

IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS POR CG-EM DO FRUTO DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)

João Vitor Souza Soares¹, Debora Nogueira Cavalcante²,
Pedro Henrique³ e Jaqueline de Araújo Bezerra⁴

RESUMO

O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é um fruto amazônico conhecido por seu alto teor de vitamina C e potencial antioxidante. Este estudo tem como objetivo identificar os compostos voláteis presentes no fruto de camu-camu utilizando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). Amostras do fruto foram preparadas e submetidas a análises para identificar seu perfil volátil. Os resultados revelaram uma diversidade de compostos, dentre os identificados, destacaram-se o limoneno, o α -pineno e o β -mirceno, que contribuíram significativamente para o aroma característico do camu-camu. A identificação desses compostos fornece insights valiosos para a indústria alimentícia e cosmética, além de contribuir para o desenvolvimento de produtos derivados deste fruto nativo. Portanto o camu-camu possui um perfil volátil complexo que pode ser explorado para diversas aplicações científicas e industriais.

Palavras-chave: Myrtaceae; óleos essenciais; fruto amazônico.

¹joao.soares@ufam.edu.br, ORCID:

²dnogueira14@gmail.com, ORCID:

³Universidade Federal de Viçosa. pedrocampelo@ufv.br, ORCID:

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. jaqueline.araujo@ifam.edu.br, ORCID:

IDENTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS BY GC-MS OF CAMU-CAMU FRUIT (*Myrciaria dubia*)

ABSTRACT

Camu-camu (*Myrciaria dubia*) is an Amazonian fruit known for its high vitamin C content and antioxidant potential. This study aims to identify the volatile compounds present in camu-camu fruit using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Fruit samples were prepared and subjected to analyses to determine their volatile profile. The results revealed a diversity of compounds, among which limonene, α -pinene, and β -myrcene stood out, significantly contributing to the characteristic aroma of camu-camu. The identification of these compounds provides valuable insights for the food and cosmetic industries and contributes to the development of products derived from this native fruit. It is concluded that camu-camu has a complex volatile profile that can be explored for various scientific and industrial applications.

Keywords: Myrtaceae; essential oil; amazon fruit.

1. INTRODUÇÃO

O camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) pertence à família Myrtaceae e é uma fruta nativa (baga de 2-3 cm de diâmetro) da bacia Amazônica, cultivada no Brasil, Peru, Colômbia, Equador e Bolívia. Seu habitat varia desde os solos férteis das planícies peruanas, influenciados diretamente pelos Andes, até os solos pobres das praias de areia branca do Peru. A planta adapta-se ao seu ambiente: em solos férteis, suas raízes são curtas e próximas ao caule principal; em solos pobres, como areia branca, as raízes podem se estender até três vezes a altura da planta. Esse fator impacta diretamente a produção de frutos: plantas bem nutridas frutificam anualmente, enquanto plantas em solos pobres frutificam a cada dois ou três anos (Santos *et al.*, 2022).

No Peru, o consumo do camu-camu é popular, principalmente para a produção de sucos e sorvetes, e a demanda internacional pelo fruto amazônico está crescendo no Japão, Europa e América do Norte (Cunha-Santos *et al.*, 2019). Algumas frutas nativas brasileiras são excelentes fontes de compostos bioativos e o camu-camu se destaca por ser uma fonte rica em vitamina C, em antocianinas e alto teor de ácido elágico. Possui capacidade antioxidante *in vitro* cerca de 120 vezes maior que outras frutas como, laranja, morango, acerola, mirtilo (blueberry) (Cunha-Santos *et al.*, 2019; Fidelis *et al.*, 2020).

