

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO LEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

ISRAELE FERNANDES RODRIGUES

**PERFIL FITOQUÍMICO, ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E MODIFICADORA
DA AÇÃO DE ANTIBIÓTICOS DE *Calotropis procera* ASSOCIADA À LUZ DE LED
AZUL**

Juazeiro do Norte – CE

2025

ISRAELE FERNANDES RODRIGUES

**PERFIL FITOQUÍMICO, ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E MODIFICADORA
DA AÇÃO DE ANTIBIÓTICOS DE *Calotropis procera* ASSOCIADA À LUZ DE LED
AZUL**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

Orientadora: Dra. Priscilla Ramos Freitas Alexandre

Coorientadora: Ma. Rakel Olinda Macedo da Silva

Juazeiro do Norte – CE

2025

ISRAELE FERNANDES RODRIGUES

**PERFIL FITOQUÍMICO, ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E MODIFICADORA
DA AÇÃO DE ANTIBIÓTICOS DE *Calotropis procera* ASSOCIADA À LUZ DE LED
AZUL**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

Orientadora: Dra. Priscilla Ramos Freitas Alexandre

Coorientadora: Ma. Rakel Olinda Macedo da Silva

Data de aprovação: 28/11/2025

BANCA EXAMINADORA

**Prof(a): Dra. Priscilla Ramos Freitas Alexandre
Orientadora**

**Prof(a): Ma. Rakel Olinda Macedo da Silva
Coorientadora**

**Prof(a): Dra. Ana Carolina Ferreira Araújo
Examinadora 1**

**Prof(a): Ma. Tassia Thais Al Yafawi
Examinadora 2**

PERFIL FITOQUÍMICO, ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E MODIFICADORA DA AÇÃO DE ANTIBIÓTICOS DE *Calotropis procera* ASSOCIADA À LUZ DE LED AZUL

Israele Fernandes Rodrigues¹;
Rakel Olinda Macedo da Silva²; Priscilla Ramos Freitas Alexandre³.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar o perfil fitoquímico, a atividade antibacteriana e o potencial modificador da ação de antibióticos do extrato hidroalcoólico das folhas de *Calotropis procera* (Aiton) W.T. (Flor-de-seda). A espécie pertence à família Apocynaceae, e tem amplo uso na medicina popular devido apresentar potencial antimicrobiano e antioxidante. bem como avaliar a influência da luz de LED azul sobre esses efeitos. O extrato foi obtido por maceração em etanol 70% e submetido à prospecção fitoquímica qualitativa. A atividade antimicrobiana e a modulação da ação de gentamicina e eritromicina foram avaliadas por microdiluição em caldo contra as cepas *Escherichia coli* 25922 e *Staphylococcus aureus* 25923; e multirresistentes *E. coli* 06 e *S. aureus* 10, com e sem exposição à luz LED azul (415 nm). A prospecção revelou a presença de flavonoides, xantonas, flavonóis, alcaloides e saponinas. O extrato não apresentou atividade antibacteriana direta (CIM \geq 1024 $\mu\text{g/mL}$) contra as bactérias, porém reduziu significativamente a CIM da gentamicina, especialmente sob luz azul frente as duas cepas multirresistentes. Conclui-se que o EHCp apresenta potencial adjuvante, embora não exerça ação antimicrobiana isoladamente, e que novas pesquisas são necessárias para determinar seus mecanismos e segurança.

Palavras chave: Antibacteriano. *Calotropis procera*. Fitoquímica. LED azul. Resistência bacteriana.

PHYTOCHEMICAL PROFILE, ANTIBACTERIAL ACTIVITY, AND MODULATORY EFFECT ON ANTIBIOTICS OF *Calotropis procera* ASSOCIATED WITH BLUE LED LIGHT

Israele Fernandes Rodrigues¹;
Rakel Olinda Macedo da Silva²; Priscilla Ramos Freitas Alexandre³.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the phytochemical profile, antibacterial activity, and antibiotic-modifying potential of the hydroalcoholic leaf extract of *Calotropis procera* (Aiton) W.T. (Silk flower). This species belongs to the Apocynaceae family and is widely used in traditional medicine due to its antimicrobial and antioxidant potential. The study also evaluates the influence of blue LED light on these effects. The extract was obtained by maceration in 70% ethanol and subjected to qualitative phytochemical screening. Antimicrobial activity and the modulation of gentamicin and erythromycin were assessed by broth microdilution against *Escherichia coli* 25922 and *Staphylococcus aureus* 25923, as well as multidrug-resistant *E. coli* 06 and *S. aureus* 10, with and without exposure to blue LED light (415 nm). The screening revealed the presence of flavonoids, xanthenes, flavonols, alkaloids, and saponins. The extract showed no direct antibacterial activity (MIC \geq 1024 $\mu\text{g/mL}$); however, it significantly reduced the MIC of gentamicin, especially under blue light against both multidrug-resistant strains. In

