ISSN 2965-0771

Revista Brasileira de CANNABIS

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

DOI: 10.58731/2965-0771.2026.220

MÉTODOS DE EXTRACAO DE CANNABIS SATIVA: IMPLICACÕES FITOQUIMICAS, AMBIENTAIS E INDUSTRIAIS

METHODS OF EXTRACTING CANNABIS SATIVA: PHYTOCHEMICAL, ENVIRONMENTAL, AND INDUSTRIAL IMPLICATIONS

Rubenilson Almeida de Souza[1]

[1] Farmacêutico, Residente em Farmácia Clínica no Programa Uniprofissional do Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados, (HU-UFGD). rubenilson.souza@ebserh.gov.br

RESUMO

Introdução: A expansão global da indústria canabinoide tem demandado desenvolvimento de tecnologias de extração progressivamente eficientes, seguras e ambientalmente sustentáveis para recuperação de canabinoides, terpenos e fitoquímicos de Cannabis sativa L. A seleção de métodos extrativos adequados envolve avaliação multifatorial de eficiência, seletividade, custos, toxicidade, geração de resíduos e impactos ambientais **Objetivo:** Realizar revisão crítica comparativa de métodos de extração de Cannabis, analisando eficiência fitoquímica, impactos ambientais, gestão de resíduos e oportunidades de economia circular. **Metodologia:** Revisão integrativa da literatura cientifica nas bases, PubMed / MEDLINE, utilizando descritores: "Cannabis extraction", "cannabinoid", "supercritical CO_2", "green solvents", "waste management", "circular economy", restrita a publicacoes de 2019-2025. Foram incluídos artigos

ISSN 2965-0771
Revista Brasileira de CANNABIS
SBEC
SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

originais, revisões sistemáticas e estudos comparativos. A Análise temática identificou quatro eixos: métodos de extração, eficiência fitoquímica, gestão ambiental e inovação tecnológica. Resultados e **Discussão:** Foram identificados 94 estudos relevantes. Métodos convencionais com solventes apolares (hexano, éter de petróleo) apresentam elevada eficiência extrativa, porém toxicidade significativa e crescente rejeição regulatória. Extração etanoica representa alternativa verde com aceitabilidade regulatória, biodegradabilidade e origem renovável. Extração com CO_2 supercrítico (SC-CO_2) configura estado da arte tecnológico: ausência de resíduos tóxicos, seletividade ajustável, qualidade farmacêutica, com rendimentos de CBD de 85-95%. Adição de co-solventes polares (etanol 5-10% v/v) ao SC-CO_2 aumenta recuperação de compostos polares. Tecnologias emergentes incluem extração assistida por ultrassom (UAE) com redução de 70% no consumo de solventes, extração com micro-ondas (MAE) com tempos reduzidos a minutos, e solventes estéticos naturais profundos (NADES) com biodegradabilidade completa. A gestão de resíduos via economia circular permite valorização de biomassa exaurida para extração de fitoquímicos secundários, produção de biocarvão, compostagem, digestão anaeróbica e ração animal. Recuperação de solventes por destilação alcança 85-95% de eficiência, reduzindo custos e impactos. Avaliação de ciclo de vida (ACV) demonstra que SC-CO_2 apresenta pegada de carbono 40-60% inferior a métodos convencionais no ciclo completo. Integração de energias renováveis e certificações ambientais agregam valor e acesso a mercados premium. Desafios incluem escalabilidade industrial, investimentos iniciais elevados e heterogeneidade de matérias-primas. Inovações futuras abrangem líquidos iônicos, água subcrítica e otimização por inteligência artificial. **Considerações Finais:** A seleção de métodos extrativos deve integrar eficiência fitoquímica, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica. Tecnologias verdes (SC-CO_2, etanol otimizado, UAE, MAE, NADES) e economia circular representam evolução paradigmática em direção a produção sustentável. A gestão adequada de resíduos transforma subprodutos em recursos, fechando ciclos e agregando valor. O futuro da extração canabinoide será definido por harmonização entre excelência fitoquímica, responsabilidade ambiental e competitividade econômica, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Extração de canabinoides; Qualidade fitoquímica; Economia circular; sustentabilidade ambiental.

