horas. Os halos foram mensurados com o auxílio de uma régua.

Concentração Inibitória Mínima

Por sua vez, a avaliação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Lima *et al.* (2024). Ela se deu com a utilização de microplacas de 96 poços, nas quais foram adicionados 100 µL de BHI, bem como 100 µL de cada extrato em triplicata. Os extratos foram diluídos em série, partindo de uma concentração de 50 mg. mL⁻¹ até 0,78 mg. mL⁻¹.

Subsequentemente, foi adicionado 10 µL do inóculo em cada poço que continha tanto os extratos quanto o BHI. Outrossim, foram realizados os controles de

pureza (somente BHI) e viabilidade da cepa (BHI e *S. aureus* no mesmo poço). Por fim, as microplacas foram vedadas e incubadas a 37°C por 24 horas.

Para a avaliação dos resultados, foi adicionado 20 µL de resazurina (0,01 % p.v.) em cada poço. Uma coloração azul, indicaria a inibição, enquanto uma coloração rosada indicaria o crescimento do microrganismo.

Concentração Bactericida Mínima

A determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi o último teste realizado para avaliar o potencial antimicrobiano dos extratos. Para tal, foram retirados 100 µL dos poços das microplacas de onde foi avaliada a CIM, nas concentrações de 50 mg.ml⁻¹; 25 mg.ml⁻¹; 12,5 mg.ml⁻¹ e 6,25 mg.ml⁻¹. Esse volume foi semeado em placas com ágar Mueller-Hinton com alças de Drigalsky. Todas essas placas foram incubadas a 37°C por 24 horas. O não crescimento das colônias indicaria uma ação bactericida.

Prospecção Fitoquímica

Uma vez avaliado o efeito antimicrobiano dos extratos, sucedeu-se a prospecção fitoquímica para determinar quais metabólitos secundários estão presentes nos extratos etílicos e cereais de *P. microphyllus*. Nesse contexto, foram realizados testes para encontrar os seguintes compostos bioativos: alcalóides, flavonóides, taninos, fenóis, saponinas, cumarinas, triterpenos, ácidos orgânicos, glicosídeos cardíacos, antraquinonas, benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas, açúcares redutores e polissacarídeos.

Vale mencionar, ainda, que todos os extratos foram diluídos para uma concentração final de 10 mg. mL⁻¹, pois o extrato em sua concentração inicial tem uma coloração forte, o que pode impossibilitar a análise qualitativa de mudança de cor (Matos, 2009).

Tabela 1: Ensaios utilizados na prospecção fitoquímica qualitativa dos extratos de *Pilocarpus microphyllus*.

Metabólito	Ensaio utilizado	Indicativo de positividade	Referência
Alcaloides	Mayer / Wagner	Formação de precipitado branco ou coloração alaranjada	Souza (2020); Henriques e Almeida (2013)
Flavonoides	Pew / Cloreto férrico / NaOH	Coloração vermelha, amarela, verde ou violeta	Silva, Bizerra e Fernandes (2018); Sofiat (2009) com modificações
Taninos	Gelatina / Cloreto férrico / Acetato de chumbo	Formação de precipitado ou coloração azul/verde	Souza (2020); Sofiat (2009)

Fenóis	Cloreto férrico	Alteração de cor ou precipitação	Souza (2020); Henriques e Almeida (2013)
Saponinas	Teste de espuma	Formação de espuma persistente	Henriques e Almeida (2013)
Cumarinas	Fluorescência com NaOH	Fluorescência azul ou verde	Costa (2011)
Triterpenos	Reação de Salkowski	Coloração vermelha ou marrom-avermelhada	Sasidharan et al. (2011)
Ácidos orgânicos	Reação de Pascová	Descoloração ou formação de precipitado	Souza (2020)
Glicosídeos cardíacos	Reação de Kedde	Precipitado ou coloração azul/violeta	Souza (2020)
Antraquinonas	NaOH	Coloração vermelha	Lima (2022)
Benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas	Orto-dinitrobenzeno	Coloração vermelha	Souza (2020)
Açúcares redutores	Fehling	Precipitado vermelho-tijolo	Souza (2020)
Polissacarídeos	Lugol	Coloração azul	Souza (2020)

Fonte: Adaptado de Matos (2009), Souza (2020), Henriques e Almeida (2013), Costa (2011), Lima (2022), Silva, Bizerra e Fernandes (2018), Sofiati (2009) e Sasidharan et al. (2011).

