

EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E FLAVONOIDES TOTAIS DE PARTES DO FRUTO DA *JATROPHA MULTIFIDA*

Dayane dos Santos Silva – dayanesantoss1412@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – Universidade Federal de Sergipe

Luciana Cristina Lins de Aquino Santana – luciana.santana@academico.ufs.br

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – Universidade Federal de Sergipe

Cleide Mara Farias Soares – cleide.mara@souunit.com.br

Instituto de Tecnologia e Pesquisa – Universidade Tiradentes

Álvaro Silva Lima – aslima2001@yahoo.com.br

Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal da Bahia

Resumo— *Jatropha multifida* é uma espécie da família Euphorbiaceae, tradicionalmente conhecida por suas propriedades antioxidante, antimicrobiana e cicatrizante. Este estudo teve como objetivo investigar a extração de compostos bioativos (fenólicos totais e flavonoides) das diferentes partes do fruto (casca do fruto, casca da semente e semente), utilizando as técnicas de ultrassom assistido (UA) e maceração com agitação orbital (MA), utilizando solução aquosa do líquido iônico (LI) cloreto de colina e solução aquosa de etanol 40 ou 80%. Os maiores teores de fenólicos totais foram obtidos na casca do fruto por UA com LI + etanol 40% (988,17 mg EAG/100 g), na casca da semente por UA com LI + solução aquosa (500,88 mg EAG/100 g) e MA com LI + etanol 40% (494,94 mg EAG/100 g), e na semente por UA com LI + solução aquosa (459,08 mg EAG/100 g). Para os flavonoides totais, não houve diferença significativa entre as técnicas, com os maiores teores na casca do fruto (207,02 a 187,98 mg QCE/100 g) obtidos com LI + etanol 40%. Os resultados indicam que a extração de compostos polifenólicos de *J. multifida* varia conforme a técnica, o tipo de solvente e a parte do fruto utilizada.

Palavras-chave—Líquido iônico; Ultrassom assistida; Agitação orbital; Merthiolate.

Abstract— *Jatropha multifida* is a species from the Euphorbiaceae family, traditionally known for its antioxidant, antimicrobial, and wound-healing properties. This study aimed to investigate the extraction of bioactive compounds (total phenolics and flavonoids) from different parts of the fruit (fruit peel, seed coat, and seed), using ultrasound-assisted extraction (UA) and maceration with orbital agitation (MA), employing aqueous solutions of the ionic liquid (IL) choline chloride and aqueous ethanol at 40% or 80%. The highest content of total phenolics were obtained in the fruit peel using UA with IL + 40% ethanol (988.17 mg GAE/100 g), in the seed coat using UA with IL + water (500.88 mg GAE/100 g) and MA with IL + 40% ethanol (494.94 mg GAE/100 g), and in the seed using UA with IL + water (459.08 mg GAE/100 g). For total flavonoids, the highest content was obtained in the fruit peel (207.02 to 187.98 mg QE/100 g) using IL + 40% ethanol. There was no significant difference of values between techniques. The results indicate that the extraction of polyphenolic compounds from *J. multifida* varies according to the technique, solvent system, and fruit part used.

Keywords—Ionic liquid; Ultrasound-assisted; Orbital agitation; Merthiolate.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Jatropha*, da família Euphorbiaceae, inclui cerca de 170 a 180 espécies de arbustos ou pequenas árvores com látex, folhas simples e frutos em cápsula tricoca, contendo sementes oleaginosas. *Jatropha multifida*, conhecida popularmente como “flor-do-coral” e “merthiolate”, apresenta flores pequenas, de coloração vermelho-vivo. Seu fruto é composto por epicarpo, endocarpo e semente, adquirindo coloração amarelada quando maduro. Esta espécie possui diversas atividades biológicas reconhecidas, como ação antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, anti-inflamatória e cicatrizante. No entanto, ainda há poucas pesquisas científicas que explorem detalhadamente seus compostos bioativos (SCHLEDER et al., 2020; VIEIRA et al., 2021).

