v7.n10.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA PRELIMINAR, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CARACTERÍSTICAS DE SOLUBILIDADE DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DE FRUTOS DE *SYZYGIUM CUMINI*

PRELIMINARY TOXICOLOGICAL EVALUATION, ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND SOLUBILITY CHARACTERISTICS OF THE HYDROETHANOLIC EXTRACT OF SYZYGIUM CUMINI FRUITS

EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA PRELIMINAR, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CARACTERÍSTICAS DE SOLUBILIDAD DEL EXTRACTO HIDROETANÓLICO DE FRUTOS DE SYZYGIUM CUMINI

Carolina Maria Cucolo[1], Livia Cucolo[2], Jair Marques Junior[3], Isadora Pereira da Silva Barreto[4], Virginia Fracaro Ferrari Gallo[5], Claudemir Batalini[6]

e7109142
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i10.9142

PUBLICADO: 10/2026

RESUMO

O *Syzygium cumini* (jambolão) é uma espécie vegetal de interesse devido à presença de compostos bioativos associados a diferentes propriedades biológicas. Este estudo teve como objetivo avaliar as características de solubilidade, a atividade antioxidante e a toxicidade preliminar do extrato hidroetanólico de frutos de *S. cumini*. A solubilidade do extrato foi avaliada frente a solventes de diferentes polaridades. A atividade antioxidante foi investigada qualitativamente por cromatografia em camada delgada (CCD), utilizando rutina como padrão de comparação e solução de 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH). A toxicidade preliminar foi avaliada pelo ensaio de letalidade frente a larvas de *Artemia salina* Leach, com determinação da concentração letal média (CL_{50}) após 24 horas de exposição. O extrato apresentou maior solubilidade em solventes polares. Na avaliação antioxidante, foram observadas manchas com diferentes intensidades de resposta frente ao DPPH, sendo a mancha de menor fator de retenção (Rf), próxima à origem, a que apresentou maior intensidade de resposta antioxidante, enquanto a mancha de maior Rf apresentou atividade moderada. No ensaio de letalidade, o extrato apresentou CL_{50} de 259,95 µg/mL, valor compatível com toxicidade moderada no modelo experimental de *A. salina*, segundo os parâmetros descritos na literatura. Os resultados fornecem evidências qualitativas preliminares de atividade antioxidante do extrato hidroetanólico de frutos de *S. cumini* e indicam toxicidade moderada nas condições avaliadas no modelo de *A. salina*, reforçando a necessidade de estudos adicionais para caracterização de seus constituintes e investigação de seus efeitos toxicológicos em outros modelos experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: *Syzygium cumini*. Extrato vegetal. Atividade antioxidante. Toxicidade. *Artemia salina*. Solubilidade.

ABSTRACT

Syzygium cumini (jambolan) is a plant species of interest due to the presence of bioactive compounds associated with various biological properties.

[1] Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Toxicologia na Universidade de São Paulo (USP). Bacharelado em Farmácia - Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT Campus Araguaia, Brasil.
[2] Mestranda - Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas na Universidade de São Paulo (USP). Bacharelado em Farmácia - Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT Campus Araguaia, Brasil.
[3] Mestre em Ciências de Materiais - Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT/CUA.
[4] Bacharelado em Farmácia/ Mestre em Ciência de Materiais - Universidade Federal de Mato Grosso.
[5] Graduanda do curso de Odontologia da Universidade Brasil – Campus Fernandópolis.
[6] Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT Campus Araguaia, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

This study aimed to evaluate the solubility characteristics, antioxidant activity, and preliminary toxicity of the hydroethanolic extract of S. cumini fruits. The solubility of the extract was evaluated using solvents with different polarities. Antioxidant activity was qualitatively investigated by thin-layer chromatography (TLC), using rutin as a reference standard and a 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) solution. Preliminary toxicity was evaluated by a lethality assay using Artemia salina Leach larvae, with determination of the median lethal concentration (LC_{50}) after 24 hours of exposure. The extract showed greater solubility in polar solvents. In the antioxidant evaluation, spots with different intensities of response to DPPH were observed, with the spot having the lowest retention factor (Rf), located near the origin, showing the highest intensity of antioxidant response, whereas the spot with the highest Rf showed moderate activity. In the lethality assay, the extract showed an LC_{50} of 259.95 µg/mL, a value consistent with moderate toxicity in the experimental model of A. salina, according to the parameters described in the literature. The results provide preliminary qualitative evidence of antioxidant activity of the hydroethanolic extract of S. cumini fruits and indicate moderate toxicity under the conditions evaluated in the A. salina model, reinforcing the need for further studies to characterize its constituents and investigate its toxicological effects in other experimental models.

