



EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA E *MAURITIA FLEXUOSA*: POTENCIAIS APLICAÇÕES NA EXTRAÇÃO DE COMPONENTES BIOATIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE BIOPRODUTOS

LEONARDO VICTOR GOMES DE MELO; MARIA CAROLINE RODRIGUES
FERREIRA; RAUL NUNES DE CARVALHO JÚNIOR

RESUMO

Mauritia flexuosa, uma oleaginosa nativa da região Amazônica, é reconhecida pelo seu fruto rico em vitaminas, minerais, compostos fenólicos e carotenoides, com propriedades biológicas de interesse e cujo consumo é encorajado e cada vez mais frequente. Com a crescente busca pelo desenvolvimento sustentável, há uma busca contínua por tecnologias ambientalmente amigáveis para a extração de bioativos de fontes vegetais. A tecnologia supercrítica tem se destacado nesse cenário, permitindo a obtenção de extratos naturais com elevada concentração de bioativos e isentos de contaminantes, promovendo assim o uso sustentável da biomassa. Diante desse contexto, se torna interessante investigar a extração supercrítica de *Mauritia flexuosa* para aplicações dos insumos dessa espécie no desenvolvimento de uma variedade de bioprodutos. O objetivo deste trabalho é analisar a literatura existente sobre a extração supercrítica de componentes bioativos de *Mauritia flexuosa*, visando verificar sua viabilidade no desenvolvimento de produtos biotecnológicos para as indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Para tal, foi realizada busca utilizando as plataformas *Google Acadêmico*, *Science Direct* e *SciELO*, com posterior seleção de artigos que se relacionavam à extração supercrítica de compostos bioativos de buriti e suas aplicações no desenvolvimento de bioprodutos. Os trabalhos selecionados utilizam CO₂ como solvente supercrítico para a extração, variando condições de temperatura e pressão do solvente para a obtenção de óleo e torta desengordurada a partir da matriz vegetal. Todos os insumos obtidos mostraram resultados promissores em termos de composição de bioativos e rendimentos, com destaque às altíssimas concentrações de carotenoides do óleo supercrítico de buriti e aumento da concentração de polifenóis na torta desengordurada pós-extração. Os resultados obtidos evidenciam a eficácia da tecnologia supercrítica como tecnologia adequada e sustentável para a obtenção de extratos com altas concentrações de bioativos a partir da *Mauritia flexuosa*, estimulando assim a aplicação desses insumos na formulação de bioprodutos destinados aos setores alimentício, cosmético e farmacêutico.

Palavras-chave: Buriti; carotenoides; polifenóis; tecnologia supercrítica; tocoferóis.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é rica em oleaginosas ricas em vitaminas e demais compostos bioativos, com benefícios descritos na literatura e seu consumo é encorajado e cada vez mais frequente, tornando o mercado de bioativos de interesse crescente (DE FRANÇA et al., 1999). Dentre estas espécies, destaca-se o buriti (*Mauritia flexuosa*), uma espécie encontrada na Amazônia e no Cerrado. Diferentes componentes químicos foram encontrados na polpa de buriti, incluindo minerais, vitaminas, compostos fenólicos e sacarídeos, enquanto o óleo obtido da polpa é rico em ácidos graxos, esteróis, carotenoides e tocóis. O buriti tem mostrado propriedades biológicas

interessantes, como atividades antimicrobiana e antioxidante (RAMOS-ESCUDERO et al., 2022).

Atualmente, a busca por tecnologias que sejam ambientalmente sustentáveis, de custo acessível e altamente eficazes para a extração de compostos bioativos de fontes vegetais está em destaque. Neste contexto, a extração com fluido supercrítico tem se mostrado eficiente na obtenção de extratos naturais com altas concentrações de compostos bioativos livres de contaminantes. Também é considerado "quimicamente verde" por não utilizar solventes orgânicos tóxicos, oferecendo assim um uso sustentável para a biomassa amazônica (BEZERRA et al., 2018).