¹Discente do curso de Biomedicina, israelefernandesrodrigues@gmail.com, Centro Universitário Leão Sampaio

²Docente do curso de Biomedicina, rakelolinda@leaosampaio.edu.br, Centro Universitário Leão Sampaio

³Docente do curso de Biomedicina, priscillafreitas@leaosampaio.edu.br, Centro Universitário Leão Sampaio

conclusion, the EHCp exhibits adjuvant potential, although it does not exert isolated antimicrobial action, and further research is needed to clarify its mechanisms and safety.

Keywords; Antibacterial. *Calotropis procera*. Phytochemistry. Blue LED. Bacterial resistance.

1 INTRODUÇÃO

A crescente resistência bacteriana compromete a eficácia do tratamento de doenças infecciosas devido a emergência de bactérias multirresistentes. Esses microrganismos desenvolvem mecanismos como a produção de enzimas inativadoras de fármacos, modificações nos alvos moleculares dos antibióticos, redução da permeabilidade da membrana celular e uso de bombas de efluxo. Logo, a busca por novas abordagens terapêuticas torna-se essencial (Silva *et al.*, 2024; Silvas; Arturo, 2025).

Entre os microrganismos de maior relevância nesse contexto destaca-se a bactéria *E. coli*, um bacilo Gram-negativo que compõe a microbiota intestinal de humanos e animais. Muitas cepas são comensais, outras adquiriram fatores de virulência que as tornam patogênicas. Têm apresentado crescente resistência antimicrobiana, especialmente às classes dos β -lactâmicos e quinolonas (Geurtsen *et al.*, 2022; Yu; Banting; Neumann, 2021).

Outro patógeno de destaque é a espécie *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), Gram-positiva presente na microbiota humana e no ambiente. Essa bactéria é responsável por infecções que variam de lesões cutâneas a pneumonia, bacteremia e endocardite. Sua patogenicidade decorre da produção de toxinas, como as exotoxinas termoestáveis, a toxina TSST-1, e toxinas hemolíticas. Um desafio adicional é seu perfil de resistência, especialmente nas cepas de *Staphylococcus aureus* Resistentes à Meticilina (MRSA), associada a altas taxas de mortalidade (Cussolim *et al.*, 2021).

Nesse cenário, diversas pesquisas têm demonstrado que o potencial farmacológico das plantas está associado à presença de metabólitos secundários, substâncias com funções protetoras a elas, e que têm sido exploradas especialmente por seu potencial antimicrobiano (Rocha *et al.*, 2021).

Exemplarmente, destaca-se a espécie *Calotropis procera*, pertencente à família Apocynaceae, conhecida como flor-de-seda, é um arbusto lactífero cujo látex é rico compostos bioativos. Essa planta é tradicionalmente empregada na medicina popular contra úlceras, verrugas e problemas hepáticos. Estudos comprovam suas atividades farmacológicas relevantes, como anti-inflamatória, analgésica, antioxidante, antibacteriana e anticâncer (Kaur *et al.*, 2021; Moreira, 2018).

Os extratos obtidos de *C. procera* mostram eficácia contra várias bactérias, incluindo *E. coli*, atribuída a compostos como saponinas, flavonoides e glicosídeos cardíacos (calotropina e proceragenina), que demandam cautela devido ao seu potencial tóxico. O

óleo essencial da planta, rico em terpenóides, reforça seu potencial antimicrobiano, terapêutico e biotecnológico dessa espécie (Dogara, 2023).

Além das plantas medicinais, a luz LED (*Ligth Emitting Diode*) azul tem se destacado por seu potencial na reparação tecidual e atividade antimicrobiana, atuando contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*. Ademais, seu efeito sinérgico quando associada a compostos naturais ou antibióticos, potencializando a atividade antibacteriana e oferecendo uma alternativa promissora no combate à resistência bacteriana (Matias, 2018; Nicolau *et al.*, 2022).