KEYWORDS: *Syzygium cumini. Plant extract. Antioxidant activity. Toxicity. Artemia salina. Solubility.*

RESUMEN

Syzygium cumini (jambolán) es una especie vegetal de interés debido a la presencia de compuestos bioactivos asociados con diferentes propiedades biológicas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características de solubilidad, la actividad antioxidante y la toxicidad preliminar del extracto hidroetanólico de frutos de S. cumini. La solubilidad del extracto se evaluó frente a disolventes de diferentes polaridades. La actividad antioxidante se investigó cualitativamente mediante cromatografía en capa fina (CCF), utilizando rutina como patrón de comparación y una solución de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). La toxicidad preliminar se evaluó mediante el ensayo de letalidad utilizando larvas de Artemia salina Leach, con determinación de la concentración letal media (CL_{50}) después de 24 horas de exposición. El extracto presentó mayor solubilidad en disolventes polares. En la evaluación antioxidante, se observaron manchas con diferentes intensidades de respuesta frente al DPPH, siendo la mancha con menor factor de retención (Rf), ubicada próxima al origen, la que presentó mayor intensidad de respuesta antioxidante, mientras que la mancha con mayor Rf presentó actividad moderada. En el ensayo de letalidad, el extracto presentó una CL_{50} de 259,95 µg/mL, valor compatible con una toxicidad moderada en el modelo experimental de A. salina, de acuerdo con los parámetros descritos en la literatura. Los resultados proporcionan evidencias cualitativas preliminares de actividad antioxidante del extracto hidroetanólico de frutos de S. cumini e indican una toxicidad moderada en las condiciones evaluadas en el modelo de A. salina, lo que refuerza la necesidad de realizar estudios adicionales para caracterizar sus constituyentes e investigar sus efectos toxicológicos en otros modelos experimentales.

PALABRAS CLAVE*: Syzygium cumini. Extracto vegetal. Actividad antioxidante. Toxicidad. Artemia salina. Solubilidad.*

INTRODUÇÃO

O jambolão (*Syzygium cumini*) é uma espécie pertencente à família Myrtaceae, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais e adaptada às condições brasileiras

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(AYYANAR; SUBASH-BABU, 2012). Seus frutos apresentam coloração característica durante o processo de maturação, associada à presença de pigmentos, especialmente antocianinas (KAUR; YOUSUF; QADRI, 2024). O interesse científico pela espécie está relacionado à presença de diferentes classes de metabólitos secundários, incluindo compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas (FARIA; MARQUES; MERCADANTE, 2011).

As antocianinas constituem uma classe de compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides e estão amplamente distribuídas no reino vegetal, sendo responsáveis pela coloração de diversos frutos e outros órgãos vegetais. Esses compostos podem ocorrer na forma de glicosídeos ou agliconas e têm sido associados a diferentes atividades biológicas, particularmente à capacidade antioxidante (FARIA; MARQUES; MERCADANTE, 2011; KAUR; YOUSUF; QADRI, 2024). Nos frutos de *S. cumini*, a presença de compostos fenólicos e pigmentos antociânicos tem despertado interesse devido ao seu potencial como fonte de substâncias bioativas (BENHERLAL; ARUMUGHAN, 2007).

A atividade antioxidante constitui uma das propriedades biológicas mais investigadas em frutos de *S. cumini*. Compostos fenólicos e antocianinas podem atuar na neutralização de espécies reativas, contribuindo para a proteção contra processos associados ao estresse oxidativo. Estudos relacionam esses constituintes a diferentes efeitos biológicos, incluindo atividades antioxidante e anti-inflamatória (BANERJEE; DASGUPTA; DE, 2005). Nesse contexto, a investigação da atividade antioxidante de extratos vegetais constitui uma abordagem relevante para a identificação preliminar de matrizes com potencial como fontes de compostos bioativos.

Entretanto, a presença de compostos bioativos não implica necessariamente ausência de efeitos adversos. A avaliação preliminar do potencial toxicológico é, portanto, importante para ampliar a caracterização de extratos vegetais e fornecer informações iniciais sobre sua segurança. Entre os modelos utilizados para a triagem toxicológica de produtos naturais, o bioensaio de letalidade com *Artemia salina* Leach é empregado como uma ferramenta preliminar para a avaliação da toxicidade de extratos e substâncias, permitindo a determinação da concentração letal média (CL_{50}) após determinado período de exposição (NTUNGWE *et al.*, 2020; MIRANDA *et al.*, 2026). Por sua simplicidade e facilidade de execução, esse modelo tem sido utilizado em estudos de prospecção de produtos naturais.

Além das características biológicas, propriedades físico-químicas também podem contribuir para a caracterização de extratos vegetais. Entre essas propriedades, a solubilidade está relacionada à capacidade de dissolução do extrato em diferentes meios e à afinidade química de seus constituintes com os solventes empregados. A avaliação do comportamento de solubilidade em solventes de diferentes polaridades pode fornecer informações preliminares

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

sobre as características químicas do extrato e auxiliar na compreensão da distribuição de seus constituintes (ALARA; ABDURAHMAN; UKAEGBU, 2021).