As espécies de Myrtaceae são notáveis pelo seu potencial econômico na exploração madeireira, como fonte de plantas ornamentais e de frutas comestíveis. Além disso, essas espécies são produtoras de óleos essenciais que exibem uma ampla diversidade química de mono e sesquiterpenos. Os compostos incluem esqueletos como mentano, pinano, bisabolano, germacrano, cariofilano, cadinano e aromadendrano no gênero *Psidium* (Silva *et al.*, 2021), e cariofilano, germacrano e pinano nos gêneros *Eugenia* e *Syzygium* (da Costa *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais são comercializados tanto em forma bruta quanto beneficiada, fornecendo compostos purificados como limoneno, citral, citronelal, eugenol, mentol e safrol. Os óleos essenciais de Myrtaceae encontram aplicação em diversas indústrias, como a farmacêutica, alimentícia e cosmética, devido às suas propriedades antifúngicas, antibacterianas, citotóxicas e inseticidas. As flores, folhas, cascas, rizomas e frutos são

usados na produção de óleos essenciais, como os de rosas, eucalipto, canela, gengibre e laranja, respectivamente. Estes óleos têm ampla aplicação na indústria de perfumaria, cosméticos, alimentos e como ingredientes em medicamentos. Eles são utilizados principalmente como aromas, fragrâncias, fixadores de perfumes, em formulações farmacêuticas e produtos para higiene bucal (da Costa *et al.*, 2022; Franco *et al.*, 2021).

Ademais, os óleos essenciais são obtidos através de diversos métodos, tais como hidrodestilação, destilação a vapor, prensagem a frio (no caso do citrino), e destilação assistida por microondas. Adicionalmente, outros métodos podem ser utilizados para extrair compostos voláteis, como a extração simultânea por destilação (SDE) e o método de microextração em fase sólida (SPME e headspace) (da Costa *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, várias revisões têm destacado a importância química e biológica das espécies de Myrtaceae, incluindo os gêneros *Eugenia*, *Syzygium* (da Costa *et al.*, 2020) e *Psidium* (Franco *et al.*, 2021). Outra revisão abordou amostras voláteis de várias espécies de Myrtaceae, incluindo quatro amostras de *Myrciaria* (Stefanello; Pascoal; Salvador, 2011).

Esse interesse crescente reflete a escassez de estudos específicos sobre as espécies de *Myrciaria*, como evidenciado pelo número crescente de trabalhos recentes. Desse maneira, esse estudo tem como objetivo a caracterização do óleo essencial de *Myrciaria dubia* por GC-MS, visando identificar os componentes voláteis presentes nesta espécie da Amazônia brasileira e verificar a tendência de pesquisa com óleo essencial relacionadas aos frutos do gênero *Myrciaria*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Várias espécies da família Myrtaceae são conhecidas por seus óleos essenciais ricos, muitos dos quais possuem atividade antimicrobiana. O óleo essencial dos caules de *Myrciaria floribunda* (conhecida como 'camboim amarelo') contém predominantemente sesquiterpenos (72,2%), como o acetato de (2*E*, 6*E*)-farnesila sendo o composto principal (19,9%). Nos óleos essenciais das folhas e flores, os monoterpenos são predominantes, 1,8-cineol como principal composto (38,4% e 22,8%, respectivamente) (Tietbohl *et al.*, 2012).

Os 21 compostos dos óleos essenciais das folhas de *Myrciaria trunciflora* (conhecida como 'jaboticaba-de-cabinho') foram identificados por GC-FID-MS. Embora os sesquiterpenos hidrocarbonetos tenham sido identificados em 24,79%, os sesquiterpenos oxigenados foram os principais compostos (48,09%), sendo os majoritários: β -cariofileno, biciclogermacreno, globulol e muuroleno. Outras espécies de *Myrciaria* também foram estudadas, destacando-se β -cariofileno e seus óxidos em *M. edulis*, *M. peruviana* var. *trunciflora*, espatulenol em *M. cauliflora*, e α -bisabolol óxido A em *M. cordifolia* (Apel et al., 2006).

Os componentes voláteis nos frutos de camu-camu foram identificados por GC-MS, revelando 21 compostos, principalmente terpenos (98%), sendo β -cariofileno como o sesquiterpeno mais abundante e destaque para α -pineno e D-limoneno como monoterpênicos (Franco; Shibamoto, 2000).

2.1. Características do fruto

Os frutos do camu-camu (Figura 1) são redondos, de 2 a 3 cm de diâmetro e pesam entre 8,5 e 10 gramas. Eles são de cor vermelha, tornando-se roxo escuro no final da maturação. A polpa é aquosa e ácida e contém de 2 a 3 sementes. A cor do camu-camu se deve à presença de antocianinas, que se concentram principalmente no pericarpo (casca) e só são transferidas para a polpa durante o processamento industrial (ZANATTA; MERCADANTE, 2007). Portanto, é importante que o consumo e processamento do fruto ocorra junto com a casca, pois sua ausência faz com que o aproveitamento das antocianinas presentes no camu-camu seja baixo.