Em suma, a busca por compostos naturais e novas estratégias antimicrobianas torna a pesquisa a respeito da espécie *Calotropis procera* e da luz de LED azul relevante, ao buscar alternativas promissoras, por meio da análise de substâncias com potencial medicinal e da busca de estratégias complementares capazes de potencializar a atividade dos compostos da planta sobre as bactérias.

Diante disso, presente estudo tem como objetivo avaliar a composição fitoquímica e o potencial antibacteriano e adjuvante da atividade de antibióticos do extrato hidroalcoólico da espécie *Calotropis procera* sobre cepas padrão e multirresistentes de *E. coli* e *S. aureus* por meio da Concentração Inibitória Mínima (CIM), assim como investigar a influenciada exposição à luz de LED azul sobre essa ação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

2.1.1 Coleta do material vegetal

As folhas de *Calotropis procera* foram coletados no município de Juazeiro do Norte – CE (-7,254302, -39,312582), foram retiradas da parte aérea da planta e acondicionadas em recipientes apropriados. O material vegetal foi devidamente identificado pelo botânico Dr. José Weverton Almeida Bezerra como sendo *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton da família Apocynaceae.

2.1.2 Obtenção do extrato hidroalcoólico das folhas

Para a obtenção do extrato hidroalcoólico, as folhas frescas foram levadas ao Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, onde passaram pelo processo de maceração para o aumento da superfície de contato. Em seguida, foram misturadas a etanol 70%, sendo acondicionadas e submersas em um recipiente adequado, onde permaneceram por 72 horas, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após esse período, o

extrato obtido foi filtrado com o auxílio de papel filtro e posteriormente concentrado em condensador rotativo a vácuo e *ultrathermal* banho (Jesus *et al.*, 2021).

2.1.3 Prospecção fitoquímica

Os testes fitoquímicos para a identificação dos metabólitos secundários presentes no extrato hidroalcoólico obtido foram realizados conforme a metodologia descrita por Matos (1997). Para isso, foram observadas a mudança de cor, a formação de precipitados e as propriedades físico-químicas dos constituintes dessa espécie após a adição de reagentes específicos.

2.1.4 Antibióticos, meios de cultura e microorganismos

Os antibióticos utilizados foram gentamicina e eritromicina da marca SIGMA Chemical Co., St. Louis, EUA, da classe dos aminoglicosídeos e fluoroquinolonas, respectivamente. Os meios de cultura foram *Ágar Brain Heart Infusion e Brain Heart Infusion Broth* (Himedia). As bactérias utilizadas foram cepas padrão *Escherichia coli* 25922 e *Staphylococcus aureus* 25923; e multirresistentes *E. coli* 06 e *S. aureus* 10, cedidas pelo Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular (LMBM) da Universidade Regional do Cariri – URCA. O perfil de resistência das cepas utilizados está descrita na tabela 1.

Tabela 1. Origem e perfil de resistência das bactérias

Bactéria	Origem	Perfil de resistência
<i>Staphylococcus aureus</i> -10	Swab retal	Tec (sensível) Amc, Amox, Amp, Asb, Azi, Ca, Cef, Cf, Cip, Cla, Clin, Eri, Lev, Mox, Oxa, Pen (Resistente)

<i>Escherichia coli</i> -06	Cultura de urina	Ami, Cip, Etp, Imi, Lev, Mer, Nit (sensível) Asb, Ca, Cef, Cfo, Cmp, Cro (Resistente)
-----------------------------	------------------	--

Subtítulo: Amc- Amoxicillin + Ac. Clavulanic, Ami- Amikacin, Amox– Amoxicillin, Amp – Ampicillin, Asb - Ampicillin + Sulbactam, Azi – Azithromycin, Ca - Cefadroxil; Cef – Cephalexin, Cfo- Cefoxitin, Cip – Ciprofloxacin, Cla – Clarithromycin, Clin – Clindamycin, Cmp- Cefepime, Cro- Ceftriaxone, CtzCeftazidime, Eri – Erythromycin, Etp- Ertapenem, Imi- Imipenem, Lev- Levofloxacin, Mer- Meropenem, Mox – Moxifloxacin, Nit- Nitrofurantoin, Oxa – Oxacillin, Pen – Penicillin e Ptz- Piperacillin.

