




EXPLORANDO O IMPACTO DA TECNOLOGIA SUPERCRÍTICA APLICADA AO FRUTO DO BURITI (MAURITIA FLEXUOSA) NA BIOECONOMIA DA AMAZÔNIA

EXPLORING THE IMPACT OF SUPERCRITICAL TECHNOLOGY APPLIED TO THE BURITI FRUIT (MAURITIA FLEXUOSA) ON THE BIOECONOMY OF THE AMAZON

EXPLORANDO EL IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA SUPERCRÍTICA APLICADA AL FRUTO DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA) EN LA BIOECONOMÍA DE LA AMAZONÍA

 <https://doi.org/10.56238/levv16n49-104>

Data de submissão: 26/05/2025

Data de publicação: 26/06/2025

Maria Caroline Rodrigues Ferreira

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

Autora correspondente

E-mail: carolinerof@gmail.com

Leonardo Victor Gomes de Melo

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

E-mail: leonardo.melo@icb.ufpa.br

Ana Paula de Souza e Silva

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

E-mail: anapaula-eng@hotmail.com

Letícia Maria Martins Siqueira

Universidade Federal do Pará, Laboratório de Ciência e Engenharia de Petróleo, Geoenergia e Meios
Porosos, Salinópolis, Pará, Brasil.

E-mail: leticiammsiqueira@outlook.pt

Gabriela Izane de Almeida Campos

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

E-mail: gabrielaizane9@gmail.com

Rayssa de Sousa Mouzinho

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

E-mail: rayssamouzinho24@gmail.com

Raul Nunes de Carvalho Junior

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Laboratório de Tecnologia Supercrítica,
Belém, Pará, Brasil.

E-mail: raulncj@ufpa.br

RESUMO

A espécie *Mauritia flexuosa* representa grande potencial biotecnológico e econômico para a região amazônica. Seus frutos possuem alto valor nutricional e quantidades significativas de compostos bioativos que podem integrar novas formulações de produtos e aplicações especiais, porém ainda pouco explorados do ponto de vista tecnológico e comercial. Dentre as técnicas emergentes que podem ser aplicadas a essa espécie para gerar produtos de alto valor agregado, destaca-se a extração com fluido supercrítico. Além de altos rendimentos e melhor qualidade dos produtos finais, esse processo elimina a necessidade de solventes orgânicos que costumam tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente. A utilização de fluidos supercríticos apresenta-se como uma solução inovadora para introduzir o fruto e seus derivados nas mais variadas indústrias, gerando benefícios não só do ponto de vista tecnológico, mas também sociais, ambientais e econômicos. Estudos relacionados a implementação da tecnologia supercrítica na Amazônia em maior escala com foco em análises técnicas e econômicas já vem sendo desenvolvidos, apresentando soluções promissoras que levam em consideração as características únicas da região, tornando o processo tecnicamente viável, economicamente atrativo e ambientalmente responsável. Contudo, para atender o acréscimo na demanda por produtos do buriti alguns fatores além da tecnologia devem ser considerados em todos os níveis da cadeia produtiva. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo investigar o impacto da tecnologia supercrítica aplicada ao fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) na bioeconomia da Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia. Bioeconomia. Buriti. Inovação. Tecnologia supercrítica.

ABSTRACT

The *Mauritia flexuosa* species represents great biotechnological and economic potential for the Amazon region. Its fruits have high nutritional value and significant amounts of bioactive compounds that can be used in new product formulations and special applications, but are still little explored from a technological and commercial point of view. Among the emerging techniques that can be applied to this species to generate high added value products, extraction with supercritical fluid stands out. In addition to high yields and better quality of the final products, this process eliminates the need for organic solvents that are usually toxic and harmful to the environment. The use of supercritical fluids presents itself as an innovative solution for introducing the fruit and its derivatives into the most varied industries, generating benefits not only from a technological point of view, but also social, environmental and economic ones. Studies related to the implementation of supercritical technology in the Amazon on a larger scale with a focus on technical and economic analyses have already been developed, presenting promising solutions that take into account the unique characteristics of the region, making the process technically viable, economically attractive and environmentally responsible. However, in order to meet the increased demand for buriti products, some factors other than technology must be considered at all levels of the production chain. In this context, this research aims to investigate the impact of supercritical technology applied to the buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) on the bioeconomy of the Amazon.

Keywords: Amazon. Bioeconomy. Buriti. Innovation. Supercritical technology.

RESUMEN

La especie *Mauritia flexuosa* representa un gran potencial biotecnológico y económico para la región amazónica. Sus frutos poseen un alto valor nutricional y cantidades significativas de compuestos bioactivos que pueden utilizarse en nuevas formulaciones de productos y aplicaciones especiales, pero aún se encuentran poco explorados desde el punto de vista tecnológico y comercial. Entre las técnicas emergentes que pueden aplicarse a esta especie para generar productos de alto valor añadido, destaca la extracción con fluidos supercríticos. Además de los altos rendimientos y la mejor calidad de los productos finales, este proceso elimina la necesidad de disolventes orgánicos, habitualmente tóxicos y perjudiciales para el medio ambiente. El uso de fluidos supercríticos se presenta como una solución innovadora para introducir la fruta y sus derivados en diversas industrias, generando beneficios no solo tecnológicos, sino también sociales, ambientales y económicos. Ya se han desarrollado estudios relacionados con la implementación de la tecnología supercrítica en la Amazonía a mayor escala, con un enfoque en análisis técnicos y económicos, que presentan soluciones prometedoras que consideran las características únicas de la región, haciendo que el proceso sea técnicamente viable, económicamente atractivo y ambientalmente responsable. Sin embargo, para satisfacer la creciente demanda de productos de burití, es necesario considerar otros factores, además de la tecnología, en todos los niveles de la cadena de producción. En este contexto, esta investigación busca analizar el impacto de la tecnología supercrítica aplicada al fruto del burití (*Mauritia flexuosa*) en la bioeconomía de la Amazonía.

Palabras clave: Amazonía. Bioeconomía. Burití. Innovación. Tecnología supercrítica.