Com a crescente busca pelo desenvolvimento sustentável, que se baseia na exploração dos recursos naturais, mantendo a floresta em pé e utilizando tecnologias mais eficazes em diferentes etapas do desenvolvimento de produtos, incluindo a extração, é interessante investigar a extração supercrítica de *Mauritia flexuosa* para aplicações dos insumos dessa espécie no desenvolvimento de bioprodutos. Diante do exposto o objetivo deste trabalho é analisar a literatura existente sobre a extração supercrítica de componentes bioativos de *Mauritia flexuosa*, visando verificar sua viabilidade no desenvolvimento de produtos biotecnológicos para as indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica de artigos relacionados à extração supercrítica de *Mauritia flexuosa*. Para as etapas de busca, foram utilizadas as plataformas *Google Acadêmico*, *Science Direct* e *Scielo*, usando os termos-chave "*buriti supercritical extraction*", "*Mauritia flexuosa supercritical extraction*", "*buriti extraction*" e "*Mauritia flexuosa extraction*". Não foram fixados limites temporais para a busca. Os artigos encontrados foram lidos para determinar se o foco da pesquisa estava alinhado com os objetivos do estudo, focando-se nas metodologias utilizadas e resultados obtidos. Ao fim, foram selecionados 6 artigos que se relacionavam à extração supercrítica de compostos bioativos de buriti e suas aplicações no desenvolvimento de bioprodutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados para esta revisão, as condições experimentais de temperatura e pressão da extração supercrítica e os insumos obtidos e avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Artigos sobre extração supercrítica de *Mauritia flexuosa*. Fonte: autores.

Nº	Solvente utilizado	Condições de extração	Insumos avaliados/obtidos	Referência
1	CO2	42 °C / 200 bar	Óleo (polpa)	RAMOS-ESCUDERO et al., 2022
2	CO2	42 °C / 200 bar	Óleo (polpa) e torta desengordurada	BEST et al., 2022
3	CO2	42 °C / 200 bar	Óleo (polpa) e torta desengordurada	BEST et al., 2021
4	CO2	40 e 60 °C / 200 a 400 bar	Óleo (polpa)	CHAÑI-PAUCAR et al., 2021
5	CO2	60 °C / 250 bar	Óleo (polpa)	CUNHA et al., 2021
6	CO2	40 °C / 200 bar	Óleo (polpa com casca)	DE FRANÇA et al., 1999

Todos os trabalhos experimentais selecionados utilizam dióxido de carbono como solvente para extração de *Mauritia flexuosa*. A escolha do CO₂ como solvente para a extração supercrítica se dá por uma série de fatores, sendo os principais seus baixos valores críticos de temperatura (31,3 °C) e pressão (73,9 bar) e baixo custo. A baixa temperatura crítica do CO₂ permite a conservação de compostos termolábeis, geralmente relacionados à benefícios à saúde, na etapa de extração (PARHI; SURESH, 2013).

Uma outra vantagem da extração supercrítica é o aproveitamento total de toda a matriz utilizada para a extração. Como o CO₂ é inerte e não deixa resíduos, isso significa que ele não reage com os compostos presentes na matéria prima, permitindo a obtenção de extratos e tortas sem traços residuais de solvente (BHUSNURE, 2015). Estas vantagens conferem a esta técnica a capacidade de obtenção de extratos superiores, ao passo em que permite a utilização da torta desengordurada obtida no processo para outras aplicações, ou seja, não há a geração de resíduos de extração (PIRES et al., 2021).

A extração supercrítica é uma técnica reconhecida por sua alta seletividade e versatilidade, permitindo a manipulação de parâmetros do processo, incluindo temperatura e pressão. Desta forma, é possível a obtenção de produtos com diferentes composições e características físico-químicas por meio da manipulação de parâmetros de solvente, permitindo obter um maior leque de produtos de extração (BHUSNURE, 2015). De maneira geral, os artigos selecionados utilizam de tal versatilidade em suas etapas de execução experimental, verificado por meio das diferentes condições de temperatura e pressão, fator que reflete em variações nos diferentes perfis dos produtos de extração obtidos.