Fonte: Adaptado de Bezerra *et al*, 2017.

2.1.5 Preparo das amostras e inóculos

Foram depositados 10 mg do extrato hidroalcoólico da folha em microtubos de polipropileno individualizados, onde foram diluídos em 0,5 mL de DMSO (dimetilsulfóxido). Em seguida, essa solução foi colocada em um tubo falcon e acrescida de 9,265 mL de água destilada estéril, perfazendo um total de 9,765 mL de solução com concentração de 1.024 µg/mL para cada extrato. Os antibióticos gentamicina e norfloxacino também foram diluídos.

Foram realizadas culturas das bactérias em meio de cultura sólido contendo *Ágar Brain Heart Infusion* (BHI) e incubadas por 24 horas a 37 °C na estufa. Após esse período, foi transferida uma alçada de cada colônia de bactéria para suspensões em triplicata, em tubos contendo 10 mL de solução estéril de NaCl a 0,9% para a obtenção do inóculo. Em seguida, as suspensões foram agitadas no equipamento Vórtex, e sua turbidez comparada com a escala de 0,5 de McFarland, o que equivaleu a um inóculo de aproximadamente $1,5 \times 10^8$ unidades formadoras de colônia - UFC/mL.

2.1.6 Testes de CIM e atividade potencializadora de antibióticos

A determinação da CIM foi realizada através da técnica de microdiluição em caldo, em placas estéreis com 96 poços. Inicialmente, foram transferidos para microtubos de polipropileno, em triplicata, 100 µL do inóculo bacteriano, correspondendo a 10% do volume total de 1.000 µL, e adicionado o volume restante de 900 µL de BHI. Em seguida, 100 µL da solução final do inóculo foi transferida para cada poço da placa, para posteriormente ser

realizada a microdiluição seriada com 100 μL da solução do extrato em concentração de 1024 $\mu\text{g/mL}$, por coluna, com concentração variando de 512 $\mu\text{g/mL}$ a 8 $\mu\text{g/mL}$. Todos os testes foram realizados em triplicata e as placas incubadas a 37 °C por 24 horas. A determinação da CIM bacteriana foi feita utilizando-se a adição de 20 μL de resazurina em cada poço e observação da mudança de coloração após 1 hora (NCCLS, 2003).

De acordo com a metodologia proposta por Coutinho *et al.* (2008), foi preparada uma suspensão utilizando 150 μL do inóculo bacteriano, com o volume correspondente à concentração subinibitória (CIM/8) do extrato testado, e o volume restante do meio de cultura *Brain Heart Infusion Broth* (BHI) a 10%. Os antibióticos foram diluídos a uma concentração de 1.024 $\mu\text{g/mL}$, e em seguida foram microdiluídos 100 μL de cada antibiótico aos poços da placa de microdiluição. As placas foram incubadas a 35 ± 2 °C por 24 horas. Após a incubação, para destacar a atividade modificadora foi utilizado 20 μL de resazurina sódica.

2.1.7 Avaliação dos efeitos da luz de LED azul

O aparelho utilizado durante o procedimento experimental com LED foi o *Light Emitting Diodes* - LED, da marca *NEW Estética*[®]. A luz azul utilizada teve um comprimento de onda pré-determinado pelo aparelho de 415 nm. Para a realização destes testes, inicialmente foram utilizadas as mesmas metodologias referentes ao teste de avaliação da atividade antibacteriana e modificadora por contato direto. Após isso, as placas foram subdivididas em dois grupos, onde o primeiro foi submetido à luz de LED azul durante vinte minutos e o segundo não foi submetido à luz de LED. As placas foram incubadas a 37 °C, durante 24h. Os testes foram realizados em triplicata e, para determinação da CIM, foi utilizada a resazurina sódica (Pereira *et al.*, 2017).