1 INTRODUÇÃO

A importância da floresta Amazônica para a manutenção da vida na terra e a sua grande biodiversidade colocam a região no centro do debate global sobre bioeconomia, uma abordagem sustentável para o desenvolvimento econômico, fundamentada no uso eficiente e responsável dos recursos biológicos. E, embora ainda não haja uma definição única sobre o termo, na Amazônia, o debate atual é baseado principalmente em uma economia de transformação de recursos oriundos da biodiversidade em produtos e serviços de alto valor agregado, garantindo não só o desenvolvimento econômico, como também a conservação ambiental e a equidade dos benefícios entre sua população (El-Chichakli et al., 2016; Bergamo et al., 2022; Costa et al., 2022).

A utilização de produtos florestais não madeireiros da Amazônia, como os frutos, tem sido considerada altamente atrativa, pois além de incentivar a manutenção da floresta em pé e boas práticas de manejo, também podem contribuir para o aumento de empregos e renda. No Brasil, segundo a pesquisa de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, realizado pelo Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE, 2023) que reúne dados referentes à quantidade e ao valor da produção decorrentes dos processos de exploração dos recursos vegetais naturais para fins comerciais, o extrativismo vegetal não madeireiro arrecadou R\$ 2,2 bilhões. Contudo, apesar do grande potencial tecnológico e comercial, algumas espécies oleaginosas, como *Mauritia flexuosa*, popularmente conhecida como buriti, ainda são pouco exploradas em termos de extração de componentes bioativos de alto valor de mercado, especialmente por meio de tecnologias verdes, destinados à aplicação em diferentes indústrias, como cosméticos, alimentos e fármacos (Prado et al., 2010).

Associadas aos conhecimentos e práticas tradicionais, as pesquisas científicas que avaliam processos tecnológicos, especialmente verdes, aplicados a matérias primas regionais têm contribuído com desenvolvimento estratégico de diversas cadeias produtivas. Dentre as tecnologias emergentes, destaca-se a extração com fluido supercrítico. Utilizando dióxido de carbono (CO₂) em condições supercríticas, o processo elimina a necessidade de solventes orgânicos que costumam tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente (Baldino et al., 2018). Quando aplicada aos frutos do buriti, essa técnica permite a obtenção de produtos com características únicas, de alta pureza e concentração de compostos bioativos, especialmente ácidos graxos insaturados, carotenoides, tocoferóis, fenólicos, entre outros, que lhes conferem importantes atividades biológicas com efeitos positivos sobre a saúde. Estudos anteriores já demonstraram que a extração com fluido supercrítico (EFS) pode ser economicamente viável para a obtenção de óleos ricos em ácidos graxos insaturados, carotenoides e tocoferóis, o que deve determinar preços de venda mais elevados e usos especiais para este produto, destacando sua vantagem competitiva (Best et al., 2022).

Diante desse cenário e da necessidade de promover uma diversificação da economia já existente, garantindo o bem-estar da população e a preservação do ecossistema, esta pesquisa tem como

objetivo investigar o impacto da tecnologia supercrítica aplicada ao fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*) na bioeconomia da Amazônia.

2 MAURITIA FLEXUOSA: CARACTERÍSTICAS, APLICAÇÕES E POTENCIAL TECNOLÓGICO E ECONÔMICO

Mauritia flexuosa é uma palmeira de origem amazônica que cresce em florestas de "várzea", em solos permanente ou provisoriamente alagados (FIGURA 1), em formações conhecidas como "veredas" ou "buritizais" (De Souza et al., 2020). Praticamente todas as partes da palmeira são utilizadas pela população nativa e apresentam alto valor ecológico, cultural e econômico para a região (Trujillo-González et al., 2011).

FIGURA 1. Buritizeiros (*Mauritia flexuosa*) em área de várzea



O recurso mais utilizado é o fruto (FIGURA 2) que contém uma polpa com sabor e aroma peculiares, com alta concentração de macro e micronutrientes que pode ser consumida diretamente ou utilizada como ingrediente na preparação de bebidas, sorvetes, bolos, geleias, vinhos e também para obtenção de farinha (Manhães et al., 2015). A composição e o valor nutricional variam devido a fatores exógenos e endógenos do fruto. Mas, de maneira geral, a polpa do buriti possui alto valor energético em razão de ser composta principalmente por carboidratos e lipídios. Possuem ainda altos teores de compostos com atividade biológica, como ácidos graxos insaturados, carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos relacionados a importantes funções fisiológicas, atuando na prevenção de diversas doenças (Silva et al., 2009; Carneiro e Carneiro, 2011; Darnet et al., 2011; Manhães e Sabaa-Srur, 2011, Rodrigues et al., 2012; Santos et al., 2015; Speranza et al., 2016).

FIGURA 2. Fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*)



O óleo extraído da polpa já é utilizado pela população local para o tratamento de patologias e cuidados relacionados à pele e para o preparo de alimentos. E a partir dos conhecimentos tradicionais associados a essa espécie, pesquisas têm sido desenvolvidas na tentativa de diversificar seu consumo e sua funcionalidade, sugerindo algumas possíveis aplicações nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica que abrem um leque de oportunidades para o desenvolvimento de produtos de alto valor agregado. Manhães et al. (2015) desenvolveram um blend de óleos, incluindo o óleo de buriti, para ser usado como tempero em saladas ou introduzido no preparo de diversos produtos alimentícios como uma alternativa de suplementação, principalmente devido ao seu alto teor de ácido oleico, tocoferóis e carotenoides que podem contribuir para a melhoria da saúde da população. Uma alternativa promissora para embalagens de alimentos foi apresentada por Heriberto et al. (2023) que desenvolveram um filme à base de gelatina incorporando o óleo de buriti para conservar queijo coalho artesanal. Os resultados apontaram redução na permeabilidade do vapor de água, causando uma redução significativa no crescimento de bactérias responsáveis pela deterioração de alimentos e prejudiciais à saúde. Outras abordagens para a utilização dos óleos de buriti evidenciam composições ideais para o uso em cosméticos, principalmente relacionados a ativos naturais hidratantes e fotoprotetores, demonstrando segurança para aplicação tópica (Batista et al. 2012; Fuentes et al. 2013; Pereira et al. 2018; Reis-Mansur et al. 2023). Ferreira et al. (2022) produziram um gel à base de óleo de *M. flexuosa* para tratamento de feridas, onde além dos bons resultados observados para atividades antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória, forneceu ainda o suporte necessário para o processo de cicatrização, indicando mais uma alternativa para aumentar a funcionalidade e agregar valor comercial ao óleo de buriti. E até mesmo seus subprodutos e resíduos, como as polpas desengorduradas e a casca do fruto, podem ser considerados como potenciais fontes de insumos para a indústria. Resende et al., (2019) avaliaram as polpas desengorduradas quanto ao teor de fibras, carotenoides e compostos fenólicos e os resultados evidenciaram o seu potencial para fornecer fibras alimentares e antioxidantes naturais em produtos alimentícios. Foreo-Doria et al. (2016) extraíram óleo com alta capacidade antioxidante e estabilidade a partir da casca do fruto, mesmo quando submetido a altas temperaturas.