Figura 1 – Frutos inteiros de camu-camu (*Myrciaria dubia*)



Fonte: Os autores, 2024

A árvore frutifica entre novembro e maio e é considerada a fruta com maior teor de vitamina C (1-3 g/100 g). No entanto, seu consumo no Brasil é limitado, exceto na região Norte, onde a polpa e o suco são comercializados (Conceição *et al.*, 2019). Na região amazônica, já existe tecnologia de produção com variedades geneticamente melhoradas com alto teor de ácido ascórbico e alta produtividade podem alcançar de 10 a 23 kg de fruto/planta/colheita, podendo ser reproduzidas assexuadamente pela tecnologia de clonagem (Santos *et al.*, 2022).

Devido a essa característica, devem ser colhidos no estágio ideal de maturação comestível (caracterizado por uma casca avermelhada), pois não amadurecerão totalmente após a colheita. Portanto, se colhidas nos estágios iniciais de desenvolvimento, ainda verdes, não podem ser consumidas posteriormente, pois seus componentes prejudicam o sabor da fruta. Devido à alta acidez, esta fruta raramente é consumida *in natura*. Por isso, é utilizado no preparo de diversos produtos como sucos de frutas, sorvetes, picolés, geleias e licores (DAS CHAGAS *et al.*, 2021). Dessa forma, o beneficiamento dos produtos derivados do camu-camu pode se tornar uma alternativa de renda para as comunidades da Amazônia brasileira, onde o fruto é obtido por meio do extrativismo dos arbustos que ocorrem naturalmente nas margens dos rios (Santos *et al.*, 2022).

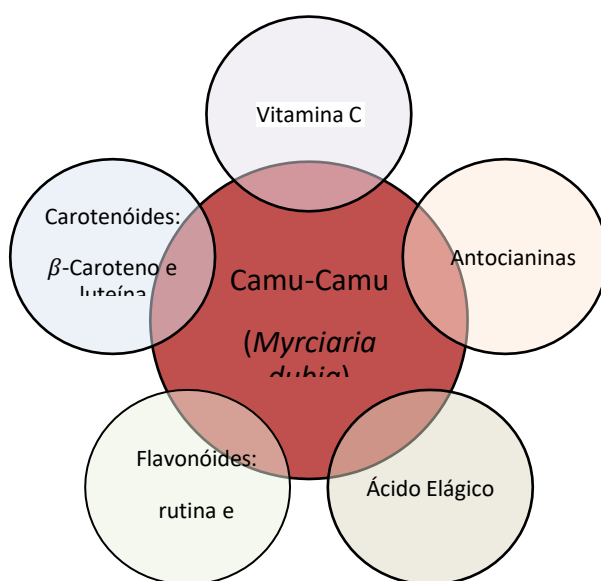
A maior produção de camu-camu está concentrada na Amazônia peruana, pois as condições climáticas favorecem o cultivo da fruta. Consequentemente, o Peru é o maior exportador de camu camu, respondendo por 72% das exportações da fruta em 2011, segundo a OTCA (Organização do Tratado de Cooperação Amazônica). As principais formas comercializadas no país são camu-camu em pó (76%), extrato (13,4%) e camu-camu desidratado (6,2%). O país de destino são os EUA (56% das vendas), seguido do Canadá (19%), Reino Unido (5,3%), Japão (4,4%), França (2,9%), Austrália (2,8%) e Alemanha (2,7%) (OTCA, 2011) (ZANATTA; MERCADANTE, 2007; CUNHA-SANTOS *et al.*, 2019; CONCEIÇÃO *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2022).

O grande interesse pelo camu-camu está principalmente relacionado à sua composição diversificada, com significativa concentração de compostos bioativos (Figura 2), o que torna o fruto uma matéria-prima promissora para a elaboração de alimentos funcionais e/ou fitoterápicos.