2.1.8 Análise estatística dos resultados

Por fim, os dados obtidos foram analisados através do programa estatístico *Graph Pad Prism* 9.0 e analisados através de um teste ANOVA de duas vias, utilizando a média geométrica das triplicatas como dado central e o desvio padrão da média. Em seguida, foi feito um teste de *Bonferroni post hoc* (em que $p < 0,05$ foi considerado significativo).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.2.1 Prospecção fitoquímica

Na análise fitoquímica qualitativa foi possível identificar compostos secundários presentes no extrato hidroalcoólico de *Calotropis procera* (EHCp) conforme descrito na tabela 2:

Tabela 2: Análise da composição fitoquímica do extrato hidroalcoólico de *Calotropis procera* (Aiton)

<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton	
Compostos	Extrato hidroalcoólico
Fenóis e taninos	-
Favonas, flavonoides e xantonas	+
Chalconas e auronas	+
Flavonóis	+
Leucoantocianidinas, catequinas e flavononas	+
Alcalóides	+
Saponinas	+

Legenda: Presente (+); ausente (-).

A composição fitoquímica de uma mesma espécie depende de diversos fatores metodológicos como a parte da planta estudada, o método de extração e de fatores ambientais como o solo, clima e idade da planta (Palazon; Alcalde, 2025).

No estudo realizado por Brito *et al.*, (2010) o látex de *C. procera* apresentou flavonas, xantonas, flavonóis, esteróides e alcalóides, assim como observado no presente estudo. Esse achado demonstra que apesar das diferentes matrizes vegetais analisadas vários metabólitos secundários se mantiveram recorrentes, indicando que tais compostos são característicos da espécie.

A presença de flavonas, flavonóis, xantonas e saponinas também foi relatada no estudo realizado por Lopes (2020) a partir da análise do extrato hidroalcoólico de *C. procera*. No

entanto, esse mesmo trabalho identificou a presença de fenóis e taninos, o que diverge do presente estudo.

Além disso, em um estudo realizado por Mehmood; Arshad; Nawaz. (2020), observou-se que as folhas de *Calotropis procera* apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos e desempenho biológico. Esse achado contrasta com os resultados do presente estudo, no qual não foram detectados compostos fenólicos nas amostras analisadas.

2.2.2 Atividade antibacteriana e Concentração Inibitória Mínima

O teste de potencial antimicrobianos do EHCp por contato direto teve como resultado a CIM $\geq 1024 \mu\text{g/mL}$, sendo assim não apresentou uma atividade direta contra as cepas bacterianas *Escherichia coli* 25922 e *Staphylococcus aureus* 25923; e multirresistentes *E. coli* 06 e *S. aureus* 10. Da mesma maneira, quando submetidos à luz de LED azul os resultados da CIM contra as cepas bacterianas foi $\geq 1024 \mu\text{g/mL}$.

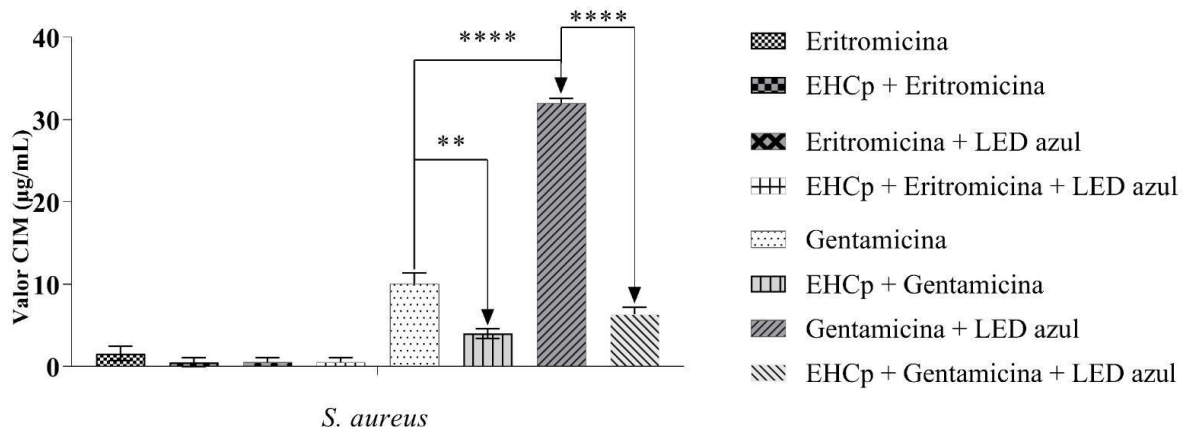
Em Almeida *et al.* (2018) o extrato etanólico do caule de *Calotropis procera* inibiu *E. coli* com a CIM de $1000 \mu\text{g/mL}$ e $500 \mu\text{g/mL}$, embora não tenha sido eficaz contra *S. aureus*. Diferentemente, no presente estudo não foi observada inibição para ambas as bactérias, o que pode indicar haver variações na composição química do extrato, no método de extração ou na sensibilidade das cepas avaliadas.