A principal modificação metodológica nesta etapa foi realizada na reação de Pew para identificação de flavonoides, mediante padronização da massa de zinco metálico para 350 mg empregada no ensaio. Além disso, os extratos vegetais foram diretamente submetidos aos testes, sem a necessidade de tratamento com éter de petróleo, decocção ou alcalinização da droga vegetal prévia, devido a otimização do protocolo, no que tange segurança, praticidade e melhor apresentação dos resultados.

Análise Estatística

As análises estatísticas descritiva e inferencial foram realizadas com o auxílio do software BioEstat. Para avaliar o efeito inibitório dos extratos etanólico e cereal de *Pilocarpus microphyllus* sobre o crescimento de *S. aureus*, por meio da análise dos halos de inibição obtidos no método de disco-difusão em ágar, os ensaios foram realizados em replicata e os resultados expressos em média, desvio padrão, mediana e intervalo mínimo-máximo.

Inicialmente, a normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Considerando o reduzido tamanho amostral e a variabilidade observada entre os grupos experimentais, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Mann-Whitney para comparação dos halos de inibição entre os extratos avaliados, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Os resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM), da Concentração Bactericida Mínima (CBM) e da prospecção fitoquímica foram analisados de forma descritiva e qualitativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de disco-difusão em ágar demonstraram que ambos os extratos de *P. microphyllus* apresentaram atividade antibacteriana frente a *S. aureus*. O extrato etanólico apresentou maior média dos halos de inibição em comparação ao extrato obtido com álcool de cereais, indicando maior atividade antibacteriana (Tabela 2). A comparação estatística entre os grupos pelo teste de Mann-Whitney demonstrou diferença significativa ao nível de 5% ($p = 0,0065$).

Tabela 2: Estatística descritiva e análise comparativa dos halos de inibição dos extratos de jaborandi frente ao microrganismo testado

Parâmetros	Jaborandi álcool de cereais	Jaborandi etílico
N	10	10
Média ± DP (mm)	10,0 ± 2,98	15,8 ± 6,16
Mediana (mm)	9,0	13,0
Variância	8,88	37,95
Valor mínimo-máximo (mm)	7-15	11-27
Shapiro-Wilk (p)	0,45	0,07
Soma dos postos (Ri)	69,0	141,0
Análise estatística	Resultado	
Teste estatístico	Mann-Whitney	
U	14,0	
Z(U)	2,7213	
p (bilateral)	0,0065*	

Dados referentes aos halos de inibição produzidos pelos extratos de jaborandi frente ao microrganismo testado. Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão, mediana e amplitude mínima-máxima. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de Mann-Whitney, considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

*Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Os achados dos testes de disco-difusão em ágar destacam o potencial antibacteriano de extratos alcoólicos de jaborandi sobre *Staphylococcus aureus*. Embora ambos os extratos tenham desempenhado efeito inibitório, destaca-se o extrato etanólico halos de inibição significativamente maiores ($p = 0,0065$). Esse resultado reflete a eficiência do etanol em extrair compostos bioativos de naturezas polares e semipolares (Arya *et al.*, 2025).

A eficiência desse método de extração já foi também anteriormente registrada na literatura por Al-Qudah (2022), que adotou um extrato etílico (etanol 70%) de folhas de *Asphodelus fistulosus*, promovendo inibição de *S. aureus* como média de halos de 15,5 mm – dados semelhantes aos que foram obtidos no presente estudo. Essas observações refletem, pois, a influência do tipo de solvente na obtenção dos

compostos bioativos das plantas. Neste caso, o etanol, por apresentar polaridade intermediária, é considerado um dos solventes mais eficientes para obtenção de metabólitos secundários associados à atividade antimicrobiana, incluindo alcaloides e compostos fenólicos (Arya *et al.*, 2025).