Contudo, apesar de ser uma matéria-prima de grande potencial tecnológico e industrial, ainda não há um conjunto de dados robustos sobre a cadeia produtiva e comercialização dos frutos do buriti.

Isso pode ser um indício de que a espécie tem uma participação de mercado reduzida, demonstrando a subutilização do seu potencial econômico. Além disso, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2022), a cadeia produtiva do buriti enfrenta diversas limitações em seu desenvolvimento. Entre as principais estão a consolidação do mercado, pouca organização social e produtiva, alta perecibilidade da polpa, alto custo de produção do óleo devido ao escasso conhecimento das tecnologias de extração, bem como a irregularidade na oferta e demanda do produto, uma vez que o período de coleta é curto. Fatores estes que geram incerteza e dificultam o crescimento da atividade econômica extrativa desde a coleta até o beneficiamento final. Atualmente, os produtos originários comercializados oriundos do buriti, especialmente o óleo, atendem principalmente o comércio local e nacional em menor escala e envolvem processamento simples e nível tecnológico de baixa a média complexidade. A maior parte do óleo de buriti vendido no mercado é produzido artesanalmente por cocção e por prensagem da polpa. O primeiro processo envolve altas temperaturas e contato direto com água e o segundo resulta em um óleo com impurezas, constituídas principalmente por partículas sólidas provenientes da polpa e da casca (Sampaio, 2021). Outro processo descrito na literatura envolve o uso de solventes orgânicos, como o hexano, que pode contaminar os óleos e restringir seu uso em várias aplicações (Rodriguez-Amaya 1996). Esses processos extrativos costumam ocasionar perda na estabilidade, qualidade e aparência do óleo, sendo necessário aplicar etapas posteriores de refino que podem resultar na degradação de constituintes termossensíveis, como carotenoides e tocoferóis, diminuindo o seu valor de mercado (Aquino et al., 2012).

Nesse contexto, associadas aos conhecimentos e práticas tradicionais, as pesquisas científicas que avaliam novos processos tecnológicos, especialmente verdes, aplicados a matérias primas regionais podem contribuir com o desenvolvimento estratégico de diversas cadeias produtivas, incluído a do buriti.

3 TECNOLOGIA SUPERCRTICA: TEORIA E APLICAÇÕES

A tecnologia de fluidos supercríticos envolve uma gama de processos e aplicações, incluindo a extração de compostos de alto valor agregado de matérias-primas naturais. É um processo promissor que tem conquistado o interesse da indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética, pois devido aos parâmetros operacionais brandos e as características dos solventes utilizados, garante alto rendimentos e evita a degradação térmica dos compostos sensíveis a altas temperaturas (Brunner, 2005; Rosa et al., 2009).

Nesse tipo de processo, os fluidos encontram-se no estado supercrítico, ou seja, estão acima do ponto crítico, onde adquirem densidade e difusividade similar a um líquido e viscosidade semelhante a um gás (Sovová, 2012). Nesta condição, os fluidos passam a apresentar alta difusividade, alta densidade e baixa viscosidade, que resulta em alto poder de solvatação, facilitando a penetrando em

matrizes porosas sólidas, contribuindo para o aumento da taxa de transferência de massa (Brunner, 2005; Herrero et al., 2006; Rosa et al., 2009). O poder de dissolução de um fluido supercrítico está relacionado a sua densidade, que é fortemente influenciada pela temperatura e pressão, podendo ser facilmente alterada com pequenas variações desses parâmetros. Essa característica torna esse método altamente seletivo. O conhecimento da solubilidade de cada composto alvo no solvente supercrítico permite selecionar as faixas de temperatura e pressão mais adequadas para cada tipo de processo e maximizar o seu rendimento, sem degradação dos compostos e perda de atividade biológica (De Melo et al., 2014; Pereira et al., 2016).

O dióxido de carbono (CO_2), conhecido como um dos principais gases de efeito estufa é o fluido mais utilizado em processos supercríticos. Possui baixa temperatura e pressão crítica ($T_c = 31^\circ\text{C}$ e $P_c = 72,9\text{ bar}$), fácil manuseio, miscível em outros solventes, atóxico, não inflamável, inércia química e custo relativamente moderado, tornando-o um solvente ideal para aplicação em produtos naturais. No estado supercrítico, o CO_2 é considerado uma substância apolar. Logo, compostos orgânicos apolares tornam-se bem solúveis, enquanto que compostos polares tem sua solubilidade reduzida neste solvente. Por esse motivo, dependendo das características da matéria-prima e dos compostos que se desejam separar, faz-se necessário adicionar um cossolvente ou mistura de cossolventes para aumentar a polaridade da mistura fluida e melhorar a solubilidade de compostos polares. Os cossolventes mais utilizados são etanol e água, adequados para aplicações relacionadas à indústria de alimentos e farmacêutica, pois têm baixa toxicidade e podem ser facilmente removidos do produto final sem deixar substâncias tóxicas (ROSA et al., 2009; DE MELO et al., 2014).

De maneira geral, esta operação unitária ocorre em duas etapas. A primeira é a extração, onde o solvente flui através das partículas e entra em contato com os componentes extraíveis do sólido e dissolve-os. E na segunda ocorre a separação entre a matéria-prima e as substâncias dissolvidas no solvente supercrítico que, saindo do extrator, entra em contato com as condições normais de atmosfera fazendo com que o solvente e os solutos se separem (Brunner, 2005; Rosa et al., 2009).

