



## **COMPARAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA CASCA DE NOZ PECÃ UTILIZANDO TECNOLOGIA EMERGENTE E CONVENCIONAL**

A. T. Wolter<sup>1</sup>, A. V. Jacques<sup>2</sup>, G. D. Mercali<sup>3</sup>, A. O. Rios<sup>4</sup>, S. H. Flôres<sup>5</sup>, F. Cladera-Olivera<sup>6</sup>

Alessandra Teresinha Wolter. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CEP: 91540-000 – Rio Grande – RS – Brasil, Telefone: 55 (51) 3308-9937– e-mail:(alessandra.wolter@gmail.com)

2 - Alice Vieira Jacques.

3 - Giovana Domeneghini Mercali.

4 - Alessandro de Oliveira Rios.

5 - Simone Hickmann Flôres.

6 - Florencia Cladera-Olivera.

**RESUMO** – A busca por tecnologias sustentáveis na extração de compostos fenólicos a partir de resíduos da agroindústria auxilia na redução dos impactos ambientais. Este estudo comparou diferentes metodologias de extração de compostos fenólicos (PC) da casca de noz pecã: extração exaustiva utilizando 2 solventes (metanol 80% e etanol 75%), extração convencional com homogeneizador turrax, extração convencional com vórtex (ambas utilizando etanol 75%) e extração assistida por ultrassom (UAE). A extração exaustiva utilizando o metanol apresentou o maior rendimento (12646,5 mg PC/100g de casca), mais que o dobro da UAE nos tempos analisados (2,5 a 15 min: 3057,0 a 6000,3 mg PC/100g de casca). Embora menos eficiente em termos de rendimento, a UAE e a extração convencional com túrrax possuem vantagens como menor tempo de extração, redução da necessidade de trabalho manual e o uso de etanol como solvente. Essas características tornam essas alternativas mais sustentáveis e seguras, alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 da Agenda 2030, que busca garantir padrões sustentáveis de produção e consumo. Assim, a escolha entre as metodologias depende do equilíbrio entre eficiência, segurança e sustentabilidade.

**ABSTRACT** – This study compared different methodologies for extracting phenolic compounds (PC) from pecan nutshell: exhaustive extraction using two solvents (80% methanol and 75% ethanol), conventional extraction with a turrax homogenizer, conventional extraction with vortex (both using 75% ethanol), and ultrasound-assisted extraction (UAE). Exhaustive extraction with methanol yielded the highest amount (12,646.5 mg PC/100g of nutshell), more than double that of UAE within the analyzed times (2.5 to 15 min: 3,057.0 to 6,000.3 mg PC/100g of nutshell). Although less efficient in terms of yield, UAE and conventional extraction with turrax offer advantages such as shorter extraction time, reduced manual labor, and the use of ethanol as a solvent. These characteristics make these alternatives more sustainable and safer, aligning with Sustainable Development Goal (SDG) 12 of the 2030 Agenda, which aims to ensure sustainable production and consumption patterns. Therefore, the choice between methodologies depends on balancing efficiency, safety, and sustainability.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

PALAVRAS-CHAVE: resíduo; fenólicos; noz-pecã; sustentabilidade.

KEYWORDS: residue; phenolics; pecan nut; sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO.

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) é originária do norte do México e do sul dos Estados Unidos. Seu cultivo no Brasil começou na última década, sendo o Rio Grande do Sul o principal estado produtor, responsável por 70% da produção anual (Bilharva et al., 2018). Em 2022, a produção mundial de nozes-pecã atingiu pouco mais de 129 mil toneladas. Como a casca representa entre 40% e 50% do peso total da noz, estima-se que sejam geradas cerca de 50 mil toneladas de resíduos por ano. Com o objetivo de promover um uso mais sustentável desse e de outros resíduos, a Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12, incentiva práticas de consumo consciente e produção responsável, buscando minimizar os impactos ambientais (Cardona Jimenez et al., 2024).

Várias plantas possuem nos seus resíduos substâncias de alto valor, como os compostos bioativos, que despertam grande interesse nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, esses compostos têm propriedades antioxidantes, além de agentes anticancerígenos e antimicrobianos. Nos últimos anos, mais da metade dos produtos utilizados como medicamentos foi derivada de fontes naturais (Flores-Estrada et al., 2020). Dentre esses compostos bioativos, temos os compostos fenólicos (PC) que são substâncias formadas pelo metabolismo secundário das plantas. Quimicamente falando, são formados por um ou mais anéis aromáticos ligados a grupos hidroxila, resultando em diferentes estruturas químicas. Esses compostos são divididos em alguns grupos: ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, estilbenos e lignanas (Albuquerque et al., 2021).