A interação entre a polaridade do solvente e as características químicas dos constituintes vegetais influencia seu comportamento de solubilidade. Compostos fenólicos e flavonoides, por exemplo, apresentam diferentes graus de afinidade por solventes polares e de polaridade intermediária, enquanto constituintes de caráter predominantemente lipofílico tendem a apresentar maior afinidade por solventes menos polares. Entretanto, o comportamento do extrato não depende exclusivamente da polaridade, podendo ser influenciado pela estrutura química, estabilidade e interação entre seus diferentes constituintes (ALARA; ABDURAHMAN; UKAEGBU, 2021). Dessa forma, a avaliação da solubilidade pode complementar a caracterização química e biológica do extrato.

Embora os frutos de *S. cumini* sejam amplamente estudados quanto à presença de compostos bioativos e à atividade antioxidante, a avaliação integrada dessas características com parâmetros de solubilidade e uma triagem toxicológica preliminar pode contribuir para uma caracterização mais abrangente do extrato. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características de solubilidade, a atividade antioxidante e o potencial toxicológico preliminar do extrato hidroetanólico de frutos de *S. cumini*. Para isso, foram avaliadas a solubilidade do extrato em solventes de diferentes polaridades, sua atividade antioxidante por cromatografia em camada delgada (CCD), utilizando DPPH como revelador, e sua toxicidade preliminar por meio do bioensaio de letalidade com *Artemia salina*, com determinação da concentração letal média (CL_{50}) após 24 horas de exposição.

1. METODOLOGIA

A metodologia compreendeu a avaliação do perfil de solubilidade, da atividade antioxidante qualitativa e do potencial toxicológico preliminar do extrato bruto hidroetanólico de frutos de *Syzygium cumini*. O extrato utilizado neste estudo foi previamente obtido em pesquisa anterior e cedido para a realização das análises subsequentes. O material foi recebido em consistência pastosa e utilizado conforme disponibilizado. Não estavam disponíveis, para o presente estudo, informações detalhadas sobre a origem e as condições de obtenção do extrato, incluindo a identificação do material vegetal utilizado, local e período de coleta, número de exsicata, composição e proporção do sistema extrator, relação entre massa do material vegetal e volume de solvente, tempo e temperatura de extração, bem como as condições de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

concentração ou secagem e o rendimento do processo. Dessa forma, essas informações não puderam ser incorporadas à descrição metodológica do presente estudo.

A solubilidade do extrato bruto hidroetanólico de *S. cumini* foi avaliada em solventes de diferentes polaridades disponíveis no Laboratório de Pesquisa em Química de Produtos Naturais (LAPQUÍM/UFMT/CUA), incluindo água, metanol, etanol, acetona, 1-butanol, clorofórmio, éter dietílico e éter de petróleo (LAJOIE; FABIANO-TIXIER; CHEMAT, 2022). Para cada condição experimental, 0,005 g do extrato foram transferidos para tubos de ensaio contendo 10 mL do solvente correspondente. Os tubos foram submetidos à agitação manual durante 2 minutos e, posteriormente, avaliados visualmente quanto ao grau de dissolução do extrato à temperatura ambiente. Em seguida, uma série de amostras foi submetida a banho-maria, a aproximadamente 70 °C, com agitação ocasional, para avaliação da solubilidade sob aquecimento. Outra série foi submetida a banho ultrassônico, visando favorecer a dispersão e a dissolução do extrato. Cada condição experimental foi avaliada em triplicata. A classificação da solubilidade foi realizada visualmente, considerando-se como “solúvel” a condição em que não foram observados resíduos sólidos visíveis após o procedimento; “parcialmente solúvel” quando parte do material permaneceu não dissolvida; e “insolúvel” quando não foi observada dissolução aparente do material. A avaliação foi realizada de forma exploratória, com base na inspeção visual das amostras.

A atividade antioxidante do extrato foi investigada qualitativamente por cromatografia em camada delgada (CCD), utilizando rutina (P.A., Sigma-Aldrich) como padrão de comparação. As amostras foram aplicadas em placas cromatográficas, posteriormente desenvolvidas em sistema eluente constituído por clorofórmio (8:2, v/v). Após o desenvolvimento e a secagem das placas, os cromatogramas foram observados sob radiação ultravioleta e, posteriormente, nebulizados com solução de 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) na concentração de 0,4 mmol L^{-1} em metanol. A atividade antioxidante foi indicada pelo aparecimento de manchas de coloração amarela ou amarelada sobre o fundo de coloração púrpura, conforme metodologia descrita por Islam *et al.* (2021). As informações referentes ao volume aplicado, à concentração da solução do extrato, às dimensões das placas, à distância de desenvolvimento e ao número de repetições não foram registradas no procedimento original.