4 POTENCIAL DA EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA NO APROVEITAMENTO DOS FRUTOS DO BURITI: INOVAÇÃO, PERSPECTIVAS E IMPACTOS

A extração supercrítica já vem sendo descrita na literatura como um método eficiente para gerar diferentes produtos a partir dos frutos do buriti. Para além de altos rendimentos, ainda preserva os compostos termossensíveis e garante maior concentração de compostos bioativos como ácidos graxos, carotenoides, tocoferóis, compostos fenólicos e maior atividade antioxidante, quando comparado a outros métodos convencionais (Prado et al., 2010).

Os diversos autores avaliam a composição dos produtos da EFS, não apenas para comparar com outras técnicas de extração, mas também para determinar os diferentes parâmetros operacionais a fim

de otimizar os processos, maximizar os rendimentos e qualidade dos produtos finais, uma vez que desempenham um papel importante na seletividade das substâncias. França et al. (1999) estudaram a extração com CO₂ supercrítico da polpa com casca do fruto do buriti e comparou com o óleo extraído com hexano. A fração lipídica extraída com hexano apresentou um teor de cerca de 1% de caroteno, enquanto o fluido supercrítico extraiu aproximadamente 80% do teor inicial de caroteno contido na matéria prima. Chañi-Paucar et al. (2021) relataram rendimentos elevados, chegando até a 41,1% empregando o mesmo método de extração da polpa de aguaje, nome popular de *Mauritia flexuosa* no Peru. Essas diferenças podem ser justificadas pelas variações nas condições operacionais empregadas, tais como temperatura, pressão e densidade do fluido que aumentaram a solubilidade dos compostos lipofílicos no CO₂-SC. Bem como as características do equipamento utilizado, a forma de empacotamento do leite e características da matéria prima.

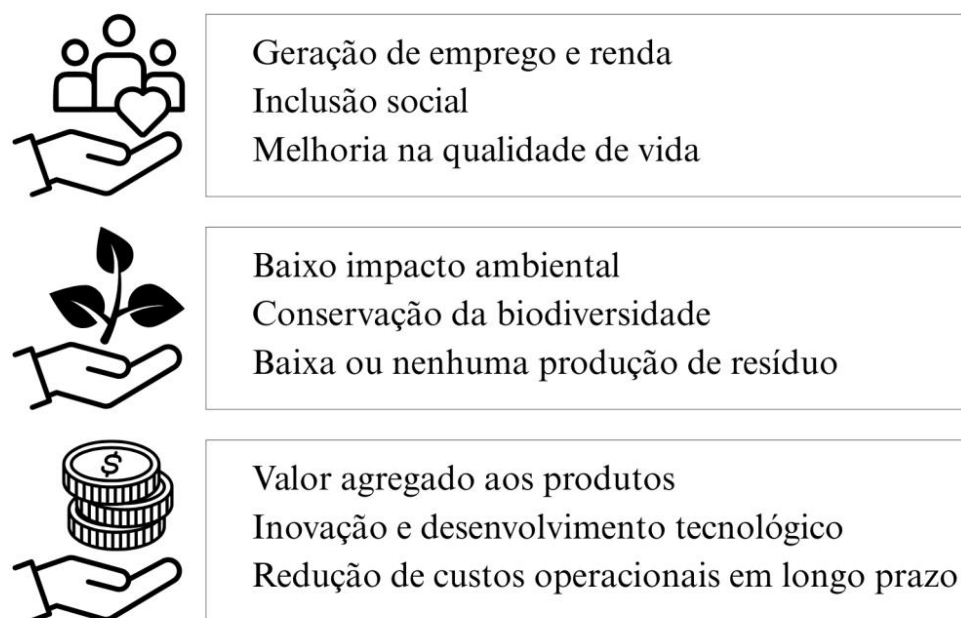
Os estudos também confirmam que os óleos extraídos com fluido supercrítico possuem maior concentração de substâncias bioativas e maior atividade biológica quando comparados aos óleos prensados ou extraídos com solvente orgânico. E demonstram ainda como as características das matérias primas usadas nos processos influenciam diretamente na qualidade dos produtos finais. Ramos-Escudero et al. (2022) analisaram a composição química e os parâmetros de cor de três morfotipos de buriti extraídos por CO₂-SC e relataram diferenças importantes entre as amostras em relação ao teor de carotenoides, tocoferóis, tocotrienóis, ácidos graxos, polifenóis totais e cor. Os resultados apontam que os três óleos têm potenciais aplicações comerciais por fornecerem uma excelente fonte de componentes bioativos, especialmente carotenoides que podem ser utilizados nas indústrias de alto desempenho. Além disso, os autores sugerem que os óleos do buriti podem ser usados para melhorar a estabilidade de outros óleos vegetais e aumentar a vida útil devido à sua alta concentração de ácido oleico e considerável conteúdo de antioxidantes naturais.

O processo de extração supercrítica possibilita ainda a obtenção de um outro produto a partir de um único processo, a farinha desengordurada. Rica em compostos como fenólicos e flavonoides, retidos devido à diferença de polaridade com o solvente, visto que são majoritariamente polares, e portanto, tem sua solubilidade reduzida neste solvente. Best et al. (2022) utilizaram a torta desengordurada resultante da extração da polpa em outro processo para recuperação de fenólicos e flavonoides. Os resultados comprovaram a eficiência do processo com fluido supercrítico para concentrar as substâncias na farinha desengordurada, representado por um aumento significativo na recuperação destes compostos nos extratos obtidos posteriormente a extração supercrítica utilizando etanol em comparação com o extrato que foi obtido diretamente da polpa.

Esse conjunto de informações valida a ideia de que o processo de extração com fluido supercrítico aplicado aos frutos do buriti é viável e apresenta-se como uma solução inovadora para introduzir o fruto e seus produtos na indústria, gerando benefícios não só do ponto de vista tecnológico,

mas também sociais, ambientais e econômicos para a região onde está inserida (Baldino e Reverchon, 2018; Sosa-Hernández et al., 2018). A Figura 3 apresenta resumidamente alguns desses benefícios potenciais que podem contribuir com o desenvolvimento sustentável da Amazônia, seguindo os princípios da bioeconomia.