A extração desses compostos das suas matrizes envolve, na metodologia convencional, a utilização de alguns reagentes altamente voláteis e não seguros ao meio-ambiente. Por esse motivo, cada vez mais têm sido pesquisadas outras formas de extração, que possuam melhor custo-benefício e sejam amigáveis ao planeta. Para contribuir com essa procura, o objetivo desse trabalho foi estimar e comparar cinco formas de extração dos compostos fenólicos da casca de noz pecã, a extração convencional com homogeneizador túrrax, extração convencional com vórtex e a extração por assistida por ultrassom (UAE) e duas extrações convencionais exaustivas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As cascas de noz pecã (CNP) foram doadas por um produtor rural da região dos campos de cima da serra do Rio Grande do Sul. Ao chegarem ao Laboratório de Compostos Bioativos da



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foram moídas em moinho de facas e passadas em peneira 9 mesh, atingindo partículas de tamanho inferior a 2,24 mm. Todos os testes foram realizados em triplicata. As extrações exaustivas foram realizadas utilizando 2 tipos de solvente: metanol 80% e etanol 75%, ambos acidificados com 0,35% de ácido fórmico. O primeiro solvente necessitou de 6 extrações, em soluções contendo 2g da amostra da casca de noz e 30 ml do metanol, para extração completa dos compostos fenólicos. O segundo solvente necessitou de 2 extrações para remover os compostos fenólicos, em soluções contendo 2g da amostra da casca de noz e 30 ml do etanol 75%. Ambas seguiram a metodologia de Cardona Jimenez et al., (2024) com adaptações. A UAE foi realizada em soluções contendo 2g da amostra e 40 ml de etanol 75%, 80% da potência total (680 Watts) do sonicador ultrassônico (QR850, Eco-Sonics, Brasil) e quatro tempos pré-definidos: 2,5, 5, 10 e 15 min, seguindo as metodologias de da Silva et al., (2024) e Garcia-Larez et al., (2024) com adaptações. Para comparação foram feitas duas novas extrações com etanol 75%, e a mesma proporção casca:solvente utilizando homogeneizador ultra túrrax (T25, IKA, Alemanha) e outra com o vórtex multifuncional (K40-1020, Kasvi, Coréia do Sul), durante 15 min cada. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando o método Folin-Ciocalteau (LÓPEZ et al., 2001) e ácido gálico para confecção da curva-padrão. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100g de casca. A análise estatística foi realizada utilizando ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância.

### 3. RESULTADOS

Os resultados encontrados nas diferentes extrações realizadas estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Total de compostos fenólicos extraídos da casca de noz pecã pelas metodologias testadas.

Método de extração	Média* (mg PC/100g de CNP)	Rendimento (%)
Exaustiva metanol 80%	12646,5 ± 991,4 <sup>a</sup>	100,0
Exaustiva etanol 75%	5240,5 ± 423,3 <sup>c</sup>	41,4
UAE, 2,5 min	3057,0 ± 173,5 <sup>e</sup>	24,2
UAE, 5 min	2807,0 ± 155,2 <sup>e</sup>	22,2
UAE, 10 min	3830,3 ± 352,3 <sup>d</sup>	30,3
UAE, 15 min	6000,3 ± 267,3 <sup>b</sup>	47,4
Convencional (túrrax), 15 min	6192,4 ± 584,5 <sup>b,c</sup>	49,0
Convencional (vórtex), 15 min	4839,6 ± 545,5 <sup>c</sup>	38,3

\* Letras diferentes na coluna significam diferença significativa pelo teste de Tuckey ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: As autoras.

A extração exaustiva utilizando metanol 80% foi considerada como 100% de rendimento para calcular o rendimento das demais extrações. Essa condição extraiu mais que o dobro de compostos fenólicos em relação a metodologia exaustiva com etanol 75%. Dentre os tempos analisados na UAE, verificou-se que a melhor extração ocorreu utilizando o tempo de 15 min. As



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

extrações convencionais utilizando turrax e vórtex apresentaram diferenças significativas entre si, sendo aquela efetuada com o auxílio do ultra túrrax apresentando o melhor resultado. Quando comparadas as extrações utilizando o turrax e o ultrassom, não foi vista diferença significativa, sendo que estas duas apresentaram o segundo melhor rendimento dentre as metodologias testadas.

#### 4. DISCUSSÃO

Diversos estudos já quantificaram compostos fenólicos extraídos da casca de noz pecã (Cardona Jimenez et al., 2024; Flores-Estrada et al., 2020; Garcia-Larez et al., 2024; Rodríguez-Roque et al., 2022). As propriedades antioxidantes de vários extratos de plantas são comumente atribuídas ao seu teor de compostos fenólicos, de modo que um maior teor desses compostos está diretamente relacionado a uma maior atividade antioxidante da amostra. No presente estudo, a extração exaustiva utilizando o metanol 80% apresentou, conforme o esperado, o maior valor de extração de compostos fenólicos, sendo mais que o dobro do obtido na extração exaustiva utilizando o etanol 75%. A extração exaustiva seriada consiste no fracionamento de extratos brutos utilizando solventes com polaridade crescente, desde o hexano (apolar) até o butanol (polar), permitindo a obtenção de uma ampla gama de fitoquímicos (Alara; Abdurahman; Ukaegbu, 2021).