Ademais, diferentemente dos antibióticos comerciais, para os quais existem parâmetros previamente estabelecidos (CIM e halos de inibição específicos) que permitem classificar um micro-organismo como sensível ou resistente, não há padronização equivalente para os extratos brutos vegetais. Desse modo, todo ensaio microbiológico que constate a inibição do crescimento bacteriano pode ser um indicativo da presença de compostos com efeito antimicrobiano (Mértiri *et al.*, 2026).

Os resultados dos testes de concentração inibitória mínima (CIM) complementam e reafirmam a importante atividade antimicrobiana dos extratos de *P. microphyllus* frente a *S. aureus*. Isso se justifica especialmente diante da baixa concentração de extrato necessário para inibição do crescimento bacteriano (1,56 mg. mL⁻¹) (tabela 3).

Tabela 3: Avaliação da Concentração Inibitória Mínima.

Extrato	CIM (mg. mL ⁻¹)	CBM (mg. mL ⁻¹)
JC	1,56	50
JE	1,56	50

(J.C): Extrato de jaborandi com álcool de cereais; (J.E): Extrato de jaborandi com álcool etílico; (+): não houve crescimento bacteriano; (-): houve crescimento bacteriano.

Fonte: Autores.

Os estudos acerca da atividade antimicrobiana de *P. microphyllus* ainda são limitados. Carvalho (2018) demonstrou o potencial antifúngico de metabólitos isolados da espécie frente a diferentes fungos patogênicos (*Fonsecaea pedrosoi* e *Trichophyton rubrum*), enquanto Neves (2025) relatou atividade antifúngica e antibacteriana de jaborandi contra *Rhizopus oryzae* e *Prevotella oralis*, respectivamente. Entretanto, até onde se tem conhecimento, este é o primeiro estudo a demonstrar a atividade antibacteriana de extratos de *P. microphyllus* frente a *S. aureus*, ampliando o espectro antimicrobiano descrito para a espécie e fornecendo evidências inéditas de sua atividade antibacteriana.

As diretrizes do *European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing* (EUCAST) estabelecem que para se classificar um agente como bactericida, a sua proporção CIM/CBM deve ser de até 4x. Acima disso, tem-se somente ação bacteriostática (EUCAST, 2023). No presente estudo, a razão CIM/CBM foi de

aproximadamente 32. Sendo assim, mesmo encontrando-se uma CBM para os extratos etanólicos e cereais de *P. microphyllus*, o efeito predominante desses compostos sobre *S. aureus* foi bacteriostático, interferindo em vias de multiplicação do patógeno.

Embora os extratos tenham apresentado efeito predominantemente bacteriostático, esse resultado não reduz seu potencial terapêutico. Diversos antimicrobianos amplamente utilizados na prática clínica, como tetraciclina, macrolídeos e cloranfenicol, atuam predominantemente por meio da inibição do crescimento bacteriano, permitindo que o sistema imunológico do hospedeiro participe da eliminação do patógeno. Assim, a atividade bacteriostática observada para os extratos de *P. microphyllus* reforça seu potencial farmacológico como fonte de compostos bioativos, especialmente considerando a baixa CIM obtida e a complexidade química característica dos extratos vegetais.

Por sua vez, os resultados da prospecção fitoquímica estão dispostos na Tabela 4. Alguns achados já eram esperados, como a presença de alcalóides nos extratos de jaborandi, uma vez que essa planta é conhecida, justamente, pela presença de alguns alcalóides como a pilocarpina e epiisopiloturina (Santos; Moreno, 2004; Sousa *et al.*, 2021).

Por outro lado um dos principais resultados do presente estudo foi a detecção de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas nos extratos de jaborandi, uma classe de metabólitos que, até onde se tem conhecimento, ainda não havia sido descrita para a espécie. Esse dado amplia o conhecimento fitoquímico de *P. microphyllus* e pode contribuir para explicar a atividade antibacteriana observada.

Tabela 4: Triagem fitoquímica dos extratos.