2.2. Aspectos botânicos e geográficos do fruto

O camu-camu pode ser encontrado em quase toda a Amazônia brasileira, incluindo estados como Amazonas, Roraima, Rondônia e Tocantins. Apresenta-se como um pequeno arbusto, atingindo de 4 a 8 metros de altura. Essa Angiosperma pertence à família Myrtaceae e é uma espécie silvestre geralmente encontrada nas margens de rios e córregos, com a parte inferior do caule (cerca de 30% a 40% de sua altura) submersa por 4 a 6 meses. Os brotos se formam quando o nível do rio cai, enquanto a floração e a frutificação começam quando os níveis aumentam. A temperatura média ideal para o desenvolvimento do camu-camu é de aproximadamente 25 °C, com umidade relativa entre 70% e 95% (ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Figura 2 - Compostos bioativos presentes no camu-camu



Fonte: Os autores, 2024

O cultivo em solos não alagados (ambientes secos) tem sido adotado no Brasil como uma alternativa para expandir a área plantada, visto que essa fruta é pouco conhecida no país. Essa prática surge como uma opção para aumentar sua produção e disseminar a espécie para diferentes regiões, tornando-a mais conhecida e acessível. O camu-camu é uma planta perene que frutifica entre novembro e março quando cultivada em ambientes alagados. Em

ambientes secos, podem ocorrer duas colheitas por ano: uma de novembro a março e outra em junho e julho (CUNHA-SANTOS *et al.*, 2019; FIDELIS *et al.*, 2020; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

2.3. Principais compostos voláteis

As folhas e cascas dos frutos desta espécie são utilizadas na medicina tradicional brasileira para tratar diarreia, doenças femininas e labirintite (Ribeiro *et al.*, 2017). No Peru, as folhas de *M. dubia* são empregadas no tratamento de resfriados e artrite (Roumy *et al.*, 2020). Além disso, os frutos de *M. dubia* são reconhecidos como uma fonte natural de antioxidantes devido ao seu alto teor de ácido ascórbico e compostos fenólicos. Assim, esta espécie apresenta potencial socioeconômico e nutricional significativo (Borges; Conceição; Silveira, 2014; da Costa *et al.*, 2022; Ribeiro *et al.*, 2021).

Em seu estudo da Costa *et al.* (2022) analisa os compostos voláteis de *M. dubia* encontrado em diferentes fontes bibliográficas, foram observadas variações significativas na abundância dos principais componentes voláteis em diferentes amostras. Em algumas amostras, α -pineno foi encontrado em quantidades substanciais, destacando-se pela predominância deste composto. Em contrapartida, amostras de outros perfis apresentaram maior concentração de limoneno, um componente comum encontrado tanto em folhas quanto em frutos de *M. dubia*. Essas variações na composição química são influenciadas por fatores como métodos de extração utilizados, partes específicas da planta analisadas e o ambiente de coleta dos espécimes. Essa diversidade química reflete a adaptação da planta a diferentes condições ambientais e fornece *insights* importantes para aplicações potenciais em diversas indústrias, como a farmacêutica e cosmética (da Costa *et al.*, 2022).

3. METODOLOGIA

Os frutos de camu-camu foram coletadas na cidade de Tefé, no estado do Amazonas, Brasil, no período de início de safra do fruto (Março de 2024). Inicialmente os frutos foram higienizados e separados para serem submetidos à hidrodestilação utilizando um aparelho do tipo Clevenger, durante um período de 3 horas.

3.1. Obtenção do óleo essencial

Foram pesados em uma balança analítica, 260 gramas para a obtenção do óleo essencial. O óleo essencial foi coletado pela técnica empregando o hexano para facilitar a captura do produto de interesse. Em seguida, o óleo foi encaminhado para análise química.

3.2. Análise por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas

A análise química do óleo essencial foi realizada em equipamento de Cromatografia em Fase Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas – CG-EM (Nexis GC2030, GCMS- QP2020 NX, Shimadzu) instalado na Central Analítica do IFAM. A análise cromatográfica foi realizada utilizando o CG-EM equipado com coluna capilar de sílica fundida SH-RTx-5Sil-MS (30 m x 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm espessura). As temperaturas do injetor e do detector foram de 250°C e 260 °C, respectivamente; Hélio como gás de arraste (1,0 mL/min); corrida com temperatura de 60 °C a 180 °C com taxa de 3 °C/min. Proporção de divisão 1:50 e 1,000 µL de solução de hexano.