Em paralelo, estudo de Al-Rowaily *et al.* (2020) demonstrou que o óleo essencial de *C. procera* apresentou forte atividade antimicrobiana, com valores de CIM variando entre 0,16 e $0,23 \mu\text{g/mL}$, sendo *S. aureus* a bactéria mais sensível, seguida por *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella typhi*, *Streptococcus pyogenes*, *E. coli* e *Pseudomonas aeruginosa*. Como no presente estudo, o extrato hidroalcoólico não apresentou atividade antibacteriana detectável, sugere-se que, embora o extrato bruto não tenha sido eficaz, o óleo essencial da espécie pode concentrar compostos responsáveis pela atividade observada em outros trabalhos.

2.2.3. Potencial modificador da ação de antibióticos associado à luz de LED azul

Observa-se, pelos resultados apresentados na tabela 1 que a cepa *S. aureus* 10 demonstrava resistência ao antibiótico eritromicina isoladamente, diferente do que foi observado no presente estudo conforme verificado no gráfico 1. E, portanto, a associação ao EHCp e a exposição à luz de LED não modificaram essa resposta com relação ao antimicrobiano.

Gráfico 1: Avaliação da atividade modificadora do EHCp sobre os antibióticos gentamicina e eritromicina e em associação à luz de LED azul, frente à cepa multirresistente de *Staphylococcus aureus* 10.



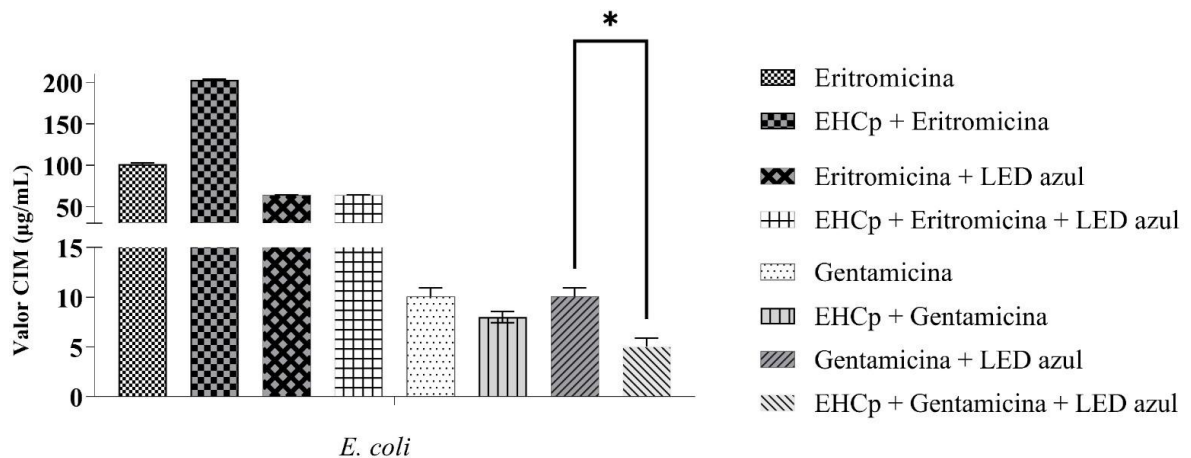
Fonte: Próprio autor. ANOVA bidirecional seguida pelo pós-teste de Bonferroni, usando o *software GraphPad Prism 7.0*. ****p <0,0001.

Por outro lado, na associação com gentamicina, o extrato proporcionou uma redução estatisticamente significativa da sua CIM, tanto na presença quanto na ausência de luz azul. Esses achados indicam que o EHCp exerceu efeito potencializador sobre a atividade da gentamicina contra *S. aureus*, independentemente da fotossensibilização.

De acordo com os resultados apresentados no Gráfico 2, observa-se que o EHCp não exerceu efeito intensificador sobre a ação da eritromicina frente *E. coli* 06, tanto na presença quanto na ausência de exposição à luz LED azul.

Entretanto, quando associado à gentamicina sob exposição à luz azul, verificou-se uma redução significativa da CIM. Esse achado indica que a luz atuou como potencializadora da interação entre o antibiótico e o extrato, favorecendo sua atividade antimicrobiana.