Figura 3. Benefícios sociais, ambientais e econômicas da implementação da tecnologia supercrítica na Amazônia.



O cultivo e a colheita do buriti envolvem diretamente algumas comunidades extrativistas locais e a instalação de indústrias que desenvolvam tecnologias supercríticas pode ter um impacto positivo significativo do ponto de vista social nessas comunidades. Ao aumentar a eficiência e a qualidade dos produtos extraídos, há uma tendência de ampliação das oportunidades de mercado e, conseqüentemente, o aumento da demanda pelo fruto, proporcionando-lhes uma fonte de renda sustentável. Outro aspecto positivo é que a implantação de processos tecnológicos gera a necessidade de mão de obra qualificada, não somente na indústria, mas também no início da cadeia produtiva, aliando o conhecimento tradicional à capacitação técnica dos produtores, que se reflete no aumento de renda e, conseqüentemente, na qualidade de vida. Contudo, para promover o desenvolvimento inclusivo e sustentável, a integração das comunidades extrativistas no ciclo produtivo do buriti deve garantir que os benefícios econômicos sejam distribuídos equitativamente (Gilmore et al., 2013).

Do ponto de vista ambiental, associar o fruto do buriti a tecnologias verdes pode contribuir diretamente com a preservação dos ecossistemas amazônicos, desde que o manejo seja realizado de forma sustentável. O aumento na demanda dos frutos estimula iniciativas voltadas para regeneração natural das espécies vegetais e as práticas que garantem a manutenção da floresta em pé de forma a garantir o ciclo de produção. Além do que, a utilização de fluidos supercríticos minimiza o impacto ambiental e atende às novas exigências em relação ao meio ambiente, uma vez que dispensa o uso de

solventes orgânicos nocivos ao meio ambiente. Ao final do processo, o CO₂ pode ser disperso sem causar prejuízos para o meio ambiente ou reutilizado em outras operações (Khaw et al., 2017). Outro benefício ambiental associado à EFS é o fato de não gerar resíduos, visto que todos os produtos e subprodutos podem ser utilizados como insumos para a elaboração de novos produtos e incorporados a outros processos tecnológicos. No caso do buriti, além do óleo rico em carotenoides, a extração com CO₂ supercrítico possibilita a obtenção da farinha desengordurada, considerada resíduo em outros processos (Best et al., 2022).

Para as regiões em desenvolvimento, como a Amazônia, agregar valor às matérias-primas regionais usando uma tecnologia ecologicamente correta representa a possibilidade de aumentar sua competitividade e valor no mercado global de produtos naturais, causando um impacto significativo na sua economia. Estudos recentes comprovam que a EFS pode ser economicamente viável para obtenção de extratos vegetais de diversas espécies, inclusive de *M. flexuosa*. E, comparados com outros métodos de extração, além de maiores rendimentos, os extratos são puros e altamente concentrados em compostos bioativos com múltiplas funcionalidades. Essas características permitem a sua aplicação em diversos produtos destinados ao consumo humano, sem oferecer toxicidade ou efeitos adversos, atendendo a rigorosos requisitos de segurança (Ramos-Escudero et al., 2022).

Os carotenoides, compostos de maior destaque do buriti, despertam grande interesse econômico por esta matéria-prima. Segundo o relatório da Modor Intelligence (2022), estima-se que o mercado global de betacaroteno cresça a uma taxa anual de 3,93% no período de 2020-2025. Na literatura já são relatados processos tecnológicos aplicando fluidos supercríticos para a sua extração a partir de *M. flexuosa* que resultam em óleos, extratos e farinhas com altas concentrações do composto e que apresentam efeitos como antioxidante, anti-inflamatório, entre outros, que podem servir como insumos de alto valor agregado para produtos funcionais. Prado et al. (2010) examinaram a viabilidade econômica preliminar da extração supercrítica de óleo rico em carotenoides de três palmeiras amazônicas, incluindo o buriti. Apesar do custo de fabricação mais elevado do processo, o produto possui características diferenciadas e diversas propriedades funcionais que determinam preço de mercado mais elevado, refletindo-se em retorno financeiro positivo sobre o capital inicial e o investimento operacional. Além disso, os carotenoides de origem natural têm alto valor de marketing, uma vez que o consumo de produtos naturais, principalmente os "verdes", vêm crescendo devido às exigências dos consumidores que, além da preocupação o meio ambiente, estão buscando cada vez mais produtos relacionados à saúde e bem-estar (Coelho et al., 2019).

Outra vantagem da extração de óleos vegetais utilizando fluidos supercríticos em relação ao processamento tradicional é que o processo é realizado em uma única etapa, sem a necessidade de processos subsequentes de refino, uma vez que os produtos já costumam adequar-se aos padrões de qualidade exigidos. O processo em etapa única reforça a qualidade e integridade dos produtos, dado

que muitos dos processos de refino costumam causar a perda de compostos bioativos e alterações nas características naturais dos produtos (Aquino et al. 2012). E, a longo prazo, essa particularidade pode se converter em economia, visto menos etapas resultam em redução no custo de produção e de tempo.