A extração de compostos bioativos de fontes naturais tem ganhado destaque devido ao seu potencial terapêutico e industrial. Estudos recentes indicam que a agitação orbital, especialmente quando associada a solventes hidroalcoólicos, pode favorecer a extração e preservar compostos fenólicos e flavonoides em matrizes vegetais (CHAKMA et al., 2023). Essas técnicas tradicionais, ainda são amplamente utilizadas por sua simplicidade operacional, menor demanda energética e eficiência na extração em temperatura ambiente, sendo consideradas uma alternativa viável para matrizes vegetais (CHAKMA et al., 2023). No entanto, com os avanços tecnológicos, métodos mais modernos como a extração assistida por ultrassom têm sido explorados por sua capacidade de romper estruturas celulares por meio da cavitação acústica, acelerando o processo extrativo e aumentando o rendimento de compostos fenólicos e flavonoides com propriedades funcionais (SANTOS; SANTANA, 2022).

Atualmente os métodos sustentáveis de extração e separação tornam-se fundamentais para reduzir os impactos ambientais e aumentar a eficiência dos processos. Nesse cenário, solventes verdes, como os líquidos iônicos surgem como alternativa promissora para substituir solventes convencionais mais poluentes e tóxicos como acetona, metanol, hexano, éter, dentre outros (PADINHATTATH et al., 2025). Os líquidos iônicos são sais líquidos à temperatura ambiente, formados por cátions orgânicos grandes e ânions poliatômicos. Apresentam propriedades ajustáveis, como solubilidade, viscosidade e condutividade, sendo classificados em diferentes gerações e categorias conforme sua estrutura e aplicação (LIM et al., 2022).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das técnicas de extração por ultrassom assistida e maceração com agitação orbital, utilizando solvente hidroalcoólico associado ao líquido iônico cloreto de colina (CC), na obtenção de compostos fenólicos totais e flavonoides totais das diferentes partes do fruto de *Jatropha multifida* (casca do fruto, casca da semente e semente).

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Os frutos verdes de *Jatropha multifida* foram coletados em árvores localizadas no município de Arapiraca, Alagoas. Em seguida, os frutos foram submetidos à limpeza e as partes do fruto foram separadas manualmente, dividindo-se assim o epicarpo (casca do fruto), tegumento (casca da semente) e endosperma (semente). Todas as partes do fruto foram submetidas ao processo de secagem em estufa com circulação de ar a 40 °C durante 24 horas. Após a secagem, o material foi triturado em liquidificador industrial.

2.2 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS

Os extratos da casca do fruto, da casca da semente e da semente de *Jatropha multifida* foram obtidos por ultrassom assistida (UA) e por maceração com agitação (MA) utilizando solvente na proporção de 1 g de amostra para 17,5 mL de solvente. Os solventes utilizados foram solução aquosa de cloreto de colina (CC) na concentração de 0,12 mol/L, solução aquosa de etanol 40% e 80% contendo CC (0,12 mol/L). A extração por UA foi realizada em banho ultrassônico (modeloSSBuc – 20L, Mylabor) à 50 kHz, 220 V, 35 °C por 120 min. A extração por MA foi realizada em agitador tipo shaker (modelo SL22, Solab), a 200 rpm, 27 °C por 120 min.

2.3 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS

A quantificação dos compostos fenólicos totais (FT) foi realizada conforme o método de Folin-Ciocalteu, descrito por Moo Huchin et al. (2015). A reação foi preparada utilizando 50 µL do extrato, 3 mL de água destilada, 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu 1N. Após 8 min de repouso, foram adicionados 750 µL de carbonato de sódio a 20% e 950 µL de água. A reação permaneceu em ambiente escuro por 30 min e a absorbância foi lida a 765 nm. O solvente extrator foi usado como controle. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 gramas de material sólido (mg EAG/100 g). Uma curva de calibração foi construída com soluções padrão de ácido gálico em concentrações de 0 a 100 mg/L. (para solução de LI em água destilada, $y = 0,0009x + 0,0124$, $R^2 = 0,9951$; para etanol 40% ($y = 0,0009x + 0,0184$, $R^2 = 0,9954$; $y = 0,0009x + 0,0185$, $R^2 = 0,9985$).