O potencial toxicológico preliminar do extrato hidroetanólico dos frutos de *S. cumini* foi avaliado por meio do bioensaio de letalidade com larvas de *Artemia salina* Leach, baseado na metodologia descrita por Meyer *et al.* (1982), com adaptações de Batalini *et al.* (2020). Os ovos de *A. salina* foram eclodidos em solução aquosa de sal marinho na concentração de 0,037 g mL^{-1}, sob iluminação artificial constante, utilizando lâmpada de 40 W, à temperatura de 28 ±

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2 °C, durante 48 horas. Para o ensaio, foi preparada uma solução estoque do extrato na concentração de 5,0 mg mL^{-1}, utilizando-se 250 mg do extrato hidroetanólico dos frutos de *S. cumini* e 50 mL de etanol. A partir dessa solução, diferentes volumes foram transferidos para tubos de ensaio, conforme as concentrações experimentais estabelecidas. O solvente foi evaporado em estufa a 50 °C e, após a completa evaporação, foram adicionados 3,0 mL de solução salina e 10 larvas vivas de *A. salina* a cada tubo, completando-se o volume final para 5,0 mL com solução salina. Os tubos foram mantidos sob iluminação constante, à temperatura de 28 ± 2 °C, durante 24 horas. Ao final desse período, foi realizada a contagem das larvas vivas e mortas com auxílio de lupa. O ensaio foi realizado em triplicata, incluindo o respectivo grupo controle.

A concentração letal média (CL_{50}) foi estimada pelo método estatístico de Probit, conforme descrito por Finney (1971), utilizando o software StatPlus® 2008. Os dados de mortalidade obtidos em cada concentração foram corrigidos, quando necessário, pelo método de Abbott (1925), considerando a mortalidade observada no grupo controle. Posteriormente, as porcentagens de mortalidade foram transformadas em unidades de Probit e submetidas à análise de regressão em função do logaritmo das concentrações testadas. A partir da equação de regressão obtida, foi determinado o valor correspondente ao Probit 5, equivalente a 50% de mortalidade, permitindo a estimativa da CL_{50}, expressa em µg mL^{-1}, com intervalo de confiança de 95% (FINNEY, 1971). A classificação do potencial toxicológico do extrato foi realizada de acordo com o critério descrito por Karchesy *et al.* (2016).

O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos aplicáveis à experimentação animal e com o protocolo nº 23108.017379/2022-1, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Araguaia (CEUA/UFMT – Campus do Araguaia), em reunião ordinária realizada em 06 de maio de 2022. O material vegetal utilizado, *Syzygium cumini*, também foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o código A4BF6BA, com data de entrada em 07 de abril de 2024.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes de solubilidade realizados, considerou-se como solúvel quando todo o material do extrato se dissolveu no solvente, parcialmente solúvel quando apenas parte da amostra foi dissolvida, e insolúvel quando nenhuma parte da amostra sofreu solubilização.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os resultados dos testes de solubilidade do extrato bruto dos frutos de jambolão em diferentes solventes, com variadas polaridades, foram avaliados em temperatura ambiente, a 70 °C e em banho ultrassônico. O extrato apresentou-se solúvel em água em todas as condições testadas (temperatura ambiente, 70 °C e banho ultrassônico). Em metanol, o extrato apresentou-se parcialmente solúvel nas três condições avaliadas: temperatura ambiente, 70 °C e banho ultrassônico. No caso do etanol, o extrato foi insolúvel em temperatura ambiente, porém apresentou solubilidade parcial a 70 °C e em banho ultrassônico. Nos demais solventes testados — acetona, 1-butanol, clorofórmio, éter dietílico e éter de petróleo — o extrato mostrou-se insolúvel em todas as condições avaliadas. Os resultados do teste de solubilidade são apresentados nas Figuras 1 e 2 e estão registrados de forma completa na Tabela 1.

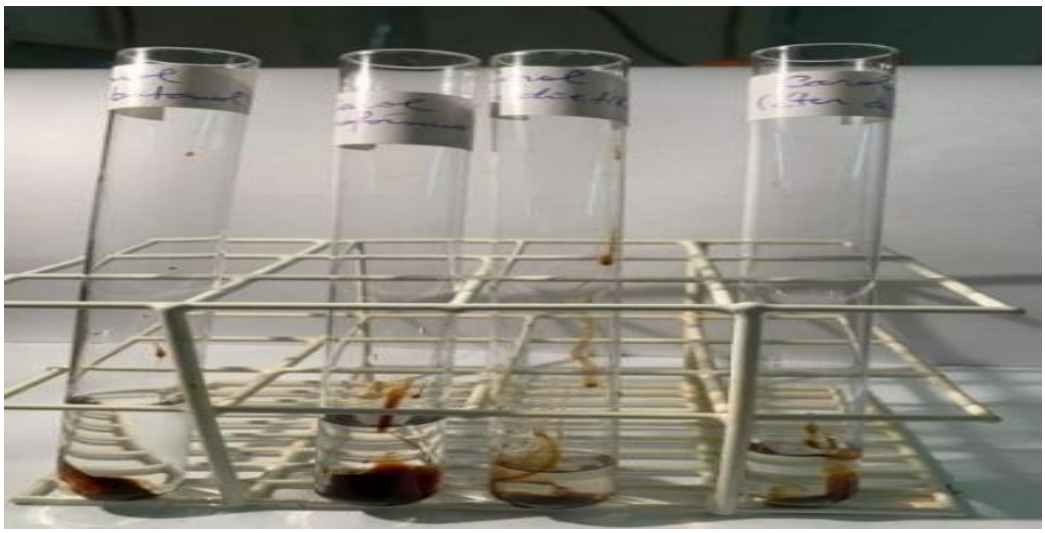
Figura 1. Solubilidade do extrato frente aos solventes: água, metanol, etanol e acetona, respectivamente