ISSN 2965-0771
Revista Brasileira de CANNABIS
SBEC SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESTUDOS DA CANNABIS

ABSTRACT

Introduction: The global expansion of the cannabinoid industry has driven the development of increasingly efficient, safe, and environmentally sustainable extraction technologies for recovering cannabinoids, terpenes, and phytochemicals from Cannabis sativa L. Selecting appropriate extraction methods requires a multifactorial assessment of efficiency, selectivity, cost, toxicity, waste generation, and environmental impact. **Objective:** To conduct a critical comparative review of cannabis extraction methods, analyzing phytochemical efficiency, environmental impacts, waste management, and circular economy opportunities. **Methodology:** An integrative review of scientific literature was performed using PubMed/MEDLINE databases, with the following descriptors: "Cannabis extraction," "cannabinoid," "supercritical CO_2," "green solvents," "waste management," and "circular economy," restricted to publications from 2019–2025. Original articles, systematic reviews, and comparative studies were included. Thematic analysis identified four axes: extraction methods, phytochemical efficiency, environmental management, and technological innovation. **Results and Discussion:** Ninety-four relevant studies were identified. Conventional methods using nonpolar solvents (hexane, petroleum ether) present high extraction efficiency but significant toxicity and increasing regulatory restrictions. Ethanol extraction represents a green alternative with regulatory acceptability, biodegradability, and renewable origin. Supercritical CO_2 extraction (SC-CO_2) represents state-of-the-art technology, offering no toxic residues, adjustable selectivity, and pharmaceutical-grade quality, with CBD yields of 85–95%. The addition of polar co-solvents (5–10% v/v ethanol) to SC-CO_2 increases the recovery of polar compounds. Emerging technologies include ultrasound-assisted extraction (UAE), which can reduce solvent consumption by up to 70%; microwave-assisted extraction (MAE), which reduces extraction times to minutes; and natural deep eutectic solvents (NADES), which offer complete biodegradability. Waste management strategies grounded in circular-economy principles enable the recovery of exhausted biomass for secondary phytochemical extraction, biochar production, composting, anaerobic digestion, and animal feed. Solvent recovery via distillation reaches efficiency levels of 85–95%, reducing both operational costs and environmental impacts. Life cycle assessments (LCA) demonstrate that SC-CO_2 systems have a 40–60% lower carbon footprint compared with conventional solvent-based methods across the entire production cycle. Integrating renewable energy sources and adopting environmental certifications add value and facilitate access to premium markets. Challenges include industrial scalability, high initial capital investment, and variability in raw materials. Future innovations include the use of ionic liquids, subcritical water extraction, and process optimization through artificial intelligence. **Conclusions:** The selection of extraction methods must integrate phytochemical efficiency, environmental sustainability, and economic feasibility. Green technologies (SC-CO_2, optimized ethanol extraction, UAE, MAE, NADES) and circular-economy approaches represent a paradigm shift toward sustainable production. Proper waste management transforms by-products into value-added resources, closing production loops. The future of cannabinoid extraction will depend on harmonizing phytochemical excellence, environmental responsibility, and economic competitiveness while aligning with the

Sustainable Development Goals.

Keywords: Cannabinoid extraction; Phytochemical quality; Circular economy; Environmental sustainability.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL UBEED, H. M. S.; BHUYAN, D. J.; ALSHERBINY, M. A.; BASU, A.; VUONG, Q. V. A comprehensive review on the techniques for extraction of bioactive compounds from medicinal cannabis. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 604, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules27030604. Acesso em: 27 nov. 2025.

ARUMUGHAM, T.; K. R.; HASAN, S. W. et al. Supercritical carbon dioxide extraction of plant phytochemicals for biological and environmental applications – a review. **Chemosphere**, v. 271, p. 129525, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129525. Acesso em: 27 nov. 2025.