2.4 DETERMINAÇÃO DE FLAVONOIDES TOTAIS

Para a determinação do teor de flavonoides totais (FlaT), foi utilizado o método colorimétrico com cloreto de alumínio descrito por Boroski *et al.* (2015). Em um tubo de ensaio, foram adicionados 500 µL do extrato, seguidos de 250 µL de solução de cloreto de alumínio a 5% e 4,25 mL de metanol. A mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 min. Após esse período, a absorbância foi lida a 425 nm em espectrofotômetro. O branco foi preparado substituindo o extrato pelo solvente. A quantificação foi baseada em curva de calibração com quercetina (0–100 mg/L), e os resultados expressos em mg de equivalentes de quercetina por 100 g de material sólido (mg QCE/100 g). (para solução de LI em água destilada, $y = 0,0054x + 0,0085$, $R^2 = 0,9904$; para etanol 40%, $y = 0,0038x + 0,0292$, $R^2 = 0,9906$; para etanol 80%, $y = 0,00058x + 0,0154$, $R^2 = 0,9971$).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$), seguida do teste de Tukey para comparação das médias, utilizando o software Statistic 8.0 Stasoft Inc.

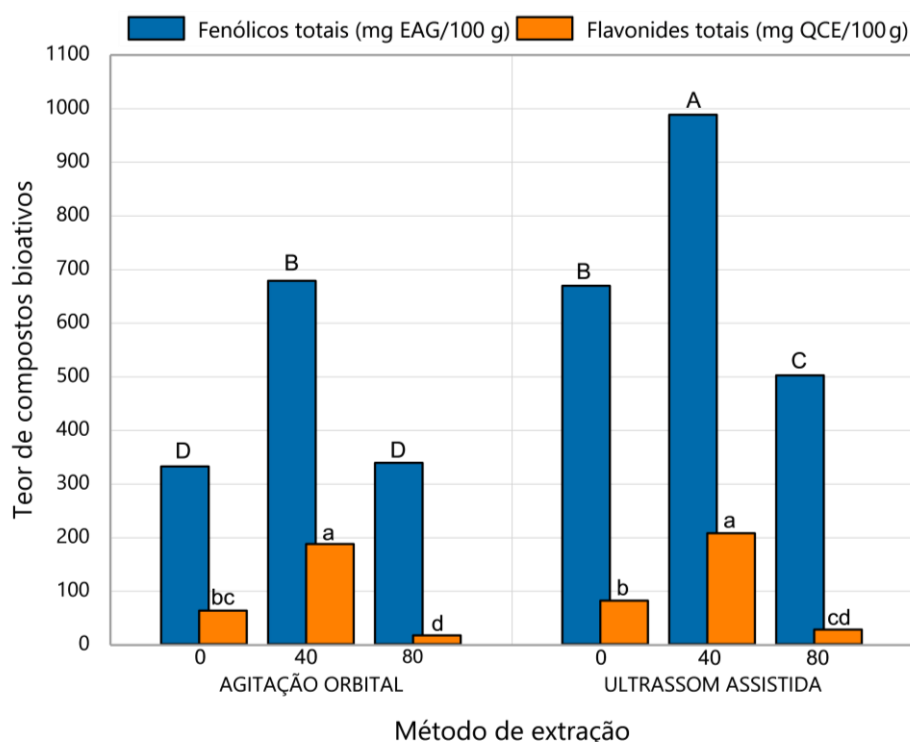
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os teores de FT nos extratos obtidos a partir da casca do fruto de *J. multifida* variaram entre 331,62 e 988,17 mg EAG/100 g, apresentando diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) (Figura 1) e o maior valor foi obtido por UA, utilizando etanol a 40% em combinação com o líquido iônico cloreto de colina (0,12 mol/L). O fato da maior extração ter sido obtida com etanol 40% e não com etanol 80% pode ser devido a presença de compostos mais polares na casca com maior afinidade pela água, visto que a água destilada possui uma polaridade de 63,1 kcal/mol e o etanol de 51,9 kcal/mol