Reação	J.E	J.C
Alcalóides (Mayer)	+	+
Alcalóides (Wagner)	+	+
Flavonóides (Pew)	+	+
Flavonóides (FeCl ₃)	+	+
Flavonóides (NaOH)	+	+
Taninos (FeCl ₃)	+	+
Taninos (Gelatina)	+	+
Taninos (Pb(C ₂ H ₃ O ₂) ₂)	-	-
Fenóis	+	+
Saponinas	-	-
Cumarinas	+	+
Terpenos (Salkowski)	+	+
Ácidos Orgânicos	+	+
Glicosídeos Cardíacos	+	-

Antraquinonas	-	-
Benzoquinonas	+	+
Naftoquinonas	+	+
Fenantraquinonas	+	+
Açúcares Redutores	-	-
Polissacarídeos	-	-

(J.C): Extrato de jaborandi com álcool de cereais; (J.E): Extrato de jaborandi com álcool etílico. (+): houve indicativo da presença do metabólito; (-): não houve indicativo da presença do metabólito. (+*): coloração verde, presença de taninos condensados.

Fonte: Autores.

Ao analisar os resultados da prospecção fitoquímica, consegue-se justificar o efeito antibacteriano dos extratos etanólicos e cereais de *P. microphyllus*. Isso porque encontrou-se a presença combinada de alcalóides, flavonóides, taninos condensados, cumarinas, terpenos e quinonas, compostos bioativos amplamente reconhecidos por suas propriedades antimicrobianas. Todavia, no caso específico da jaborandi, não se pode creditar o efeito antimicrobiano aos seus alcalóides, uma vez que a literatura aponta que alcalóides imidazólicos isolados de folhas de *P. microphyllus*, tais como a epiisopiloturina e pilosina, não exercem nenhuma atividade antibacteriana relevante (Rocha *et al.*, 2017).

Os flavonóides, descritos como um dos compostos fenólicos de maior destaque na literatura, apresentam lipofilicidade como fator-chave para adentrar a bicamada fosfolipídica e alterar a permeabilidade da membrana celular bacteriana, além de atuarem na inibição da síntese de ácidos nucleicos, formação de biofilme e ação enzimática (Xie *et al.*, 2015; Yuan *et al.*, 2021). A identificação de flavonoides em todos os ensaios realizados no presente estudo pode indicar uma presença relevante desse metabólito secundário nos extratos alcoólicos de *P. microphyllus*.

De forma semelhante, os terpenos podem atuar na membrana celular bacteriana, aumentando sua permeabilidade, compactando os fosfolipídios e promovendo desorganização da bicamada, com consequente extravasamento do conteúdo citoplasmático, além de induzir o acúmulo de Espécies Reativas de Oxigênio (EROS) e comprometer o transporte de elétrons (Yang *et al.*, 2023).

Por sua vez, a presença de cumarinas nos extratos de jaborandi também pode estar associada ao efeito antibacteriano, considerando evidências em *Pilocarpus spicatus* sbsp. *aracatensis* (jaborandi-da-restinga), no qual heraclenol e isoxalina reduziram a CIM do norfloxacino de 2x a 8x, respectivamente, e foram classificadas como inibidoras putativas de bombas de efluxo em *S. aureus* resistente (Trigueiro, 2022).

As quinonas apresentam reconhecida atividade antimicrobiana por atuarem em múltiplos alvos celulares, incluindo a inibição da síntese proteica e de ácidos nucleicos, bem como a interferência no metabolismo energético bacteriano (Cheng *et al.*, 2013; Fraser; Creanor, 1975; Schlievert *et al.*, 2013). Esses mecanismos comprometem processos essenciais para o crescimento e a multiplicação bacteriana, sendo compatíveis com o perfil predominantemente bacteriostático observado para os extratos de *P. microphyllus*.

Quanto aos taninos, a caracterização química do presente confirma a presença de taninos condensados, evidenciada pelo teste com FeCl_3 e pela prospecção com acetato de chumbo, que é específica para determinar a presença de taninos hidrolisáveis (Souza, 2020; Sofiati, 2009). Embora a literatura destaque maior consistência para taninos hidrolisáveis na atividade antimicrobiana, estes não foram identificados; por outro lado, os taninos condensados podem atuar por auto-oxidação em condições aeróbicas, gerando H_2O_2 , no mecanismo de auto-oxidação de micro-organismos em condições aeróbicas (Camarda *et al.*, 2026; Smith; Imlay; Mackie, 2003).