A identificação dos compostos químicos dos óleos essenciais foi realizada baseada na comparação do índice aritmético, calculado a partir da série de n-alcanos (C7-C30), com os dados das bibliotecas WILEY 275 e National Institute of Standards and Technology (NIST 3.0) e Adams.

3.3. Critérios de Pesquisa Bibliográfica

Foi realizado um estudo bibliométrico para elucidar a relação entre os óleos essenciais do gênero Myrtaceae e as tendências de pesquisas científicas na área, com base em uma correlação de palavras-chaves. A pesquisa foi realizada utilizando Web of Science, Scopus e PubMed. As palavras-chave aplicadas foram “*Myrciaria*”, “óleo essencial” e “composto volátil”.

A análise dos dados bibliométricos foi conduzida utilizando palavras-chave adicionais para buscar artigos relevantes sobre o tema deste trabalho, utilizando o software VOSviewer (versão 1.6.20) (da Costa *et al.*, 2022; van Eck; Waltman, 2010). Os artigos foram obtidos das bases de dados nos formatos suportados pelo software. Os dados primários coletados incluíam informações como título do artigo, nomes dos autores, palavras-chave e detalhes de citação, incluindo as listas de referências. Com base nestes dados, foram gerados *clusters*

que conecta as principais palavras-chave e suas relações com termos menos frequentemente utilizados nas buscas (van Eck; Waltman, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais compostos identificados no óleo essencial do fruto do camu-camu pertencem ao grupo químico dos terpenos (Tabela 1; Figura 3), são eles, os compostos α -pineno (29,71%), limoneno (47,42%) e γ -terpineol (6,18%). Os Terpenos são compostos orgânicos naturais derivados de unidades de isopreno (C_5H_8), que podem ser classificados em monoterpenos (compostos de duas unidades de isopreno, como o α -pineno e o limoneno) e sesquiterpenos (compostos de três unidades de isopreno, como o γ -terpineol). Eles são amplamente encontrados em plantas e possuem diversas funções biológicas e aplicações industriais, especialmente na produção de fragrâncias, aromas e medicamentos (da Costa *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021).

Em seu estudo, da Costa *et al.* (2022), identificou os hidrocarbonetos monoterpênicos como predominantes no óleo essencial de folhas de *M. dubia* (60,2– 74,5%). Além disso, também foram estudadas outras espécies do gênero *Myrciaria* cujo os principais compostos identificados nos óleos essenciais foram o monoterpeno hidrocarboneto com pinano (α -pineno, 0–67,2%) e esqueletos de mentano (terpinoleno, 0–23,1%; α -felandreno, 0–17,7%; γ -terpineno, 0–8,7%; p-cimeno, 0–7,2%; e β -felandreno, 0–6,6%), seguido pelos sesquiterpenos com cariofilano (*E*-cariofileno, 0,3–43,2%; óxido de cariofileno, 0,4–41,1%; e α -humuleno, 0–5,3%) e esqueletos de cadinano (γ -cadineno, 0– 17,5%).