5 TECNOLOGIA SUPERCRTICA NA AMAZONIA HOJE: PERSPECTIVAS E DESAFIOS

O mercado global de bioprodutos está em expansão, representando um segmento atraente de investimentos para a Amazônia por meio da valorização de produtos da sua biodiversidade e da conservação do meio ambiente. E os dados compilados nesse estudo, reforçam o potencial tecnológico e industrial dos frutos de *Mauritia flexuosa* para atender as necessidades humanas na área da alimentação, saúde e bem-estar. E apesar de todas as vantagens dessa tecnologia, ainda não existe nenhuma unidade industrial operando com ela na Amazônia. O custo do investimento inicial para aquisição de equipamentos de extração supercrítica (importados na sua grande) e o valor de aquisição da matéria-prima são apontados como fatores mais relevantes e de valor mais elevado nos custos de produção, reforçando a importância dos estudos relacionados otimização de processos e à qualidade da matéria prima (Rosa e Meireles 2005; Pereira e Meireles 2006; Best et al., 2022). Outro obstáculo é a complexidade da região amazônica, que além de oportunidades, apresenta alguns desafios a serem superado. A dimensão territorial, as condições climáticas, a distribuição geográfica dos produtores em áreas remotas que costumam ser distantes dos grandes polos industriais, baixa malha viária, infraestrutura energética e conectividade digital, entre outras particularidades, muitas vezes tornam o processo produtivo complexo e dispendioso, exigindo investimentos estratégicos para superar essas barreiras e potencializar as oportunidades locais (Veríssimo & Wilm, 2024)

Com o intuito de driblar essas limitações, estudos relacionados a implementação da tecnologia supercrítica na Amazônia em maior escala com foco em análises técnicas e econômicas têm sido desenvolvidos pelo grupo de pesquisa GTEC-Amazônia. No Laboratório de Tecnologia Supercrítica (LabTecS) da Universidade Federal do Pará, a tecnologia já vem sendo aplicada com sucesso em escala piloto para a produção de óleos vegetais especiais com benefícios à saúde. O estudo realizado por Menezes et al. (2022) apresentou uma nova equação de escalonamento e tem sido usado como referência para desenvolver processos de extração em escala piloto para a obtenção de óleos e farinha desengordurada ricos em carotenoides e fenólicos com atividade antioxidante, respectivamente, da polpa com casca dos frutos do buriti oriundos da região nordeste do estado do Pará, apresentando resultados significativamente positivos.

Além disso, com o intuito de simplificar o processo e reduzir custos, o estudo de Silva et al. (2025) relata a projeção e validação de um equipamento inédito de extração supercrítica com componentes totalmente brasileiros, desde válvulas e tubulações, até vasos de extração, que além de eliminar questões relacionadas a importação de produtos, ainda reduz os custos de aquisição e

manutenção do equipamento. Nessa configuração mais simplificada, o equipamento elimina a etapa de liquefação do dióxido de carbono que exige sistemas de refrigeração potentes para compensar a diferença entre as temperaturas ambiente e de processo. Essa adaptação mostrou-se extremamente relevante, visto que a região amazônica, especialmente o estado do Pará, enfrenta condições climáticas desafiadoras, como a alta umidade (podendo chegar a 90%) e altas temperaturas (32 a 40°C) durante todo o ano, tornando o uso convencional desse solvente, normalmente pressurizado na fase líquida, inviável. Paralelamente ainda há uma melhora na eficiência energética devido à ausência do condensador que reduz a demanda de energia elétrica, e redução do tempo de operação, tornando o processo tecnicamente viável, economicamente atrativo e ambientalmente responsável.

O trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa reforça que a extração supercrítica não é apenas mais eficiente e sustentável, mas também pode ser mais competitiva em relação às tecnologias convencionais. Contudo, para atender o acréscimo na demanda por produtos de *M. flexuosa*, a nível geral da cadeia produtiva, alguns fatores além da tecnologia devem ser considerados. Assistência técnica para que as comunidades extrativistas consigam aumentar o volume da produção com práticas de colheita não destrutivas, aprimoramento da espécie para colher frutos com maiores teores lipídicos e compostos bioativos, incentivo à padronização e certificação da produção, assistência técnica na gestão dos empreendimentos, logística para escoamento da produção, entre outros, são aspectos fundamentais. Nesse contexto, o mapeamento de informações pode auxiliar na determinação de estratégias que ajudem a estruturar a cadeia de produção do buriti e detectar pontos cruciais para investimento. E para que isso seja possível, é preciso considerar a cooperação entre produtores, comunidades extrativistas, instituições de pesquisa, indústrias e governo para conciliar, através da ciência, tecnologia e inovação, o uso sustentável da biodiversidade para a bioconversão e bioprospecção de novos produtos de interesse industrial. E, assim, gerar riquezas repartida de maneira justa para todos os elos da cadeia, enquanto reduz os impactos negativos ao meio ambiente (Diniz e Bermann, 2012; Basecamp, 2017; Amorim et al., 2022, CONAB, 2022).

6 CONCLUSÃO

Mauritia flexuosa é uma importante fonte de recursos naturais da Amazônia capaz de gerar insumos para as indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, contribuindo para o fortalecimento da bioeconomia e da preservação da floresta. No entanto, apesar do seu alto valor nutricional e funcional, há carência de dados sobre a cadeia produtiva, processos tecnológicos, produtos e comércio relacionados a esta espécie, indicando um mercado ainda pouco explorado, mas com muito potencial. As pesquisas científicas e produções tecnológicas que avaliam processos e produtos utilizando a palmeira do buriti, conhecida por suas múltiplas funcionalidades, têm sido um forte aliado no seu desenvolvimento estratégico. Os dados reportados na literatura mostraram um cenário promissor para



a sua exploração utilizando tecnologia supercrítica, gerando produtos de alta qualidade em termos de compostos bioativos e, portanto, alto valor de mercado. Além disso, a implementação de tecnologias avançadas, como a extração supercrítica, posiciona a Amazônia como um centro de inovação tecnológica, impulsionando a criação de novos produtos e serviços baseados na rica biodiversidade da região, alinhado à conservação ambiental e ao desenvolvimento econômico em todos os elos da cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