(REICHARDT, 1994). Quanto aos teores de FlaT da casca do fruto maior extração foi obtida com etanol a 40% + LI por UA e MA, não diferindo estatisticamente entre si, apresentando médias de 207,02 e 187,98 mg QCE/100 g, respectivamente. Já no caso dos flavonoides totais o resultado demonstrou que o etanol 40% não influenciou a extração. Este resultado significou que o LI foi o maior responsável pela extração de FlaT, esse comportamento pode estar relacionado a capacidade do cloreto de colina de formar ligações de hidrogênio com os grupos hidroxila presentes nos flavonoides, o que aumenta sua solubilidade e facilita a ruptura das interações entre esses compostos e a matriz vegetal. O cloreto de colina é formado pela combinação de um sal de haleto com doadores de ligação de hidrogênio, essa característica mostra o potencial para a solubilização e extração de compostos bioativos (PATIL et al., 2021).

Os elevados teores de compostos fenólicos e flavonoides totais obtidos na casca do fruto de *Jatropha multifida*, principalmente quando utilizado solução aquosa de etanol com ou sem líquido iônico, podem ser atribuídos ao efeito de intumescimento (aumento de volume) do material vegetal promovido pelo solvente. Esse fenômeno ocorre pela fixação de moléculas de solventes como água e etanol, nos grupos hidroxila e carboxila das fibras de celulose, o que leva a expansão do tecido vegetal e maior penetração do solvente na matriz. Esse intumescimento ocorre preferencialmente nas regiões espaçadas da celulose, promovendo a ruptura da rede de ligações de hidrogênio e facilitando a liberação de compostos bioativos (ZUORRO et al., 2019).

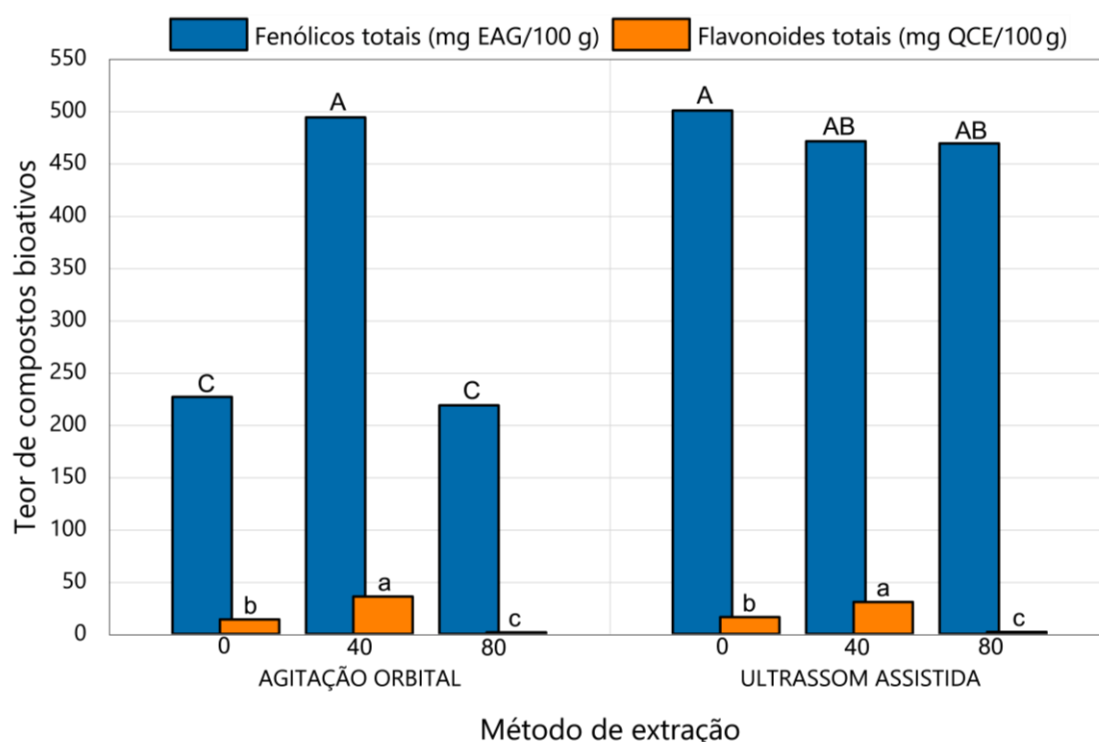
Figura 1: Teor de compostos fenólicos e flavonoides totais da casca do fruto obtidos por ultrassom assistida e maceração com agitação orbital. Letras maiúsculas (comparação para fenólicos totais) e letras minúsculas (comparação para flavonoides totais) diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de confiança pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Fonte: Autores (2025)