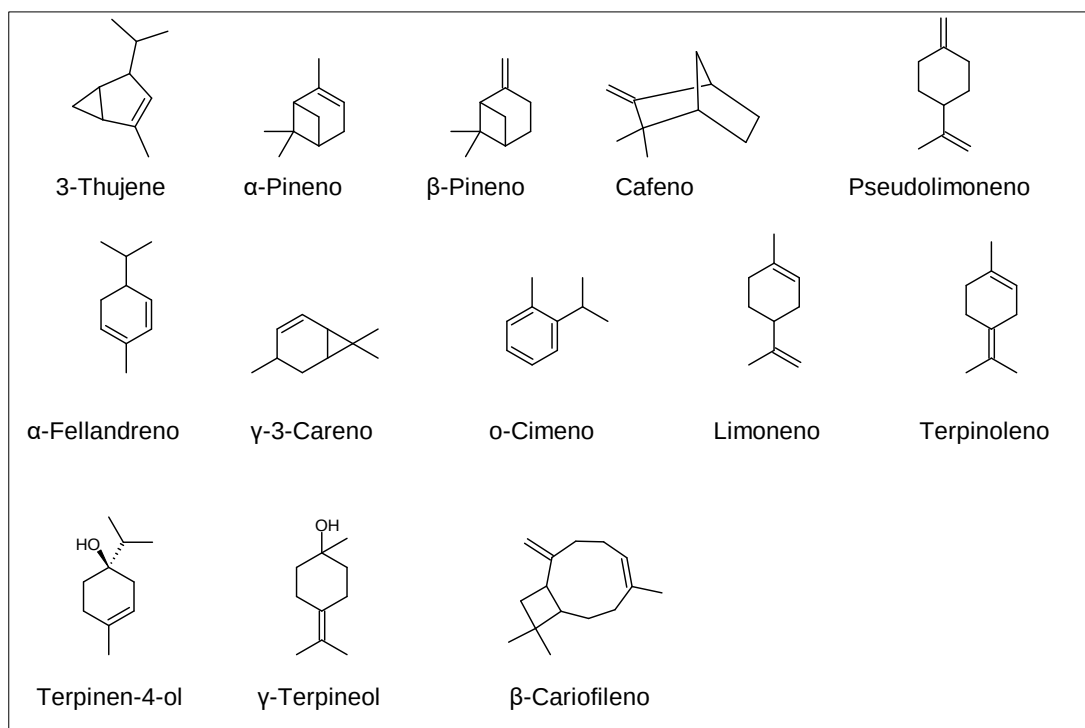
A Figura 3 ilustra as estruturas moleculares dos compostos identificados através da análise CG-EM que estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Compostos identificados no óleo essencial de camu-camu por CG-EM

Tempo	Composto	IA	Teor (%)
5.278	3-Tujene	900	0,77
5.516	α-pineno	935	29,71
5.915	β -pineno	980	0,67
6.676	Canfeno	951	0,31
7.447	Pseudolimoneno	1007	1,29
7.522	α -Fellandreno	1009	3,5
7.864	δ -3-Careno	1018	0,87
8.126	o-Cimeno	1026	1,92
8.364	Limoneno	1032	47,42
10.307	Terpinoleno	1087	2,87
14.146	Terpinen-4-ol	1182	0,55
14.792	γ-Terpineol	1197	6,18
24.250	β -cariofileno	1419	1,96
TOTAL			98,02

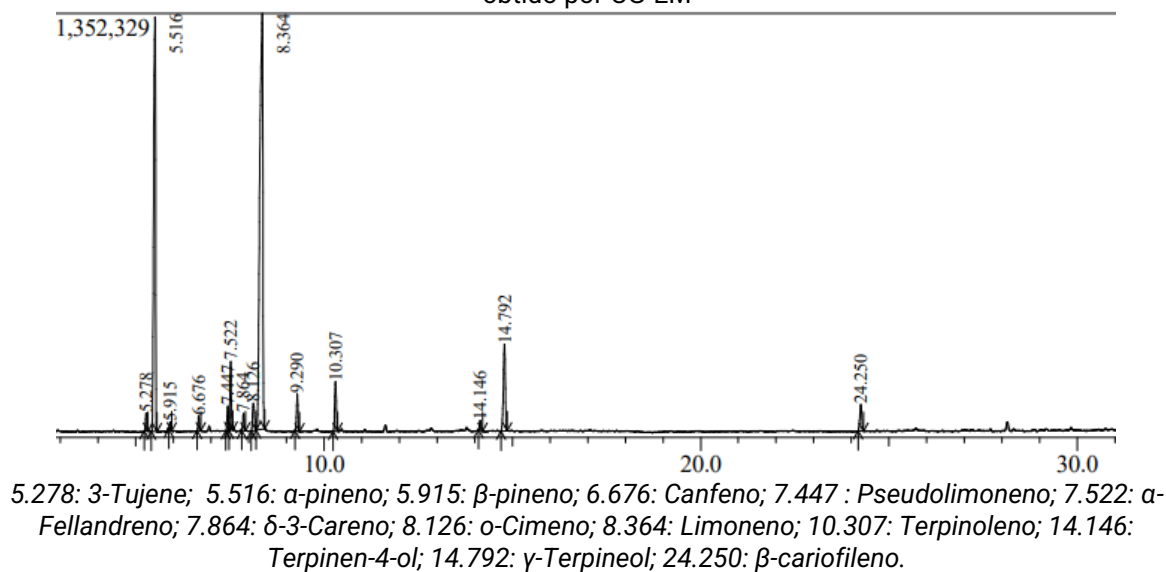
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Figura 3 – Estruturas dos compostos voláteis identificados por CG-EM