A partir de todos os possíveis mecanismos de ação apresentados, entende-se que a justificativa para o efeito antimicrobiano dos extratos etanólicos e cereais de *P. microphyllus* possa residir no sinergismo entre os compostos bioativos ali presentes (Odongo *et al.*, 2023; Aslam; Alim, 2025). Uma vez que se trata de um extrato bruto e nenhum metabólito foi isolado, é possível afirmar que isso ocorre, pois, as combinações sinérgicas atingem, simultaneamente, diferentes vias metabólicas (Ayaz *et al.*, 2019; Barros *et al.*, 2025).

Além disso, considerando os flavonóides e terpenos, que alteram a permeabilidade celular, é possível que eles atuem aumentando a facilidade para a entrada de outros compostos bioativos, que atuam no citoplasma da célula bacteriana, como as cumarinas e quinonas (Cheng *et al.*, 2013; Kim; Rhee, 2013). As quinonas, por sua vez, bloqueiam o metabolismo energético e inibem a síntese de proteínas e ácidos nucleicos (Fraser; Creanor, 1975; Schlievert *et al.*, 2013). Os mecanismos exercidos por esses metabólitos sobre a célula bacteriana contribuem para a inibição do crescimento microbiano e explicam o efeito bacteriostático observado nos extratos de *P. microphyllus*.

Como limitações do estudo, destaca-se inicialmente a ausência de identificação botânica formal com depósito de exsicata em herbário, uma vez que a matéria-prima vegetal foi adquirida comercialmente já processada e seca, o que impossibilitou a confirmação taxonômica por meio de análise morfológica completa. Apesar disso, a

identificação foi realizada com base na rotulagem do fornecedor e na finalidade comercial do produto, permitindo a condução das análises propostas.

Além disso, por se tratar de extratos brutos vegetais, não foi possível determinar de forma isolada quais metabólitos secundários foram diretamente responsáveis pela atividade antimicrobiana observada, sendo provável a ocorrência de efeito sinérgico entre diferentes compostos bioativos presentes nos extratos. Outra limitação relevante refere-se à ausência de ensaios complementares de citotoxicidade e de modelos *in vivo*, que seriam importantes para avaliar a segurança biológica, a aplicabilidade terapêutica e a relevância clínica dos extratos.

Dessa forma, estudos futuros envolvendo fracionamento bio-orientado, isolamento dos compostos ativos, padronização fitoquímica mais robusta e avaliação toxicológica poderão contribuir para melhor compreensão do potencial farmacológico de *Pilocarpus microphyllus* como fonte de substâncias antimicrobianas.

CONCLUSÃO

Os extratos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) demonstraram atividade antibacteriana *in vitro* frente a *Staphylococcus aureus*, evidenciada pela formação de halos de inibição, pela baixa Concentração Inibitória Mínima (CIM) e pela determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM). O extrato etanólico apresentou maior atividade no ensaio de disco-difusão, com diferença estatisticamente significativa em relação ao extrato obtido com álcool de cereais, sugerindo maior eficiência desse solvente na extração de compostos bioativos com ação antimicrobiana.

A razão CBM/CIM indicou predominância de efeito bacteriostático, sugerindo que os extratos atuam principalmente na inibição do crescimento bacteriano. Esse efeito pode estar associado à presença de metabólitos secundários identificados na prospecção fitoquímica, como flavonoides, taninos condensados, cumarinas, terpenos e quinonas, possivelmente atuando de forma sinérgica sobre diferentes alvos celulares bacterianos.

Dessa forma, *P. microphyllus* apresenta potencial como fonte de compostos bioativos com aplicação antimicrobiana, especialmente frente a *S. aureus*. No entanto, estudos futuros envolvendo fracionamento dos extratos, isolamento dos princípios ativos, padronização fitoquímica, avaliação toxicológica e validação em modelos *in vivo* são necessários para melhor compreensão de sua segurança, eficácia e aplicabilidade terapêutica.

REFERÊNCIAS

AL-QUDAH, M. M. A. Antibacterial effect of *Asphodelus fistulosus* aqueous and ethanolic crude extracts on gram positive and gram negative bacteria. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e260029, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.260029>.