Declaradamente, os frutos de *Mauritia flexuosa* possuem alto teor lipídico, chegando a representar cerca de 10,50 % da polpa. Quanto ao restante da composição química da polpa de buriti, temos: 2,95 % de teor de proteínas, 4,31 % de cinzas, 12,90 % de fibras, 19,98 % de carboidratos e 49,36 % de umidade (CUNHA et al., 2021). Considerando que uma etapa anterior de secagem é necessária para a extração supercrítica, este teor lipídico pode chegar a 20,73 % (b.s.) considerando uma remoção teórica total de água. O alto teor lipídico da polpa de buriti, aliado à sua composição de bioativos, torna o óleo de buriti um produto de interesse. Neste aspecto, os trabalhos utilizando extração supercrítica da espécie em geral visam a separação do óleo da matriz vegetal. Portanto, a extração supercrítica de buriti gera dois insumos: o óleo de buriti e a torta desengordurada de buriti, contendo diferentes classes de bioativos.

Antes de analisar os resultados obtidos, é crucial destacar que podem surgir variações nos dados entre diferentes estudos para um mesmo parâmetro. Essas variações não apenas podem ser atribuídas à manipulação das condições de extração, mas também à própria natureza dos frutos de buriti, os quais podem apresentar variações em sua composição química devido a fatores como morfologia, região de coleta, sazonalidade, características do solo, oferta de chuvas, entre outros. Portanto, este é um comportamento absolutamente esperado (CUNHA et al., 2021; RAMOS-ESCUADERO et al., 2022).

3.1 Óleo supercrítico de *Mauritia flexuosa*

De maneira geral, os trabalhos selecionados focaram em descrever o óleo obtido da extração supercrítica de buriti, fato refletido em uma maior quantidade de informações a respeito deste insumo quando em comparação com a torta desengordurada.

Com relação aos rendimentos da extração supercrítica de buriti, os resultados variaram de 23,5 % (CHANI-PAUCAR et al., 2021) até 44,5 % e 46 % (BEST et al., 2022; RAMOS-ESCUADERO et al., 2022). Os rendimentos obtidos a partir destes trabalhos indicam a viabilidade da extração supercrítica na obtenção de grandes quantidades de óleo de buriti. A efeito de comparação, uma extração tradicional com solvente obteve um rendimento de 46-55 %. Apesar dos valores maiores, o óleo extraído por solvente possui níveis maiores de ácidos

graxos livres, índice de peróxido e teor de fósforo, diminuindo o leque de aplicações. Além disso, os valores obtidos pela extração supercrítica são relativamente próximos aos obtidos pela extração com solvente (RAMOS-ESCUADERO et al., 2022).

Outro parâmetro importante a ser investigado em óleos vegetais, visando sua aplicação na indústria, diz respeito ao seu perfil de ácidos graxos. Os ácidos graxos majoritários presentes no óleo supercrítico de buriti são o ácido oleico (71 a 79,54 %), ácido palmítico (15,56 a 22 %), ácido linoleico (0,88 a 3,93 %) e ácido esteárico (0,95 a 1,89 %). Outros ácidos graxos relatados nos trabalhos incluem o ácido linolênico e o ácido palmitoleico (RAMOS-ESCUADERO et al., 2022; CHAÑI-PAUCAR et al., 2021; CUNHA et al., 2021; DE FRANÇA et al., 1999). Em suma, o óleo de buriti possui em sua composição um teor maior de ácidos graxos monoinsaturados (74,56 a 81,20 %) em comparação ao teor de ácidos graxos saturados (17,06 a 22,58 %) (RAMOS-ESCUADERO et al., 2022).