Gráfico 2: Avaliação da atividade modificadora do EHCp sobre os antibióticos gentamicina e eritromicina e em associação à luz de LED azul, frente à cepa multirresistente de *Escherichia coli* 06.



Fonte: Próprio autor. ANOVA bidirecional seguida pelo pós-teste de Bonferroni, usando o *software GraphPad Prism 7.0*. ****p <0,0001.

Assim como descrito por Endris (2024) o extrato bruto das folhas de *Calotropis procera* exerce atividade pela junção de mecanismos como a ruptura da membrana celular por fitoquímicos como saponinas, triterpenoides e alcaloides, interferem na síntese da parede celular, sendo muito eficaz contra bactérias Gram-positivas. Sendo assim uma interação sinérgica de diversos compostos químicos naturais em sua composição.

No Gráfico 2, também se observa o aumento da CIM da eritromicina quando associada ao EHCp. Esse resultado pode ser atribuído à presença, de compostos com atividade antioxidante no extrato, capazes de interagir e reduzir o estresse oxidativo normalmente induzido pelo antibiótico na bactéria. Dessa forma, ocorre um efeito antagônico, reduzindo a eficácia da eritromicina (Smirnova *et al.*, 2012).

Em relação ao efeito da luz de LED, o estudo de Leandro *et al.* (2020) descreve em experimentos realizados com *S. aureus*, a combinação entre o óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L. e três fontes de luz de LED a potencialização do efeito antibacteriano da amicacina, um aminoglicosídeo pertencente à mesma classe farmacológica da gentamicina. Esse paralelo sugere que a fotopotencialização pode ser uma característica comum na interação entre a luz e aminoglicosídeos.

Além disso, pesquisas demonstraram que a fotoinativação com luz LED exerce efeitos mais eficazes contra cepas bacterianas Gram-positivas, e explica que, em bactérias Gram-negativas, a penetração da luz é dificultada pela defesa intrínseca da membrana celular

bacteriana. De maneira semelhante o presente estudo também demonstra uma boa fotoinativação da cepa bacteriana de *S. aureus* 10 em comparação com a Gram-negativa (Demidova; Hamblin, 2005)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o extrato hidroalcoólico das folhas frescas de *C. procera* não apresentou efeito antibacteriano frente as cepas *E. coli* 25922 e *S. aureus* 25923; e multirresistentes *E. coli* 06 e *S. aureus* 10. Porém, demonstrou potencial intensificador da ação da gentamicina contra *S. Aureus* 10 e *E. coli* 06, e ação deste extrato pode ser potencializada pela associação com a luz LED azul, representando assim uma alternativa promissora no combate à resistência bacteriana.

A prospecção fitoquímica realizada permitiu identificar metabólitos importantes como favonas, flavonoides, xantonas, chalconas e auronas, leucoantocianidinas, catequinas e flavononas, flavonóis, alcaloides e saponinas, o que contribui para compreender o perfil químico da planta e suas atividades biológicas.