Neste estudo, foram utilizados 2 solventes acidificados: metanol 80% e o etanol 75%. Embora o metanol seja amplamente utilizado como solvente extrator, ele apresenta toxicidade significativa, podendo causar sintomas como distúrbios gastrointestinais e depressão do sistema nervoso central em um período de 30 minutos a 4 horas após a ingestão. Após 6 a 24 horas, podem surgir complicações como acidose metabólica, visão turva, fotofobia, diplopia e cegueira (Nekoukar et al., 2021).

A UAE foi testada como uma alternativa para alcançar rendimentos próximos aos obtidos pelos métodos exaustivos. Como esperado, a UAE apresentou um rendimento geral menor que as extrações exaustivas, até por ter sido efetuada em uma única etapa em todos os tempos analisados. Entretanto, observou-se uma relação direta entre o tempo de sonicação e o rendimento da extração, sendo o maior valor encontrado para o maior tempo testado (15 min). Utilizou-se o etanol como solvente extrator na UAE, pois apresenta menor toxicidade quando comparado ao metanol, sendo seu efeito tóxico associado à sua utilização de forma crônica. O método utilizando o ultra túrrax, para completa homogeneização de solvente e casca, apresentou resultados similares aos obtidos com a UAE. Dessa forma, tanto a UAE quanto a extração com homogeneizador ultra túrrax foram eficazes em extrair próximo a 50% dos compostos fenólicos da casca de noz pecã em somente uma única



extração, de forma rápida, com uma carga de trabalho reduzida e utilizando um solvente ambientalmente mais seguro.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa confirmaram que a extração convencional exaustiva com metanol 80% apresentou o maior rendimento na obtenção de compostos fenólicos da casca de noz-pecã, conforme esperado. Por outro lado, a extração exaustiva com etanol 75% teve desempenho inferior, ficando aquém da extração assistida por ultrassom (UAE) e extração convencional com homogeneizador ultra-túrrax. Apesar de apresentarem rendimentos menores, essas duas últimas metodologias oferecem vantagens significativas em termos de sustentabilidade. Ambas utilizam etanol, um solvente menos tóxico que o metanol, tornando o processo mais seguro tanto para o meio ambiente quanto para os pesquisadores. Além disso, essas técnicas são mais rápidas e demandam menor esforço operacional, tornando-se alternativas atrativas para a extração de compostos bioativos. Os resultados indicam que a UAE e a extração convencional com ultra túrrax são abordagens promissoras, alinhadas a práticas analíticas mais responsáveis e compatíveis com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: A review. **Current Research in Food Science**, v. 4, n. December 2020, p. 200–214, 2021.
- ALBUQUERQUE, B. R. et al. Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. **Food and Function**, v. 12, n. 1, p. 14–29, 2021.
- BILHARVA, M. et al. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1–16, 2018.
- CARDONA JIMENEZ, M. E. et al. Extraction of bioactive compounds from pecan nutshell: An added-value and low-cost alternative for an industrial waste. **Food Chemistry**, v. 453, n. May, 2024.
- DA SILVA, J. et al. Simultaneous optimization of microwave- and ultrasound-assisted extractions of bioactive compounds from cashew nut testa shell (*Anacardium occidentale* L.). **Biomass Conversion and Biorefinery**, n. 0123456789, 2024.
- FLORES-ESTRADA, R. A. et al. Chemical Composition, Antioxidant, Antimicrobial and Antiproliferative Activities of Wastes from Pecan Nut [*Carya illinoensis* (Wagenh) K. Koch]. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, n. 7, p. 3419–3432, 2020.
- GARCIA-LAREZ, F. L. et al. Effect of Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) parameters on the



recovery of polyphenols from pecan nutshell waste biomass and its antioxidant activity. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2024.

LÓPEZ, M. et al. Analysis of phenolic constituents of biological interest in red wines by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 922, n. 1–2, p. 359–363, 2001.

NEKOUKAR, Z. et al. Methanol poisoning as a new world challenge: A review. **Annals of Medicine and Surgery**, v. 66, n. May, p. 102445, 2021.

RODRÍGUEZ-ROQUE, M. J. et al. Digestibility, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Pecan Nutshell (*Carya illinoensis*) Extracts. **Journal of Renewable Materials**, v. 10, n. 10, p. 2569–2580, 2022.