ANTIMICROBIAL RESISTANCE COLLABORATORS. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. **Lancet**, v. 399, p. 629-655, 2022. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).

ARYA, P.; VAIDYA, D.; KAUSHAL, M.; DEVI, S.; GUPTA, A.; CHAND, S. Effects of different solvents on phytochemical constituents, in-vitro antimicrobial activity, and volatile components of *Boehmeria rugulosa* Wedd. wood extract. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 29135, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14506-x>.

ASLAM, R.; ALIM, A. Synergistic antimicrobial and antibiofilm effects of plant-active ingredients and antibiotics on multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. **Journal of applied microbiology**, v. 136, n. 9, lxaf211, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1093/jambio/lxaf211>.

AYAZ, M.; ULLAH, F.; SADIQ, A.; ULLAH, F.; OVAIS, M.; AHMED, J.; DEVKOTA, H. P. Synergistic interactions of phytochemicals with antimicrobial agents: Potential strategy to counteract drug resistance. **Chemico-biological interactions**, v. 308, p. 294–303, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2019.05.050>.

BARROS, A. V. de.; MENEZES, G. de L.; VERAS, B. O. de.; SANTOS, P. E. M. dos.; FULCO, U. L.; PAIVA, P. M. G.; SILVA, M. V. da.; TEIXEIRA, G. F.; NETO, I. C. P.; COUTINHO, H. D. M.; OLIVEIRA, M. B. M. de. Screening of Secondary Metabolites with Synergistic Potential Associated with Amoxicillin: An In Vitro and In Silico Approach. **Current microbiology**, v. 83, n. 1, 5, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04586-3>.

BEZERRA, P. do N. **Teor de pilocarpina em extratos das folhas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth) obtidos via extração supercrítica**. 2019. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/items/b0350f74-8632-47b6-8eea-61d2cac88129>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CAMARDA, L. BUDRIESI, R.; CORAZZA, I.; FROSINI, M.; MARZETTI, C.; MATTIOLI, L. B. Antioxidant and Health-Related Effects of Tannins: From Agri-Food By-Products to Human and Animal Health. **Antioxidants**, v. 15, n. 1, 104, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox15010104>.

CARVALHO, A. M. A. de. **Atividade antifúngica in vitro dos alcaloides das folhas de *Pilocarpus microphyllus* isolados e em combinação com fármacos antifúngicos**. 2018. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufpi.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1577/ANDRESSA%20MARIA%20AGUIAR%20DE%20CARVALHO_PARCIAL.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 jun. 2026.

CHENG, G.; HAO, H.; DAI, M.; LIU, Z.; YUAN, Z. Antibacterial action of quinolones: from target to network. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 66, p. 555-562, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.01.057>.

COSTA, T. A. de C. **Perfil fitoquímico de materiais biológicos usados em dessalinizador caseiro de água salobra**. 2011. 116f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10676/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Tadeu%20Ant%C3%B4nio%20de%20Campos%20Costa.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2025.

EUCAST. EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING *et al.* **Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters**. Version 12.0, 2022. Disponível em: <https://www.eucast.org/bacteria/clinical-breakpoints-and-interpretation/clinical-breakpoint-tables/>. Acesso em: 03 mar. 2026.

FRASER, R. S.; CREANOR, J. The mechanism of inhibition of ribonucleic acid synthesis by 8-hydroxyquinoline and the antibiotic lomofungin. **Biochemical Journal**, v. 147, n. 3, p. 401-410, 1975. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj1470401>.

HENRIQUES, S. V. C.; ALMEIDA, S. S. M. da S. de. Identificação do caráter medicinal da espécie *Curatella americana* por meio das folhas. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 3, n. 2, p. 89-97, 2013. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/estacao>. Acesso em: 03 mar. 2025.

KARIYAWASAM, R. M.; JULIEN, D. A.; JELINSKI, D. C.; LAROSE, S. L.; RENNERT-MAY, E.; CONLY, J. M.; DINGLE, T. C.; CHEN, J. Z.; TYRRELL, G. J.; RONKSLEY, P. E.; BARKEMA, H. W. Antimicrobial resistance (AMR) in COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis (November 2019-June 2021). **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 11, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-022-01085-z>.