- Amorim, I.S.; Almeida, M.C.; Chaves, R.P.; Chisté, R.C. 2022. Technological applications and color stability of carotenoids extracted from selected Amazonian fruits. *Food Science and Technology* 42, e01922.
- Aquino, Jailane de Souza; Pessoa, Débora C. N. de Pontes; Araújo, Kassandra de Lourdes G. V.; Epaminondas, Poliana S.; Schuler, Alexandre Ricardo P.; Souza, Antônio G. de; Stamford, Tânia Lúcia M. . (2012). Refining of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) originated from the brazilian cerrado: physicochemical, thermal-oxidative and nutritional implications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, (), -. doi:10.1590/S0103-50532012000200004
- Baldino, L.; Reverchon, E. 2018. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO₂ processing of vegetable matter. *The Journal of Supercritical Fluids* 134, 269-273.
- Basecamp Consultoria. 2017. Strategic Roadmap for the Brazilian Bioeconomy. São Paulo: Natura, Givaudan e Kimberly-Clark 26p.
- Batista, J.S.; Olinda, R.G.; Medeiros, V.B.; Rodrigues, C.M.F.; Oliveira, A.F.; Paiva, E.S.; et al., 2012. Antibacterial and healing activities of buriti oil *Mauritia flexuosa* L. *Ciência Rural* 42:136–141.
- Bergamo, D.; Zerbini, O.; Pinho, P.; Moutinho, P. 2022. The Amazon bioeconomy: Beyond the use of forest products, *Ecological Economics*, Volume 199, 107448, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107448>.
- Best, I.; Cartagena-Gonzales, Z.; Arana-Copa, O.; Olivera-Montenegro, L.; Zabot, G. 2022. Production of Oil and Phenolic-Rich Extracts from *Mauritia flexuosa* L.f. Using Sequential Supercritical and Conventional Solvent Extraction: Experimental and Economic Evaluation. *Processes* 10, 459.
- Brunner, G. 2005. Supercritical Fluids: Technology and Application to Food Processing. *J. Food Engineering*. 67, 21-33.
- Carneiro, B.T.; Carneiro, J.G.M. 2011. Frutos e polpa desidratada buriti (*Mauritia flexuosa* L.): Aspectos físicos, químicos e tecnológicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 6, 105–111.
- Chañi-Paucar, L.O.; Yali, E.T.; Maceda Santivañez, J.C.; Garcia, D.A.; Jonher, J.C.; Angela, A.; Meireles, M. 2021. Supercritical Fluid Extraction from Aguaje (*Mauritia flexuosa*) Pulp: Overall Yield, Kinetic, Fatty Acid Profile, and Qualitative Phytochemical Profile. *Open Food Sci. J.* 13, 1–11.
- Coelho, M.S.; Fernandes, S.S.; Salas-Mellado, M.M. 2019. Association between diet, health, and the presence of bioactive compounds in foods. In M. R. S. Campos (Ed.), *Bioactive compounds: health benefits and potential applications* 159-183. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Companhia Nacional De Abastecimento - CONAB. 2022. Boletim da Sociobiodiversidade, Brasília, DF, v. 6, n.1.
- Costa, F. de A., Nobre, C., Genin, C., Frasson, C. M. R., Fernandes, D. A., Silva, H., Vicente, I., Santos, I. T., Feltran-Barbieri, R., Ventura Neto, R., & Folhes, R. 2022. Uma bioeconomia inovadora para a Amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. WRI Brasil. <https://doi.org/10.46830/wriwp.21.00168pt>.

Darnet, S.H.; Silva, L.H.M.; Rodrigues, A.M.C.; Lins, R.T. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 3:488–91.

De Melo, M.M.R.; Silvestre, A.J.D.; Silva, C.M. 2014. Supercritical fluid extraction of vegetable matrices: applications, trends and future perspectives of a convincing green technology, *J. Supercrit. Fluids* 92,115–176.

De Souza, F.G.; De Araújo, F.F.; De Paulo Farias, D.; Zanotto, A.W.; Neri-Numa, I.A.; Pastore, G.M. 2020. Brazilian fruits of Arecaceae family: an overview of some representatives with promising food, therapeutic and industrial applications. *Food Research International*, 109690.

Diniz, E.M.; Bermann, C. 2012. Green economy and sustainability. *Estudos Avançados* 26, 323-9.

El-Chichakli, B.; Von Braun, J.; Lang C, Barben, D. E.; Philp, J. 2016. Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature* 53: 221-223.

Ferreira, M.O.G.; Ribeiro, A.B.; Rizzo, M.S.; de Jesus Oliveira, A.C.; Osajima, J.A.; Estevinho, L.M.; et al., 2022. Potential Wound Healing Effect of Gel Based on Chicha Gum, Chitosan, and *Mauritia flexuosa* Oil. *Biomedicines* 10, 899.

Forero-Doria, O.; Gallego, J.; Valdes, O.; Pinzon-Topal, C.; Santos, L.S.; Guzmán, L. 2016. Relationship between oxidative stability and antioxidant activity of oil extracted from the peel of *Mauritia flexuosa* fruits. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 123(3), 2173–2178.

França, L.F.; Reber, G.; Meireles, M.A.A.; Machado, N.T.; Brunner, G. 1999. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. *J Supercrit Fluids* 14:247–256.

Fuentes, E.; Rodríguez-Pérez, E.; Guzmán, L.; Alarcón, M.; Navarrete, S.; Forero-Doria, O.; et al., 2013. *Mauritia flexuosa* presents in vitro and in vivo antiplatelet and antithrombotic activities. *Evid Based Complement Alternat Med* 2013:11.

Gilmore, M.P.; Endress, B.A.; Horn, C.M. 2013. The socio-cultural importance of *Mauritia flexuosa* palm swamps (aguajales) and implications for multi-use management in two Maijuna communities of the Peruvian Amazon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9:29.

Heriberto, A. Anjos; Domingos A.M. Castro; Agenor G. dos Santos-Neto; Jefferson Romáryo Duarte da Luz; Maria das Graças Almeida; Maria Terezinha S. Leite Neta; et al., 2023. Gelatin-based films incorporated with buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) as active packaging for artisanal cheese conservation, *Bioresource Technology Reports* 23, 101526, ISSN 2589-014X.

Herrero, M.; Cifuentes, A.; Ibanez, E. 2006. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by- products, algae and microalgae. *Food Chemistry* 98, 136-148.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2023_v38_informativo.pdf.

Khaw, K.-Y.; Parat, M.-O.; Shaw, P.N.; Falconer, J.R. 2017. Solvent supercritical fluid technologies to extract bioactive compounds from natural sources: a review *Molecules*, 22 (7), pp. 1186-1207.

Manhães, L.; Menezes, E.; Marques, A.; Sabaa-Srur, A. 2015. Flavored buriti oil (*Mauritia flexuosa*, Mart.) for culinary usage: innovation, production and nutrition value. *Journal of Culinary Science & Technology* 13:362–74.