Os teores de FT nos extratos da casca da semente do fruto variaram significativamente entre 218,75 e 500,88 mg EAG/100 g ($p \leq 0,05$) (Figura 2), sendo os maiores valores obtidos em todos os solventes por UA (entre 469,58 e 500,88 mg EAG/100g) e por MA utilizando 40% de etanol + LI (494,94 mg EAG/100 g) sem diferença entre eles ($p>0,05$). Com relação aos FlaT da casca da semente, os valores variaram entre 1,57 e 35,83 mg QCE/100 g. Os maiores teores foram obtidos com 40% de etanol + LI tanto por MA (35,83 mg QCE/100 g) quanto UA (30,53 mg QCE/100 g). No caso da casca da semente do fruto, o solvente não influenciou na extração por UA. Já pela técnica de MA, o fato de a extração ter sido maior com etanol 40% + LI, pode ser provavelmente que a agitação promoveu somente a extração de compostos mais polares com maior afinidade pela água. Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com Huang et al. (2020), que observaram que o extrato da casca da semente de *Jatropha curcas*, espécie com o mesmo gênero da *Jatropha multifida*, também possui maior teor fenólico do que o extrato da semente.

Figura 2: Teor de compostos fenólicos e flavonoides totais da casca da semente do fruto obtidos por ultrassom assistida e maceração com agitação orbital. Letras maiúsculas (comparação para fenólicos totais) e letras minúsculas (comparação para flavonoides totais) diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de confiança pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Fonte: Autores (2025)