Fonte: Autoria própria (2023).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Solubilidade do extrato frente aos solventes: 1-butanol, clorofórmio, éter dietílico e éter de petróleo, respectivamente



Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 1. Solubilidade do extrato bruto de jambolão em diferentes solventes e condições experimentais

Solvente	**Temperatura ambiente**	**70 °C**	**Banho ultrassônico**
Água	Solúvel	Solúvel	Solúvel
Metanol	Parcialmente solúvel	Parcialmente solúvel	Parcialmente solúvel
Etanol	Insolúvel	Parcialmente solúvel	Parcialmente solúvel
Acetona	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
1-butanol	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Clorofórmio	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Éter dietílico	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel
Éter de petróleo	Insolúvel	Insolúvel	Insolúvel

Fonte: Autoria própria (2023).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O perfil observado sugere maior afinidade do material analisado por meios de maior polaridade. Entretanto, o ensaio de solubilidade, isoladamente, não permite determinar a identidade ou a predominância dos constituintes químicos presentes no extrato, sendo necessárias análises fitoquímicas específicas para essa caracterização. A composição química de extratos vegetais pode ser influenciada pelas condições empregadas no processo de extração, incluindo o sistema extrator, a proporção entre o material vegetal e o solvente, o tempo e a temperatura de extração e as etapas de concentração ou secagem (KAUR; QADRI, 2025). No presente estudo, essas informações não estavam disponíveis nos registros do extrato previamente obtido e cedido para as análises, o que constitui uma limitação para a interpretação dos resultados e para a reprodução do procedimento de obtenção do extrato. Estudos futuros devem considerar a padronização das condições de extração e o registro detalhado dos parâmetros empregados.

A elevação da temperatura e o uso de ultrassom favoreceram a dissolução parcial em alguns solventes, possivelmente devido ao aumento da difusão molecular e à ruptura de interações intermoleculares na matriz (KAUR; QADRI, 2025).

Em relação à caracterização por cromatografia em camada delgada (CCD), é importante destacar que diferentes compostos apresentam níveis variados de migração na placa, dependendo de suas estruturas moleculares (HO *et al.*, 2024). Nas análises, a rutina padrão (material de referência) e o extrato bruto hidroetanólico de jambolão foram colocados lado a lado para permitir comparação. O material inicial apresentou valores de fator de retenção (Rf) significativamente distintos em relação ao produto.

Na análise da placa em câmara escura sob luz UV-VIS, não foram observadas manchas características em 365 nm, mas houve melhor revelação em 254 nm, com a presença de duas manchas: uma de coloração mais intensa com maior Rf, e outra mais clara, com menor Rf por estar mais próxima da origem. O Rf é definido pela razão entre a distância percorrida pelo composto e a distância percorrida pela frente do solvente, ambas medidas a partir da origem. A rutina, usada como padrão, apresentou Rf = 0,05, enquanto a mancha mais escura apresentou Rf = 0,75 e a mancha mais clara, Rf = 0,10. A interpretação desses valores deve considerar as características da fase estacionária, da fase móvel e as interações específicas dos constituintes com o sistema cromatográfico (TACO *et al.*, 2025). Os valores de Rf observados indicam diferentes graus de migração dos constituintes na fase móvel empregada, com valores de 0,10 e 0,75 para as manchas observadas no extrato. A CCD constitui método simples, rápido e de baixo custo para triagens preliminares (NAMDARI; SEIDI; NAMDARI, 2024).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A avaliação preliminar da atividade antioxidante do extrato foi conduzida qualitativamente por CCD, utilizando a rutina como padrão comercial (Sigma-Aldrich®) para comparação. Após a nebulização com DPPH, o aparecimento de manchas amarelas sobre fundo púrpura foi considerado indicativo de atividade antioxidante (SAPKOTA *et al.*, 2024).

A análise da placa cromatográfica, com foco no extrato bruto, revelou maior intensidade da coloração amarela na mancha de menor fator de retenção (Rf), próxima à origem. Essa mancha apresentou resposta visual antioxidante mais intensa frente ao DPPH, enquanto a mancha de maior Rf apresentou resposta visual antioxidante de menor intensidade, evidenciada pela coloração amarela menos pronunciada.