KIM, S. A.; RHEE, M. S. Marked synergistic bactericidal effects and mode of action of medium-chain fatty acids in combination with organic acids against *Escherichia coli* O157:H7. **Applied and environmental microbiology**, v. 79, n. 21, p. 6552-6560, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02164-13>.

LIMA, F. F. do N. **Prospecção fitoquímica e avaliação da atividade antimicrobiana do extrato hexânico e etanólico da folha de coirama *Kalanchoe pinnata* (lam.) pers.** 2022. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Coari - AM, 2022. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6378/2/TCC_FernandoLima.pdf. Acesso em: 02 mar. 2025.

LIMA, J. S.; SILVA FILHO, J. R. da.; SENADO, R. M.; FREITAS, I. B. de.; SOUZA, G. dos S. R.; VILAR, L. B.; PAIXÃO, A. I. L. da.; SODRÉ, G. S.; SOUSA, P. F. M. de.; MACEDO, A. R. G.; VIEIRA, J. dos S. C.; SILVA, J. B. da. Atividade antifúngica de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e unha-de-gato (*Uncaria tomentosa*) sobre *Candida albicans*. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, e4463. 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n5-017>.

LIU, G-Y.; YU, D.; FAN, M-M.; ZHANG, Z.; JIN, Z-Y.; TANG, C.; LIU, X-F. Antimicrobial resistance crisis: could artificial intelligence be the solution?. **Military Medical Research**, v. 11, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40779-024-00510-1>.

MATOS, F. J. de A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

MËRTIRI, I.; GRIGORE-GURU, L.; MIHALCEA, L.; APRODU, I.; TURTURICĂ, M.; RÂPEANU, G.; STĂNCIUC, N. Preliminary Studies on In Vitro Antibacterial Activity Against *Staphylococcus aureus* of Supercritical Fluid Extract from *Juniperus oxycedrus*: Evidence on Phenols Effect. **Pharmaceuticals (Basel)**, v. 19, n. 2, p. 287, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph19020287>.

NEVES, N. de S. **Avaliação *in silico* da toxicidade e bioatividade de alcaloides imidazólicos presentes nas folhas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holm.)**. 2025. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina) - Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Parnaíba, 2025. Disponível em: <https://dspace.ufdpar.edu.br/bitstream/prefix/723/1/NATANAEL%20DE%20SOUZA%20NEVES%20TCC%20-%20Natanael%20de%20Sousa%20Neves%20%282%29.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2026.

ODONGO, E. A.; MUTAI, P. C.; AMUGNE, B. K.; MUNGAI, N. N.; AKINYI, M. O.; KIMONDO, J. Evaluation of the antibacterial activity of selected Kenyan medicinal plant extract combinations against clinically important bacteria. **BMC complementary medicine and therapies**, v. 23, n. 1, 100, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03939-4>.

ROCHA, J. A.; ANDRADE, I. M.; VÉRAS, L. M. C.; QUELEMES, P. V.; LIMA, D. F.; SOARES, M. J. S.; PINTO, P. L. S.; MAYO, S. J.; IVANOVA, G.; RANGEL, M.; CORREIA, M.; MAFUD, A. C.; MASCARENHAS, Y. P.; DELERUE-MATOS, C.; MORAES, J. de.; EATON, P.; LEITE, J. R. S. A. Anthelmintic, Antibacterial and Cytotoxicity Activity of Imidazole Alkaloids from *Pilocarpus microphyllus* Leaves. **Phytotherapy research**, v. 31, n. 4, p. 624-630, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5771>.

SANTOS, A. P.; MORENO, P. R. H. *Pilocarpus* spp.: A survey of its chemical constituents and biological activities. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 40, n. 2, p. 115-137, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322004000200002>.

SANTOS, T. B. dos.; KODEL, H. de A. C.; GOMES, D dos S.; RODRIGUES, I. S. G.; CORREA, W. S.; OLIVEIRA, N. N. da C. de.; SOUSA, A. B. F. de.; DROPPA-ALMEIDA, D. Prospecção científica e tecnológica com ênfase em vacinas para o combate da *Staphylococcus aureus*. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 2, p. 01-20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.2-308>.