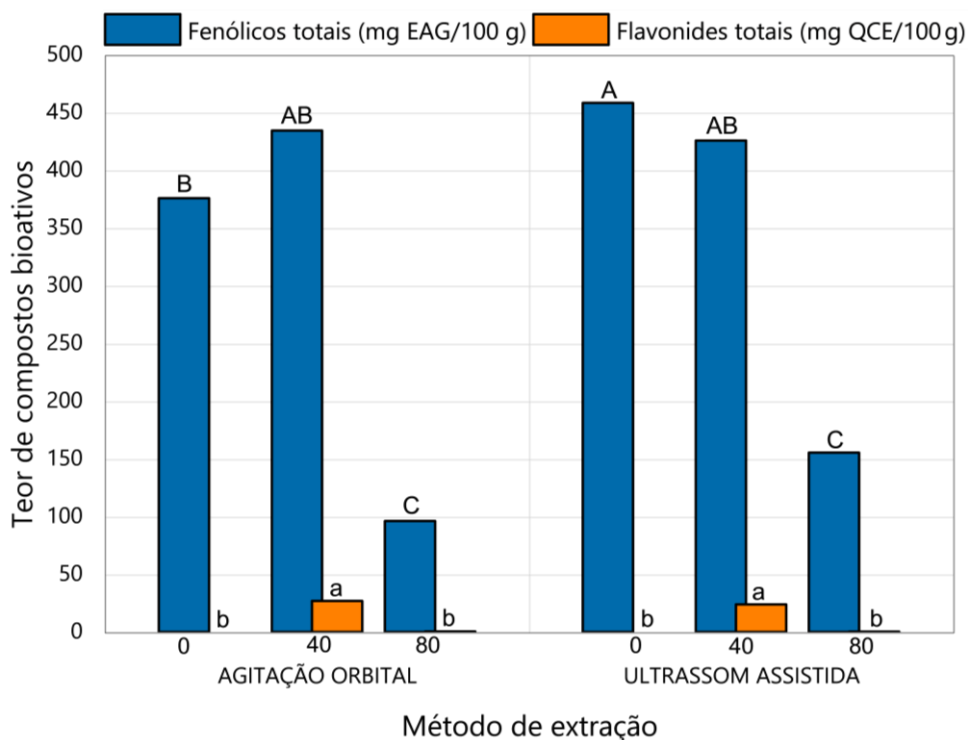
Os teores de FT nos extratos obtidos da semente do fruto variaram significativamente entre 96,25 e 459,08 mg EAG/100 g ($p \leq 0,05$) (Figura 3). Os maiores teores foram obtidos por UA com a solução de LI (459,08 mg EAG/100 g) e solução de etanol 40% + LI (426,36 mg EAG/100 g) e por MA com etanol 40% + LI (435,10 mg EAG/100 g) ($p>0,05$). Os teores de compostos fenólicos totais observados nas amostras de semente de *Jatropha multifida* foram superiores aos relatados por Martínez-Herrera et al. (2006), que encontraram valores entre 0,17 e 0,306 g/100 g (170 a 306 mg/100

g) em amostras de *Jatropha curcas* de diferentes regiões do México. Essa diferença pode estar relacionada tanto à espécie, quanto as técnicas de extração utilizadas, como a aplicação do ultrassom assistido e o uso de líquidos iônicos como cossolventes.

Por outro lado, os maiores teores de FlaT foram obtidos com etanol a 40% + LI por MA (26,95 mg QCE/100 g) e por UA (23,24 mg QCE/100 g), não diferindo entre si ($p>0,05$). Também neste caso, os flavonoides demonstraram uma maior polaridade que o etanol, com maior afinidade pelo solvente que continha maior quantidade de água. Quando utilizado somente a solução de CC, não foi possível quantificar os flavonoides totais devido à formação de turbidez após a reação com o reagente de cloreto de alumínio. Este resultado pode estar relacionado as extrações de impurezas hidrossolúveis, como açúcares, proteínas e ácidos orgânicos, que podem interferir na quantificação dos flavonoides totais (CHIRINOS et al., 2007).

Para todas as partes do fruto a técnica de UA demonstrou ser mais eficiente, por ter possibilitado o uso de todos os solventes testados para a extração de FT na casca de semente e semente do fruto da merthiolate. Esse resultado pode ser atribuído, em parte, as alterações físicas provocadas na parede vegetal durante a extração ultrassônica. As bolhas formadas pelo fenômeno de cavitação penetram nas paredes celulares das plantas, promovendo sua desestruturação e facilitando a liberação dos compostos intracelulares (LIM et al., 2022).

Figura 3: Teor de compostos fenólicos e flavonoides totais da semente do fruto obtidos por ultrassom assistida e maceração com agitação orbital. Letras maiúsculas (comparação para fenólicos totais) e letras minúsculas (comparação para flavonoides totais) diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de confiança pelo teste de Tukey ($p\leq 0,05$).