Os compostos bioativos majoritários presentes no buriti são os carotenoides, sendo a espécie reconhecida como ótima fonte destes compostos. Quanto ao teor de carotenoides totais, os valores obtidos variaram de 1.043 mg/kg (DE FRANÇA et al., 1999) a 8.402,56 mg/kg (RAMOS-ESCUADERO et al., 2022). As variações podem ser explicadas pelas diferenças nas etapas de processamento escolhidas nos diferentes trabalhos. No trabalho de França e colaboradores (1999) foi realizada secagem a quente (60 ° C) antes da extração da polpa com casca de buriti, enquanto no de Ramos-Escudero e colaboradores (2022) optou-se pela secagem por liofilização, que utiliza baixas temperaturas, antes da extração da polpa do fruto. No entanto, ambos os resultados são muito superiores aos relatados para o óleo de buriti obtido por extração tradicional com solvente, de 540,81 mg/kg (SANTOS et al., 2015). O menor teor de carotenoides encontrado neste óleo pode estar relacionado às temperaturas maiores utilizadas na extração por solvente, que podem ter favorecido a degradação dos carotenoides presentes na amostra.

Individualmente, os carotenoides mais abundantes no óleo supercrítico de buriti são: all-trans- β -caroteno (846,04 a 3.962,65 mg/kg), 13-cis- β -caroteno (440,18 a 1.777,84 mg/kg), 9-cis- β -caroteno (447,98 a 1.529,14 mg/kg) e β -caroteno (168,84 a 347,11 mg/kg) (RAMOS-ESCUADERO et al., 2022). Os resultados mostram conformidade com os de Santos et al. (2015) com majoritariamente de β -caroteno e seus isômeros.

O buriti é reconhecido fonte de uma série de outros compostos de atividade biológica, incluindo tocoferóis e tocotrienóis, além de polifenóis. Para o óleo supercrítico de buriti, o teor de tocoferóis variou de 403,87 a 19.600 mg/kg, sendo os principais β -tocoferol (184,61 a 413,17 mg/kg) e α -tocoferol (57,26 a 167,12 mg/kg). Com relação aos tocotrienóis, os teores encontrados variam de 14,13 a 36,56 mg/kg, sendo os principais α -tocotrienol (11,88 a 22,09 mg/kg) e β -tocotrienol (6,20 mg/kg). No que diz respeito aos polifenóis, foram encontrados teores que variam de 153,41 a 328,89 mg/kg (DE FRANÇA et al., 1999; RAMOS-ESCUADERO et al., 2022). O teor de tocoferóis individuais é altamente variável em diferentes estudos. Os resultados encontrados foram inferiores aos relatados para o óleo de buriti extraído por solvente, de 1.567 mg/kg de tocoferóis totais, 1.100 mg/kg de α -tocoferol e 466 mg/kg de β -tocoferol (SANTOS et al., 2013). O teor de polifenóis, no entanto, foi muito superior ao relatado por Speranza e colaboradores (2016), de 107,0 mg GAE/kg. De forma geral, o óleo supercrítico de buriti mostrou possuir grande variedade e concentração de polifenóis e tocóis, o que mostra a eficiência da tecnologia na recuperação destes compostos de interesse.

3.2 Torta desengordurada de *Mauritia flexuosa*

Os dados de caracterização e composição química encontrados para a torta desengordurada de buriti se mostraram mais escassos quando comparados aos encontrados para o óleo. No entanto, ainda foram relatadas na literatura importantes características deste insumo. Uma vez que o CO₂ realiza o arraste de moléculas lipossolúveis durante a extração

supercrítica, na célula de extração temos, ao fim do processo, uma torta desengordurada, na qual se espera uma maior concentração de compostos polares, incluindo compostos bioativos polares. Dentre estes compostos, os polifenóis merecem destaque. No trabalho de Best e colaboradores (2022), foi realizada, após a extração com CO₂ supercrítico, uma segunda extração na torta desengordurada obtida, utilizando etanol a 80 %, visando a obtenção de extrato rico em fenólicos. Os resultados foram promissores: 28.800,95 µg GAE/g de compostos fenólicos totais sendo, destes, 390,82 µg CE/g de flavonoides. Os resultados mostram a eficiência do uso das técnicas em concentrar o conteúdo de compostos fenólicos na polpa desengordurada, aumentando a atividade e o valor de mercado desses extratos. Os rendimentos do processo também foram satisfatórios: 13,8 % (b.s.) mostrando boa separação a partir da torta desengordurada.