SASIDHARAN, A.; CHEN, Y.; SARAVANAN, D.; SUNDRAM, K. M.; YOGA LATHA, L. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 8, n.1, p. 1-10, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i1.60483>.

SCHLIEVERT, P. M.; MERRIMAN, J. A.; SALGADO-PABÓN, W.; MUELLER, E. A.; SPAULDING, A. R.; VU, B. G.; CHUANG-SMITH, O. N.; KOHLER, P. L.; KIRBY, J. R.

Menaquinone analogs inhibit growth of bacterial pathogens. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 57, n. 11, p. 5432-5437, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1128/AAC.01279-13>.

SILVA, F. A.; BIZERRA, A. M. C.; FERNANDES, P. R. D. Testes fitoquímicos em extratos orgânicos de *Bixa orellana* L. (Urucum). **Holos**, v. 2, p. 484-498, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2018.6929>.

SMITH, A. H.; IMLAY, J. A.; MACKIE, R. I. Increasing the oxidative stress response allows *Escherichia coli* to overcome inhibitory effects of condensed tannins. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 6, p. 3406-3411, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.69.6.3406-3411.2003>.

SOFIATI, F. T. **Estudo fitoquímico e atividades biológicas preliminares de extratos de *Polygonum acre* (polygonaceae) h.b.k. e *Synadenium carinatum* (euphorbiaceae) boiss.** 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/1c518146-f040-4fca-ba9f-64585a0894cc>. Acesso em: 03 mar. 2025.

SOUSA, P. S. de A.; NOGUEIRA, S. S.; AYALA, K. N. R.; SILVA, P. C.; SANTOS, E. da S.; SÁ, R. E. de.; NETO, F. M. de L.; LIMA, J. R. da C.; RODRIGUES, K. A. da F.; ROCHA, J. A.; VÉRAS, L. M. C. Prospecção científica e tecnológica de *Pilocarpus microphyllus* e do alcaloide epiisopiloturina com ênfase na atividade antileishmania. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e59810716984, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16984>.

SOUZA, A. de O. **Prospecção fitoquímica e atividades biológicas de extratos das folhas da *Spiranthera odoratissima* A. St. - Hill (Rutaceae).** 2020. 52f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde - GO, 2020. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_12/2020-09-11-12-03-37Dissertação%20Amanda%20de%20Oliveira%20Souza%20-%20Final.pdf. Acesso em: 04 mar. 2025.

TRIGUEIRO, N. D. **Estudo fitoquímico de *Pilocarpus spicatus* subsp. *aracatensis* (Rutaceae) e avaliação da atividade moduladora da resistência bacteriana de cumarinas isoladas dessa espécie.** 2022. 136f. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/23374/1/NikoleDurandTrigueiro_Dissert.pdf. Acesso em 27 out. 2025.

VIANA, P. O.; RAMOS, A. C. C. A. Utilização de plantas medicinais como ferramenta de estímulo para o resgate de cultura e qualidade de vida. **Saber Científico**, v. 8, n. 1, p. 89-102, 2019. Disponível em: <https://saolucas.emnuvens.com.br/resc/article/download/1265/1105>. Acesso em 30 out. 2025.

XIE, Y.; YANG, W.; TANG, F.; CHEN, X.; REN, L. Antibacterial activities of flavonoids: structure-activity relationship and mechanism. **Current medicinal chemistry**, v. 22, n. 1, p. 132-149, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2174/0929867321666140916113443>.

YANG, X.; ZHAO, S.; DENG, Y.; XU, W.; WANG, Z.; WANG, W.; LV, R.; LIU, D. Antibacterial activity and mechanisms of α -terpineol against foodborne pathogenic bacteria. **Applied microbiology and biotechnology**, n. 107, v. 21, p. 6641–6653, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12737-4>.

YUAN, G.; GUAN, Y.; YI, H.; LAI, S.; SUN, Y.; CAO, S. Antibacterial activity and mechanism of plant flavonoids to gram-positive bacteria predicted from their lipophilicities. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, 10471, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90035-7>.