Fonte: Autores (2025)

4 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que a concentração do solvente e a técnica de extração influenciaram a extração de compostos bioativos das diferentes partes do fruto de *Jatropha multifida*. Para a extração de compostos de todas as partes do fruto por MA, o solvente mais eficiente foi o etanol 40% com LI. Esta condição de extração por MA não difere da UA para casca da semente em todos os solventes e para semente com solução de LI contendo ou não etanol 40%. Já para a extração de FT da casca do fruto a UA com etanol 40% + LI foi mais eficiente. A casca do fruto demonstrou os maiores teores de FT, seguido da casca de semente e semente que demonstraram valores próximos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado do primeiro autor e a FAPITEC (Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe) pelo apoio financeiro à pesquisa (Processo Número 431/2023).

REFERÊNCIAS

- BOROSKI, M.; VISENTAINER, J.V.; COTTICA, S.M.; MORAIS, D.R. **Antioxidantes – Princípios e métodos analíticos**. Curitiba: Ed. Appris. 2015.
- CHAKMA, A.; AFRIN, F.; RASUL, M. G.; MAEDA, H.; YUAN, C.; SHAH, A. K. M. A. Effects of extraction techniques on antioxidant and antibacterial activity of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) leaf extracts. **Food Chemistry Advances**, v.3. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100494>
- CHIRINOS, R.; ROGEZ, H.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. **Separation and Purification Technology**, v.55, 217–225. 2007. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2006.12.005>
- HUANG, S. L.; WANG, W. H.; ZHONG, X. Y.; LIN, C. T.; LIN, W. S.; CHANG, M. Y.; LIN, Y. S. Antioxidant properties of *Jatropha curcas* L. seed shell and kernel extracts. **Applied Sciences (Switzerland)**, v.10, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10093279>
- LIM, J. R.; CHUA, L. S.; MUSTAFFA, A. A. Ionic liquids as green solvent and their applications in bioactive compounds extraction from plants. **Process Biochemistry**, v.122, p. 292–306, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.10.024>
- MARTÍNEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G.; BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. **Food Chemistry**, v. 96, p.80–89, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.059>
- MOO-HUCHIN V.M.; MOO-HUCHIN M.I.; ESTRADA-LEÓN R.J.; CUEVAS-GLORY L.; ESTRADA-MOTA I.A.; ORTIZ-VÁZQUEZ E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chem.** v.166, p.17-22, 2015. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.05.127
- PADINHATTATH, S. P.; SHAIKUNA, M.; GARDAS, R. L. Ionic liquids and deep eutectic solvents: A brief prologue and their applications in sustainable extraction and separation processes. **Journal of the Indian Chemical Society**, v.102. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2025.101638>
- PATIL, SS, PATHAK, A, RATHOD, VK. Optimization and kinetic study of ultrasound assisted deep eutectic solvent based extraction: A greener route for extraction of curcuminoids from *Curcuma longa*. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.70, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105267>



REICHARDT, C. Solvatochromic Dyes as Solvent Polarity Indicators. **Chemical Reviews**, v.94, 2319–2358. 1994. <https://doi.org/10.1021/cr00032a005>

SANTOS, T. R. J.; SANTANA, L. C. L. DE A. Conventional and emerging techniques for extraction of bioactive compounds from fruit waste. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.25. 2022. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13021>

SCHLEDER, E.J.D.; AGUIAR, E. B.; MATIAS, R. INTRODUÇÃO A TAXONOMIA E SISTEMÁTICA VEGETAL. 2020. <https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/32619>

VIEIRA D.S.; OLIVEIRA F.T.; GARCIA SUAREZ J.A.; SILVA D.P.; BERNARDO T.H.L.; BASTOS M.L.A. Biological activities: anti infectious, antioxidant and healing of the vegetable species *Jatropha multifida*. **Rev Bras Enferm.** v.74, 2021. <https://doi.org/10.1590/0034-71672020-0451>

ZUORRO, A.; IANNONE, A.; LAVECCHIA, R. Water-organic solvent extraction of phenolic antioxidants from brewers' spent grain. **Processes**, v.7. 2019. <https://doi.org/10.3390/pr7030126>