Manhães, L.R.; Sabaa-Srur, A. 2011. Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31:856–63.

Menezes, E.G.O.; Barbosa, J.R.; Pires, F.C.S.; Ferreira, M.C.R.; E Silva, A.P.S.; Siqueira, L.M.M.; et al., 2022. Development of a new scale-up equation to obtain Tucumã-of-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) oil rich in carotenoids using supercritical CO₂ as solvent, *The Journal of Supercritical Fluids* 181, 105481, ISSN 0896-8446.

Modor Intelligence. 2022. MERCADO DE CAROTENÓIDES - CRESCIMENTO, TENDÊNCIAS, IMPACTO DO COVID-19 E PREVISÕES (2023-2028).

Pereira GS, Freitas PM, Basso SL, et al. 2018. Quality control of the buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) for use in 3-phase oil formulation for skin hydration. *Int J Phytocos Nat Ingrid*;5:1. doi:10.15171/ijpni.2018.01.

Pereira, C.G.; Meireles, M.A.A. 2010. Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds: Fundamentals, Applications and Economic Perspectives. *Food Bioprocess Technol* 3, 340–372.

Pereira, C.G.; Prado, J.M.; Meireles, A.J.A.; Meireles, M.A.A. 2016. Extração sólido-líquido. In: TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELES, A. J. A.; PESSOA FILHO, P. A. Operações unitárias na indústria de alimentos. *Livros técnicos e científicos (LTC)*. v. 1, cap.18, p. 168-208.

Prado, J.M.; Assis, A.R.; Maróstica-Júnior, M.R.; Meireles, M.A.A. 2010. MANUFACTURING COST OF SUPERCRITICAL-EXTRACTED OILS AND CAROTENOIDS FROM AMAZONIAN PLANTS. *Journal of Food Process Engineering* 33(2), 348–369.

Ramos-Escudero, F.; Gómez-Coca, R.B.; Muñoz, A.M.; Fuente-Carmelino, L.D.L.; Pérez-Camino, M.D.C. 2022 Oil From Three Aguaje Morphotypes (*Mauritia flexuosa* L.f.) Extracted by Supercritical Fluid With CO₂: Chemical Composition and Chromatic Properties. *Front. Sustain. Food Syst.* 6:843772.

Reis-Mansur, M.C.P.P.; Firmino Gomes, C.C.; Nigro, F.; Ricci-Júnior, E.; de Freitas, Z.M.F.; dos Santos, E.P. 2023. Nanotechnology as a Tool for Optimizing Topical Photoprotective Formulations Containing Buriti Oil (*Mauritia flexuosa*) and Dry Aloe vera Extracts: Stability and Cytotoxicity Evaluations. *Pharmaceuticals*, 16, 292. <https://doi.org/10.3390/ph16020292>.

Resende, L. M., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. 2019. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry* 270, 53–60.

Rodrigues, E.; Mariutti, L.R.B.; Chisté, R.C.; Mercadante, A.Z. 2012. Development of a novel micro-assay for evaluation of peroxy radical scavenger capacity: Application to carotenoids and structure-activity relationship. *Food Chemistry* 135, 2103-2111.

Rodriguez-Amaya, D.B.; Kimura, M.; Godoy, H.T.; Amaya-Farfan, J. 2008. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition, *Journal of Food Composition and Analysis* 21, 445-463.

Rosa, P.T.V.; Meireles, M.A.A. 2005. Rapid estimation of the manufacturing cost of extracts obtained by supercritical fluid extraction. *J. Food Eng.* 67, 235–240.

Rosa, P.T.V.; Parajó, J.C.; Domínguez, H.; Moure, A.; Díaz-Reinoso, B.R. L.; Smith, Jr, Toyomizu, M.; et al., 2009. Supercritical and pressurized fluid extraction applied to the food industry. In: MEIRELES, M. A. A. Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications, CRC Press, New York. c. 6, p. 269-402.

Sampaio, M. B.; Carrazza, L. R. 2012. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*), Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), Brasília – DF. Santos, M.F.; Alves, R.R.; Roca, M. 2015. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. *Grasas Aceites* 66:1–8.

Silva, A. P. de S. e., Pires, F. C. S., Ferreira, M. C. R., Carvalho, M. E. F. de., Siqueira, L. M. M., Azevedo, F. de F. M. de., Menezes, E. G. O. de., & Carvalho, R. N. de. (2025). A new supercritical extraction equipment in the Amazon: Supercritical extractor efficiency upgrade provided by gas booster performance. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2025, 106522. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2025.106522>.

Silva, S.M.; Sampaio, K.A.; Taham, T.; Rocco, S.A.; Ceriani, R.; Meirelles, A.J.A. 2009. Characterization of Oil Extracted from Buriti Fruit (*Mauritia flexuosa*) Grown in the Brazilian Amazon Region. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86, 611–616.

Sosa-Hernández, J.E.; Escobedo-Avellaneda, Z.; Iqbal, H.M.N.; Welti-Chanes, J. 2018. State-of-the-Art Extraction Methodologies for Bioactive Compounds from Algal Biome to Meet Bio-Economy Challenges and Opportunities. *Molecules* 23(11), 2953–.

Sovová H. 2012. Steps of supercritical fluid extraction of natural products and their characteristic times, *Journal Supercritical Fluids* 66, 73–79.

Speranza. P.; De Oliveira Falcão, A.; Alves Macedo, J.; Da Silva, L.H.M.; Da C. Rodrigues, A.M.; Alves Macedo, G. 2016. Amazonian Buriti oil: chemical characterization and antioxidant potential. *Grasas Aceites* 67 (2): e135.

Trujillo-González, J.N.; Torres, M.A.; Santana Castañeda, E. 2011. La palma de moriche (*Mauritia flexuosa* L.f.) un ecosistema estratégico. *Orinoquia* 15, 62-70.

Veríssimo, B; Wilm, M. Amazônia brasileira: desafios e oportunidades no século 21. *Rvista Diálogos Soberania e Clima* (Volume 3, Número 3, Páginas 8-15), do Centro Soberania e Clima, 2764-9717, 2024.