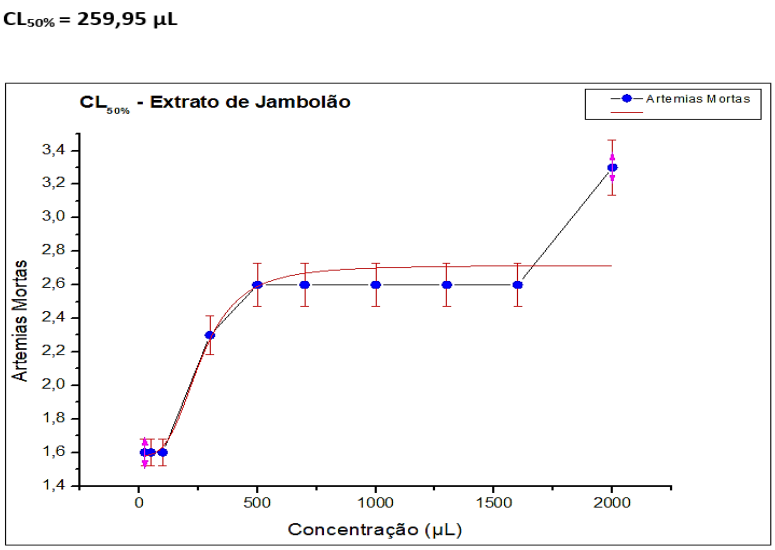
Os diferentes valores de Rf observados indicam que os constituintes presentes no extrato apresentaram diferentes graus de migração no sistema cromatográfico empregado. Entretanto, o valor de Rf não permite, isoladamente, atribuir maior ou menor polaridade aos constituintes, uma vez que a migração depende das interações entre os compostos, a fase estacionária e a fase móvel (HO *et al.*, 2024). Da mesma forma, a resposta observada após a aplicação do DPPH indica a presença de constituintes capazes de reagir com esse radical nas condições do ensaio, mas não permite identificar sua estrutura química. Entre os compostos previamente descritos para *S. cumini* encontram-se flavonoides, compostos fenólicos e antocianinas (PANDEY *et al.*, 2025). Entretanto, esses constituintes não foram identificados individualmente no extrato analisado no presente estudo. A caracterização química por técnicas cromatográficas, como HPLC-DAD ou LC-MS, poderia complementar os resultados obtidos por CCD-DPPH, contribuindo para a identificação e caracterização dos constituintes presentes no extrato e para uma melhor compreensão dos compostos associados à resposta antioxidante observada. Essas análises também poderiam contribuir para a padronização química do extrato em estudos futuros (IMRAN *et al.*, 2025).

Além disso, nas condições empregadas no presente estudo, a análise por CCD associada ao DPPH apresentou caráter qualitativo, uma vez que a atividade antioxidante foi avaliada visualmente pela formação e intensidade das manchas no cromatograma. Abordagens densitométricas podem ser utilizadas para obter informações quantitativas ou semiquantitativas a partir de análises cromatográficas associadas ao DPPH (TACO *et al.*, 2025). Dessa forma, a intensidade ou presença das manchas não permite estabelecer quantitativamente a capacidade antioxidante do extrato. A realização de métodos espectrofotométricos quantitativos, bem como a determinação do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais, poderia complementar os resultados obtidos e fornecer informações adicionais sobre o perfil antioxidante do extrato.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O ensaio de letalidade com *Artemia salina* desempenha um papel importante na triagem preliminar da toxicidade de extratos e compostos de origem natural, sendo considerado um bioensaio simples, rápido e de baixo custo para a avaliação inicial de sua atividade biológica (SALAY *et al.*, 2024). Nesta investigação, os resultados referentes ao potencial tóxico foram expressos em termos de concentração letal média (CL_{50}). O valor de CL_{50} obtido para o extrato foi de 259,95 µg mL^{-1}, enquadrando-se na faixa de 100 a 500 µg mL^{-1}, correspondente à categoria de toxicidade moderada segundo o critério empregado em estudos de toxicidade com *A. salina* (SERENO *et al.*, 2023). Não foi possível apresentar o intervalo de confiança de 95% da CL_{50}, a equação de regressão ou os dados individuais de mortalidade em cada concentração, pois esses registros não estavam disponíveis para consulta no presente estudo.

Gráfico 1. Concentração Letal 50% - Extrato bruto hidroetanólico do jambolão



Fonte: Autoria própria (2023).