Fonte: O autor, 2024

Figura 4 – Cromatograma do óleo essencial do fruto inteiro de camu-camu obtido por CG-EM



Fonte: O autor, 2024

O uso de óleos essenciais em cultura de tecidos é apontado por Hamdeni et al. (2022) e Mokbel, Khalil e El-Shazly (2017) como uma estratégia importante no controle de contaminantes, demonstrando eficiência no controle de fungos, bactérias e vírus. No entanto, para observar essa bioatividade dos óleos essenciais sobre os microrganismos, é necessária uma análise prévia das espécies vegetais com esse potencial inibitório, fornecendo alternativas para a inibição de microrganismos endofíticos (Ennouri et al., 2020; Jasim; Salih; Ati, 2021; Meziani et al., 2019).

Andrade (2017) em seu estudo investigou a atividade antifúngica dos enantiômeros (+)- α -pineno e (-)- β -pineno contra *Candida* spp. através do método de microdiluição. A hipótese de que esses compostos têm ação antifúngica foi sustentada pelo conhecimento de que os terpenos, especialmente os monoterpenos, possuem forte atividade antimicrobiana, incluindo contra fungos.

Outros efeitos biológicos de terpenos foram observados em diferentes contextos, como atividade antioxidante e anti-inflamatória. A complexidade química e as condições experimentais variáveis podem influenciar os resultados de estudos com óleos essenciais, destacando a necessidade de padronização metodológica para comparar e reproduzir os achados. Os resultados indicam o potencial dos enantiômeros para tratamento de infecções por *Candida*, embora sejam necessários mais estudos, incluindo avaliações toxicológicas, pré-clínicas e clínicas (Barros et al., 2022; Bhatti et al., 2014; Cláudia; Andrade, 2017; Goel; Mittal; Chaudhary, 2016).

O Limoneno é um monoterpeno cíclico encontrado em diversas espécies de plantas e utilizado principalmente na indústria de fragrâncias (Ali et al., 2011). Óleos essenciais contendo limoneno como componente principal têm mostrado atividade antibacteriana contra cepas resistentes de *S. aureus* e algumas cepas de *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes*, conforme demonstrado no estudo de Settanni et al. (2012). Em geral, a parede celular de bactérias Gram-positivas é mais simples do que a de bactérias Gram-negativas, o que as torna mais susceptíveis à ação de óleos essenciais. Assim, devido às suas características lipofílicas, é possível que o limoneno atravessasse a parede celular, alterando a permeabilidade da membrana celular bacteriana (Adriana Estrella et al., 2021; Justino de Araújo et al., 2020).

Em seu estudo, de Castro et al. (2016), sugeriu que o sinergismo entre os constituintes químicos de um óleo essencial (OE) é responsável pelo efeito tóxico sobre insetos, melhorando a eficácia e permitindo a utilização de doses menores. Os monoterpenos são reconhecidos por serem tóxicos para algumas espécies, apresentando atividades acaricida e larvicida, por exemplo. Os constituintes α -pineno, β -pineno, terpineol, α -terpineol, γ -terpineol e limoneno mostraram atividade larvicida ou inseticida contra *Aedes aegypti* e *Musca domestica* (Amaral et al., 2017; Mancarz et al., 2019).

4.1. Dados da rede bibliométrica

O mapa bibliométrico da rede é uma representação dos dados das bases científicas, onde são identificados os graus de conexão entre diversos elementos através da distância entre seus nós. Quanto menor a distância, maior é o grau de conexão entre eles. Além disso, o tamanho do nó indica a relevância desse elemento dentro do universo analisado [39]. A análise foi realizada utilizando a co-ocorrência de termos semelhantes encontrados em títulos, resumos e palavras-chave de nove artigos da base de dados Web of Science (WOS), onze na base de dados Scopus e oito artigos na base PubMed no período de 2016 a 2024, buscando relacionar e identificar os temas mais abordados sobre óleos essenciais de *Myrciaria*.