Contudo, pesquisas adicionais são necessárias como a análise fitoquímica quantitativa e o isolamento dos compostos majoritários do EHCp, a fim de avaliar de forma mais robusta suas possíveis atividades biológicas. Além de ser preciso garantir a segurança e a eficácia desta espécie e da terapia combinada com a luz de LED azul para o combate a infecções por bactérias resistentes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.F. *et al.* Atividade antibacteriana do extrato etanólico bruto (EEB) do caule de *Calotropis procera* (apocynaceae). **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 14, n. 1, 2018.
- AL-ROWAILY, S. L. *et al.* Essential oil of *Calotropis procera*: Comparative chemical profiles, antimicrobial activity, and allelopathic potential on weeds. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 21, 2020.
- BEZERRA, C.F. *et al.* A vanilina modula seletivamente a ação dos antibióticos contra bactérias resistentes, **Microbial pathogenesis**, v. 113, 2017.
- BRITO, S. A., *et al.* Prospecção fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana e toxicidade do látex de *Calotropis procera* (asclepidaceae). **Cadernos de cultura e ciência**. Ano IV – v. 2- n. 2, 2010.
- COUTINHO, H. D. M. *et al.* In vitro anti-staphylococcal activity of *Hyptis martiusii* benth against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: MRSA strains. **Rev. Bras. Farmacogn.** v. 18, supl, 2008.
- CUSSOLIM, P. A. *et al.* Mecanismos de resistência do *Staphylococcus aureus* a antibióticos. **Revista faculdades do saber**, v. 6, n. 12, 2021.
- DEMIDOVA, T. N.; HAMBLIN, M. R. Effect of cell-photosensitizer binding and cell density on microbial photoinactivation. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 49, n. 6, 2005.
- DOGARA, A. M. A systematic review on the biological evaluation of *Calotropis procera* (Aiton) Dryand. **Future Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 9, n. 1, 2023.
- ENDRIS, A. Y.; Abdu, K. Y.; Abate, S. G. Investigation of bioactive phytochemical compounds of the Ethiopian medicinal plant using GC-MS and FTIR. **Heliyon**, v. 10, n. 15, 2024.
- GEURTSEN, J. *et al.* Genomics and pathotypes of the many faces of *Escherichia coli*. **FEMS microbiology reviews**, v. 46, n. 6, 2022.
- JESUS, B. C. DE *et al.* Obtenção do extrato hidroalcoólico da folha de noqueira (*Juglans regia* L.) E identificação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos para múltiplas aplicações. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, 2021.
- KAUR, A. *et al.* An overview of the characteristics and potential of *Calotropis procera* from botanical, ecological, and economic perspectives. **Frontiers in plant science**, v. 12, n. 1, 2021.
- LEANDRO, M. K. N. S. *et al.* Modulation of antibiotic resistance by the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. in association with light-emitting diodes (LED) lights. **Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of biosciences**, v. 75, n. 11–12, 2020.

LOPES, P. H. S. **Triagem fitoquímica, quantificação de compostos fenólicos e avaliação do potencial antioxidante e antimicrobiano do extrato hidroalcoólico de *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton (Apocynaceae)**. 2020. 36 f. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Curso de Química, São Luís, 2020.

MATIAS, E. F. F. Avaliação da atividade antibacteriana e moduladora do óleo essencial de *Cordia verbenacea* DC. associado às luzes de LED. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, [S. l.], v. 5, n. 14, 2018.

MATOS, F. J. A. **Introdução à Fitoquímica Experimental**. 2. ed. Fortaleza: UFC, 1997.

MEHMOOD, T.; ARSHAD, H.; NAWAZ, S. Pharmaceutical Potential and Phenolics Profiling of Leaves and Bark of *Calotropis Procera* in Relation to Extraction Solvents. **Pharm Chem J** v. 54, n. 631–641, 2020.

MOREIRA, F. J. C. *et al.* *Calotropis procera* (Ait.) Apocynaceae cultivada em substratos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.13, n 2, 2018.

NCCLS. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standart – Sixth Edition**. NCCLS document M7-A6 (ISBN 1 56238-486-4). NCCLS, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne Pennsylvania 19087 1898 USA, 2003.

NICOLAU, G. S. *et al.* Atividade antibacteriana e modulatória do α -pineno associado ao aparelho de luz LED. **Revista Univap**, v. 28, n. 57, 2022.

PALAZON, J.; ALCALDE, M. A. Secondary metabolites in plants. **Plants**, v. 14, n. 14, p. 2146, 2025.

PEREIRA, N. L. F. *et al.* Antibacterial activity and antibiotic modulating potential of the essential oil obtained from *Eugenia jambolana* in association with led lights. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 174, n. 1, 2017.

ROCHA, L. P. B. *et al.* Uso de plantas medicinais: Histórico e relevância. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

SILVA, L. G. *et al.* Uso indiscriminado de antimicrobianos no contexto da Covid-19: aumento da resistência bacteriana. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, n. 5, 2024.

SILVAS C.; ARTURO L. Resistência bacteriana, una crisis actual. **Revista Española de Salud Pública**. v. 97, e202302013, 2025.

SMIRNOVA, G. *et al.* Influence of plant polyphenols and medicinal plant extracts on antibiotic susceptibility of *Escherichia coli*: Influence of plant extracts on antibiotic susceptibility. **Journal of applied microbiology**, v. 113, n. 1, 2012.

YU, D.; BANTING, G.; NEUMANN, N. F. A review of the taxonomy, genetics, and biology

of the genus *Escherichia* and the type species *Escherichia coli*. **Canadian journal of microbiology**, v. 67, n. 8, 2021.