A utilização de *A. salina* permite, portanto, uma avaliação inicial do potencial tóxico do extrato nas condições experimentais empregadas. Entretanto, os resultados obtidos devem ser interpretados como uma indicação preliminar de toxicidade e não como evidência de segurança para aplicações farmacêuticas, nutracêuticas, cosméticas ou alimentares. Nesse sentido, a ausência de elevada letalidade em determinadas concentrações não permite estabelecer doses seguras para utilização em organismos superiores, uma vez que a resposta observada em *A. salina* não substitui avaliações toxicológicas complementares, incluindo estudos de citotoxicidade em diferentes modelos celulares, toxicidade aguda e subcrônica e, quando pertinente, avaliações in vivo (NTUNGWE *et al.*, 2020).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os resultados obtidos também podem ser discutidos em conjunto com o perfil fitoquímico descrito para *Syzygium cumini*. Estudos prévios relatam a presença de compostos fenólicos e flavonoides em extratos da espécie, grupos de metabólitos associados à atividade antioxidante observada em diferentes modelos experimentais (IMRAN *et al.*, 2025). A resposta antioxidante qualitativa observada no presente estudo é compatível com as descrições da literatura sobre a composição fitoquímica de *S. cumini*. Entretanto, essa compatibilidade não permite atribuir a resposta observada a classes ou compostos específicos, uma vez que os constituintes responsáveis pela atividade não foram identificados individualmente no presente estudo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro teste realizado, verificou-se que o extrato apresentou maior solubilidade em solventes polares, indicando maior afinidade do material extraído por meios de maior polaridade. Ressalta-se, contudo, que os ensaios de solubilidade, isoladamente, não permitem identificar os constituintes químicos presentes no extrato ou estabelecer sua bioatividade específica, sendo necessárias análises fitoquímicas complementares para sua caracterização detalhada (KAUR; QADRI, 2024).

No segundo teste, a análise por cromatografia em camada delgada associada ao DPPH indicou resposta antioxidante qualitativa em diferentes regiões da placa, com maior intensidade na mancha de menor fator de retenção (Rf). Esse resultado indica a presença, no extrato analisado, de constituintes capazes de reagir com o radical DPPH nas condições empregadas no ensaio. Entretanto, a metodologia utilizada não permite identificar a estrutura química dos constituintes responsáveis pela resposta antioxidante. Compostos como flavonoides, compostos fenólicos e antocianinas são descritos na literatura para a espécie *S. cumini* (IMRAN *et al.*, 2025), mas sua presença específica no extrato analisado não foi determinada no presente estudo. Dessa forma, os resultados devem ser considerados como evidência qualitativa preliminar de atividade antioxidante, sendo necessários estudos fitoquímicos e métodos quantitativos adicionais para caracterizar os constituintes responsáveis por essa resposta.

No último teste, referente à toxicidade do extrato frente a larvas de Artemia salina, foi obtida uma CL_{50} de 259,95 µg mL^{-1}. Esse resultado deve ser interpretado exclusivamente no contexto do modelo experimental de *A. salina* e das condições empregadas no presente estudo, caracterizando uma indicação preliminar de toxicidade. O ensaio com *A. salina* constitui uma ferramenta de triagem e não permite, isoladamente, estabelecer segurança para aplicações farmacêuticas, nutracêuticas, cosméticas ou alimentares, nem definir doses seguras para

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

organismos superiores (SALAY *et al.*, 2024). Dessa forma, são necessários estudos toxicológicos complementares, utilizando diferentes modelos experimentais, para uma avaliação mais abrangente dos efeitos do extrato.

De forma geral, os testes realizados demonstraram que o extrato hidroetanólico de frutos de *S. cumini* apresentou maior solubilidade em solventes polares, resposta antioxidante qualitativa no ensaio de CCD-DPPH e CL_{50} de 259,95 µg mL^{-1} no ensaio de letalidade com *A. salina*. Os resultados obtidos constituem evidências preliminares sobre as características de solubilidade, a atividade antioxidante e o potencial toxicológico do extrato nas condições experimentais avaliadas. Estudos adicionais são necessários para a caracterização química dos constituintes presentes no extrato, quantificação de sua atividade antioxidante e investigação de seus efeitos toxicológicos em outros modelos experimentais.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.

ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: a review. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 200-214, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. Syzygium cumini (L.) Skeels: a review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 3, p. 240-246, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60050-1.

BANERJEE, A.; DASGUPTA, N.; DE, B. In vitro study of antioxidant activity of Syzygium cumini fruit. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 727-733, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.033.

BATALINI, C.; STOCCO, L. O.; FERNANDES, R. T. S.; MARQUES JUNIOR, J. Avaliações fitoquímica, fitotóxica e antifúngica da entrecasca do caule de Pterodon pubescens Benth (sucupira branca). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 77589-77607, 2020.

BENHERLAL, P. S.; ARUMUGHAN, C. Chemical composition and in vitro antioxidant studies on Syzygium cumini fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 14, p. 2560-2569, 2007. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.2957.

FARIA, A. F.; MARQUES, M. C.; MERCADANTE, A. Z. Identification of bioactive compounds from jambolão (Syzygium cumini) and antioxidant capacity evaluation in different pH conditions. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1571-1578, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.007.

FINNEY, D. J. **Probit analysis**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

HO, T. M.; ELIZONDO, A. I.; URBIOLA, J. G.; VARELA, K.; RESENDEZ, A.; OLIVER, T.; PLASENCIA, B.; YOSHIMOTO, F. K. Analysis of food extracts with thin layer chromatography: a STEM outreach activity. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 11, p. 5082-5088, 2024. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00969.