3.3 Aplicações

Tanto o óleo supercrítico quanto a torta desengordurada de *Mauritia flexuosa* mostraram bons valores de rendimento e uma alta e variada composição de bioativos. Os resultados encontrados, aliados à redução da presença de contaminantes, como solventes orgânicos, encorajam a utilização destes insumos no desenvolvimento de produtos para as indústrias alimentícia, de cosméticos e farmacêutica.

O perfil de ácidos graxos do óleo supercrítico de buriti encoraja sua aplicação em produtos alimentícios. Ácidos graxos monoinsaturados, em especial o ácido oleico, têm mostrado inúmeros benefícios à saúde humana, por meio da prevenção de diabetes mellitus tipo 2, redução da pressão arterial sistólica e diastólica, redução dos triglicerídeos e da lipoproteína de baixa densidade e inibição do fator de necrose tumoral α (RAMOS-ESCUDEIRO et al., 2022).

Carotenoides são o composto majoritário do óleo de buriti. Uma dieta rica em carotenoides está correlacionada com a diminuição do risco de várias doenças degenerativas, incluindo vários tipos de câncer, doenças cardiovasculares ou problemas visuais. Os efeitos preventivos têm sido associados à sua atividade antioxidante, protegendo células e tecidos de danos oxidativos. Os carotenoides também influenciam a sinalização celular e podem desencadear vias regulatórias sensíveis ao redox. A bioatividade desses compostos depende da matriz alimentar onde estão presentes. β -caroteno, quando presente em óleos, tem uma bioatividade seis vezes maior do que o encontrada em vegetais. Os benefícios dos carotenoides se expandem e justificam sua utilização em produtos cosméticos, por meio de sua capacidade de proteção solar, além da própria atividade antioxidante, que confere proteção contra o envelhecimento da pele. Os tocóis também apresentam benefícios substanciais à saúde, com propriedades hipocolesterêmicas, hipolipidêmicas, anticancerígenas, anti-inflamatórias e antioxidantes, além de retardar o processo de envelhecimento (SPERANZA et al., 2016), justificando seu uso na indústria farmacêutica.

Por fim, os polifenóis encontrados em grande concentração, em especial, na torta desengordurada pós-extração, são reconhecidos compostos antioxidantes, possuindo capacidades anti-inflamatória, anticancerígena, citoprotetora e hipocolesterolêmica. Os resultados indicam que os insumos de buriti podem ser utilizados para melhorar a estabilidade oxidativa e a vida de prateleira devido ao seu teor de polifenóis e carotenoides (RAMOS-ESCUDEIRO et al., 2022).

4 CONCLUSÃO

Tanto o óleo quanto a torta desengordurada obtidos através do processo de extração com CO₂ supercrítico demonstraram uma composição química promissora em termos de ácidos graxos e uma alta concentração de compostos bioativos. Destaca-se a notável separação de carotenoides no óleo, além da presença de uma altíssima concentração de polifenóis na torta

desengordurada. Esses compostos estão associados a uma série de benefícios para a saúde, justificando sua utilização em diversos tipos de bioprodutos.

Além disso, a técnica oferece bons rendimentos de extração e possibilita o aproveitamento total de todos os insumos, uma vez que não deixa resíduos de solvente. Portanto, a extração supercrítica emerge como uma alternativa ambientalmente amigável, versátil e adequada para a obtenção de insumos superiores à base de *Mauritia flexuosa*, com o objetivo de desenvolver bioprodutos para as indústrias alimentícia, de cosméticos e farmacêutica. Essas descobertas representam um passo significativo em direção ao aproveitamento responsável dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis e promissoras para as necessidades da sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS

- BEST, I.; CARTAGENA-GONZALES, Z.; ARANA-COPA, O.; OLIVERA-MONTENEGRO, L.; ZABOT, G. Production of Oil and Phenolic-Rich Extracts from *Mauritia flexuosa* L. f. Using Sequential Supercritical and Conventional Solvent Extraction: Experimental and Economic Evaluation. **Processes**, v. 10, n. 3, p. 459, 2022.
- BEST, I.; OLIVERA-MONTENEGRO, L.; CARTAGENA-GONZALES, Z.; ARANA-COPA, O.; ZABOT, G. Techno-Economic evaluation of the production of oil and phenolic-rich extracts from *Mauritia flexuosa* L. f. using sequential supercritical and conventional solvent extraction. **Biology and Life Sciences Forum**, v. 6, n. 1, p. 120, 2021.
- BEZERRA, F. W. F.; COSTA, W. A.; OLIVEIRA, M. S.; ANDRADE, E. H. A.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Transesterification of palm pressed-fibers (*Elaeis guineensis* Jacq.) oil by supercritical fluid carbon dioxide with entrainer ethanol. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 136, p. 136-143, 2018.
- BHUSNURE, O. G. Importance of supercritical fluid extraction techniques in pharmaceutical industry: a review. **Indo-american Journal of Pharmaceutical Research**, v. 5, p. 3785-3801, 2015.
- CHAÑI-PAUCAR, L. O.; YALI, E. T.; SANTIVÁÑEZ, J. C. M.; GARCIA, D. A.; JONHER, J. C. F.; MEIRELES, M. A. A. Supercritical Fluid Extraction from Aguaje (*Mauritia flexuosa*) Pulp: Overall Yield, Kinetic, Fatty Acid Profile, and Qualitative Phytochemical Profile. **The Open Food Science Journal**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2021.
- CUNHA, M. A. E.; BATISTA, C. C.; FREITAS, S. P.; FRANÇA, L. F.; ARAÚJO, M. E.; MACHADO, N. T. Solubility of Buriti Oil (*Mauritia Flexuosa*, Mart) in Supercritical Carbon Dioxide: Experimental Methods and EOS Modeling. **International Review of Chemical Engineering**, v. 3, n. 3, p. 331-339, 2011.
- DE FRANÇA, L. F.; REBER, G.; MEIRELES, M. A. A.; MACHADO, N. T.; BRUNNER, G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 14, p. 247-256, 1999.
- PARHI, R.; SURESH, P. Supercritical fluid technology: A review. **Journal of Advanced Pharmaceutical Science and Technology**, v. 1, n. 1, p. 13-36, 2013.
- PIRES, F. C. S.; OLIVEIRA, J. C.; MENEZES, E. G. O.; SILVA, A. P. S.; FERREIRA, M.

C. R.; SIQUEIRA, L. M. M.; ALMADA-VILHENA, A. O.; PIECZARKA, J. C.; NAGAMACHI, C. Y., CARVALHO JUNIOR, R. N. Bioactive Compounds and Evaluation of Antioxidant, Cytotoxic and Cytoprotective Effects of Murici Pulp Extracts (*Byrsonima crassifolia*) Obtained by Supercritical Extraction in HepG2 Cells Treated with H₂O₂. **Foods**, v.10, n. 4, p. 737, 2021.

RAMOS-ESCUADERO, F.; GÓMEZ-COCA, R. B.; MUÑOZ, A. M.; FUENTE-CARMELINO L. L.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Oil From Three Aguaje Morphotypes (*Mauritia flexuosa* L.f.) Extracted by Supercritical Fluid With CO₂: Chemical Composition and Chromatic Properties. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 843772, 2022.

SANTOS, M. F. G.; ALVES, R. E.; ROCA, M. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. **Grasas y Aceites**, v. 66, n. 3, e086, 2015.

SANTOS, M. F. G.; ALVES, R. E.; RUÍZ-MÉNDEZ, M. V. Minor components in oils obtained from Amazonian palm fruits. **Grasas y aceites**, v. 64, n. 5, p. 531-536, 2013.

SPERANZA, P.; FALCÃO, A. O.; MACEDO, J. A.; DA SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C.; MACEDO, G. A. Amazonian buriti oil: chemical characterization and antioxidant potential. **Grasas y Aceites**, v.67, n.2, e135, 2016.