BOWEN, J. K.; CHAPARRO, J. M.; MCCORKLE, A. M.; PALUMBO, E.; PRENNI, J. E. The impact of extraction protocol on the chemical profile of cannabis extracts from a single cultivar. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 21801, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-021-01378-0. Acesso em: 27 nov. 2025.

DE AGUIAR, A. C.; VARDANEGA, R.; VIGANÓ, J.; SILVA, E. K. Supercritical carbon dioxide technology for recovering valuable phytochemicals from Cannabis sativa L. and valorization of its biomass for food applications. **Molecules**, v. 28, n. 9, p. 3849, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules28093849. Acesso em: 27 nov. 2025.

IOANNOU, K. A.; IOANNOU, G. D.; CHRISTODOULOU, M. C. et al. Extraction and analysis of cannabinoids: a decade of progress, challenges and future directions. **Journal of Chromatography A**, v. 1760, p. 466321, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chroma.2025.466321. Acesso em: 27 nov. 2025.

ISIDORE, E.; KARIM, H.; IOANNOU, I. Extraction of phenolic compounds and terpenes from Cannabis sativa L. by-products: from conventional to intensified processes. **Antioxidants**, v. 10, n. 6, p. 942, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/antiox10060942. Acesso em: 27 nov. 2025.

JURGA, A.; RODZIEWICZ, T.; GRZEGORZEK, M. et al. Harnessing Cannabis sativa L. for integrated environmental remediation and circular biomass use. **Science of the Total Environment**, v. 992, p. 179976, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179976. Acesso em: 27 nov. 2025.

KORNPOINTNER, C.; SAINZ MARTINEZ, A.; SCHNÜRCH, M.; HALBWIRTH, H.; BICA-SCHRÖDER, K. Combined ionic liquid and supercritical carbon dioxide based

dynamic extraction of six cannabinoids from Cannabis sativa L. **Green Chemistry**, v. 23, n. 24, p. 10079-10089, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1039/d1gc03516a. Acesso em: 27 nov. 2025.

LEFEBVRE, T.; DESTANDAU, E.; LESELLIER, E. Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: a review. **Journal of Chromatography A**, v. 1635, p. 461770, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461770. Acesso em: 27 nov. 2025.

PATTNAIK, F.; HANS, N.; PATRA, B. R. et al. Valorization of wild-type Cannabis indica by supercritical CO_2 extraction and insights into the utilization of raffinate biomass. **Molecules**, v. 28, n. 1, p. 207, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules28010207. Acesso em: 27 nov. 2025.

QAMAR, S.; TORRES, Y. J. M.; PAREKH, H. S.; FALCONER, J. R. Extraction of medicinal cannabinoids through supercritical carbon dioxide technologies: a review. **Journal of Chromatography B**, v. 1167, p. 122581, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2021.122581. Acesso em: 27 nov. 2025.

SAINZ MARTINEZ, A.; LANARIDI, O.; STAGEL, K. et al. Extraction techniques for bioactive compounds of cannabis. **Natural Product Reports**, v. 40, n. 3, p. 676-717, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1039/d2np00059h. Acesso em: 27 nov. 2025.

SILVA, E. M. P.; VITIELLO, A.; MIRO, A.; RIBEIRO, C. J. A. Recent HPLC-UV approaches for cannabinoid analysis: from extraction to method validation and quantification compliance. **Pharmaceuticals**, v. 18, n. 6, p. 786, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ph18060786. Acesso em: 27 nov. 2025.

TZIMAS, P. S.; PETRAKIS, E. A.; HALABALAKI, M.; SKALTSOUNIS, L. A. Extraction solvent selection for Cannabis sativa L. by efficient exploration of cannabinoid selectivity and phytochemical diversity. **Phytochemical Analysis**, v. 35, n. 1, p. 163-183, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1002/pca.3282. Acesso em: 27 nov. 2025.

WAKEFIELD, T.; GLANTZ, S. A.; APOLLONIO, D. E. Content analysis of the corporate social responsibility practices of 9 major cannabis companies in Canada and the U.S. **JAMA Network Open**, v. 5, n. 8, p. e2228088, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.28088. Acesso em: 27 nov. 2025.