IMRAN, A.; YE, S.; LI, J. A.; AJAJ, R.; RAUF, A.; AHMAD, Z.; HEMEG, H. A.; AL-AWTHAN, Y. S. M.; BAHATTAB, O. S.; QURADHA, M. M.; SULERIA, H. LC-ESI-QTOF-MS/MS characterization of phenolic compounds in the stem, roots, and leaves of Syzygium cumini and their antioxidant potential. **Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 4, e70112, 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.70112.

ISLAM, M. K.; SOSTARIC, T.; LIM, L. Y.; HAMMER, K.; LOCHER, C. Antioxidant HPTLC-DPPH fingerprinting of honeys and tracking of antioxidant constituents upon thermal exposure. **Foods**, v. 10, n. 2, 357, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10020357.

KARCHESY, Y. M.; KELSEY, R. G.; CONSTANTINE, G.; KARCHESY, J. J. Biological screening of selected Pacific Northwest forest plants using the brine shrimp (Artemia salina) toxicity bioassay. **SpringerPlus**, v. 5, 510, 2016. DOI: https://doi.org/10.1186/s40064-016-2145-1.

KAUR, D.; YOUSUF, B.; QADRI, O. S. Syzygium cumini anthocyanins: recent advances in biological activities, extraction, stability, characterisation and utilisation in food systems. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 6, 34, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s43014-023-00177-6.

LAJOIE, L.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; CHEMAT, F. Water as green solvent: methods of solubilisation and extraction of natural products – past, present and future solutions. **Pharmaceuticals**, v. 15, n. 12, 1507, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ph15121507.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; MCLAUGHLIN, J. L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica**, v. 45, n. 5, p. 31-34, 1982. DOI: https://doi.org/10.1055/s-2007-971236.

MIRANDA, M. P.; SEMANOVSCHI, N. P.; SOUZA, R. S. D.; LUCCHESE, A. M.; FERNANDEZ, L. G. Artemia salina toxicity assay: standardization in a 24-well microplate. **Environmental Toxicology**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/tox.70144.

NAMDARI, R.; SEIDI, S.; NAMDARI, M. R. Magnetic field assisted centrifugal acceleration thin-layer chromatography: an approach to investigate the magnetic field effects on separation parameters including retention factor difference, selectivity factor, and resolution. **Journal of Chromatography A**, v. 1726, 464972, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.464972.

NTUNGWE, N. E.; DOMÍNGUEZ-MARTÍN, E. M.; ROBERTO, A.; TAVARES, J.; ISCA, V. M. S.; PEREIRA, P.; CEBOLA, M. J.; RIJO, P. Artemia species: an important tool to screen general toxicity samples. **Current Pharmaceutical Design**, v. 26, n. 24, p. 2892-2908, 2020. DOI: https://doi.org/10.2174/1381612826666200406083035.

PANDEY, J.; JAISHWAL, N.; JAYSWAL, M.; GUPTA, D. C.; DHAKAL, B.; BUDEAN, D.; LAMICHHANE, G.; DEVKOTA, H. P. Evaluation of antioxidant, xanthine oxidase-inhibitory, and antibacterial activity of Syzygium cumini Linn. seed extracts. **Plants**, v. 14, n. 3, 316, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14030316.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SALAY, G.; LUCARELLI, N.; GASCÓN, T. M.; CARVALHO, S. S. D.; VEIGA, G. R. L. D.; REIS, B. D. C. A. A.; FONSECA, F. L. A. Acute toxicity assays with the Artemia salina model: assessment of variables. **Alternatives to Laboratory Animals**, v. 52, n. 3, p. 142-148, 2024. DOI: https://doi.org/10.1177/02611929241242443.

SAPKOTA, S.; MAHARJAN, A.; TIWARI, S.; RAJBHANDARI, M. Phytochemical analysis, antioxidant potential and antibacterial activities of different anatomical parts of Hypericum cordifolium Choisy. **The Scientific World Journal**, v. 2024, p. 1-11, 2024. DOI: https://doi.org/10.1155/2024/8128813.

SERENO, A. B.; PINTO, C. D.; GIBBERT, L.; DE ANDRADE, M. T. P.; DA SILVA, M. A. B.; ETGETON, S. A. P.; MIGUEL, O. G.; DIAS, J. D. F. G.; KRÜGER, C. C. H.; DE MESSIAS REASON, I. J. Cytotoxic and phytotoxic activities of native Brazilian forest gabiroba (Campomanesia xanthocarpa Berg.), fruits, and flour against shrimp (Artemia salina L.) and lettuce (Lactuca sativa L.). **Foods**, v. 13, n. 1, 123, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13010123.

TACO, V.; ALMACHI, D.; BONILLA, P.; GIJÓN-ARREORTÚA, I.; BENALI, S.; RAQUEZ, J.-M.; DUEZ, P.; NACHTERGAEL, A. Natural deep eutectic solvents (NADESs) for the extraction of bioactive compounds from quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) leaves: a semi-quantitative analysis using high performance thin-layer chromatography. **Molecules**, v. 30, n. 12, 2620, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules30122620.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.