Este diagrama é uma representação visual da rede de co-ocorrência de palavras-chave em pesquisas científicas ao longo do tempo. Ele mostra como diferentes temas estão conectados. Os nós representam palavras-chave ou temas de pesquisa, enquanto as arestas indicam a frequência com que essas palavras-chave aparecem juntas em publicações. Os *clusters* de cores diferentes agrupam palavras-chave que frequentemente estão associadas. A espessura das arestas reflete a intensidade das conexões entre os temas.

A Figura 5 mostra os mapas gerados e suas associações. Os termos "óleos essenciais", "Myrtaceae", "*Myrciaria dubia*", " α -pinene" e "anticancer" foram os mais frequentes na base WOS, esses termos foram agrupados em sete *clusters*. De modo geral, a Figura 5 nos possibilita entender que os estudos de óleos essenciais no Brasil estão relacionados em sua maioria à identificação de substâncias que sejam anticancerígenas, antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-bacterianas e anti-infeccivas, nesse contexto, a família Myrtaceae se torna

promissora na produção de substâncias que possuam tal potencial. Além disso, o estudo com sesquiterpenos e terpenos são mostrados como substâncias sempre relacionadas a esse fim.

A Figura 6 nos possibilita compreender quais as tendências de palavras-chave correlacionadas ao tema no decorrer dos anos, isso significa que, na atualidade (nos últimos 5 anos), os óleos essenciais continuam sendo pesquisados para fins farmacêuticos e fitoterápicos.

Para o base WOS (Figura 5 e 6), o diagrama destaca vários *clusters* principais. O *cluster* amarelo à esquerda foca em temas como "(z)-alpha-trans-bergamotene" e "anticancer", indicando pesquisa sobre compostos específicos e suas propriedades anticancerígenas. O *cluster* verde, localizado na parte central-esquerda, abrange temas como "constituents" e "ache", sugerindo estudos sobre os constituintes químicos de plantas e suas aplicações terapêuticas, possivelmente no alívio da dor.

Outro *cluster* amarelo, mais central, inclui "essential oils" e "native fruit", evidenciando pesquisa focada em óleos essenciais e frutas nativas, com destaque para suas propriedades e aplicações. No centro-direita, um *cluster* azul se concentra em "Myrtaceae" e "Brazil", apontando para estudos relacionados à família de plantas Myrtaceae, comum no Brasil, explorando suas propriedades e usos. Finalmente, o *cluster* verde-claro na extrema direita destaca "alpha-pinene" e "Myrciaria dubia", com pesquisa sobre compostos específicos e plantas como a *Myrciaria dubia* (camu-camu), focando em suas propriedades.

A interconectividade do gráfico é evidente com o nó "Myrtaceae" atuando como um ponto central de conexão, unindo vários *clusters* e indicando que é um tema central na pesquisa representada. Os temas centrais incluem "essential oils" e "constituents", que aparecem como nós significativos conectando vários subtemas, indicando um interesse central em estudar os constituintes químicos e as propriedades dos óleos essenciais.

Assim, o gráfico destaca a inter-relação entre a pesquisa de compostos específicos e suas propriedades terapêuticas, especialmente dentro do contexto de plantas da família Myrtaceae e óleos essenciais. As tendências temporais sugerem uma ênfase recente em estudos de propriedades anticancerígenas e a exploração de frutas nativas, com conexões fortes entre esses temas e a pesquisa brasileira.

Os *clusters* principais no diagrama da base Scopus destacam áreas específicas de pesquisa. O *cluster* amarelo à esquerda é bem denso e inclui temas como "alcohol", "acetic acid ethyl ester", "antibacterial activity", e várias plantas medicinais como "actinidia deliciosa" e "ginkgo". Isso indica uma ampla pesquisa sobre compostos químicos, suas atividades antibacterianas e antioxidantes, e o estudo de plantas medicinais.

No centro, há um *cluster* verde que inclui temas como "plant extract", "plant leaf", "controlled study", e "animal experiment". Isso sugere pesquisas focadas em extratos de plantas e folhas, frequentemente dentro de estudos controlados e experimentos com animais, analisando atividades enzimáticas e antioxidantes.

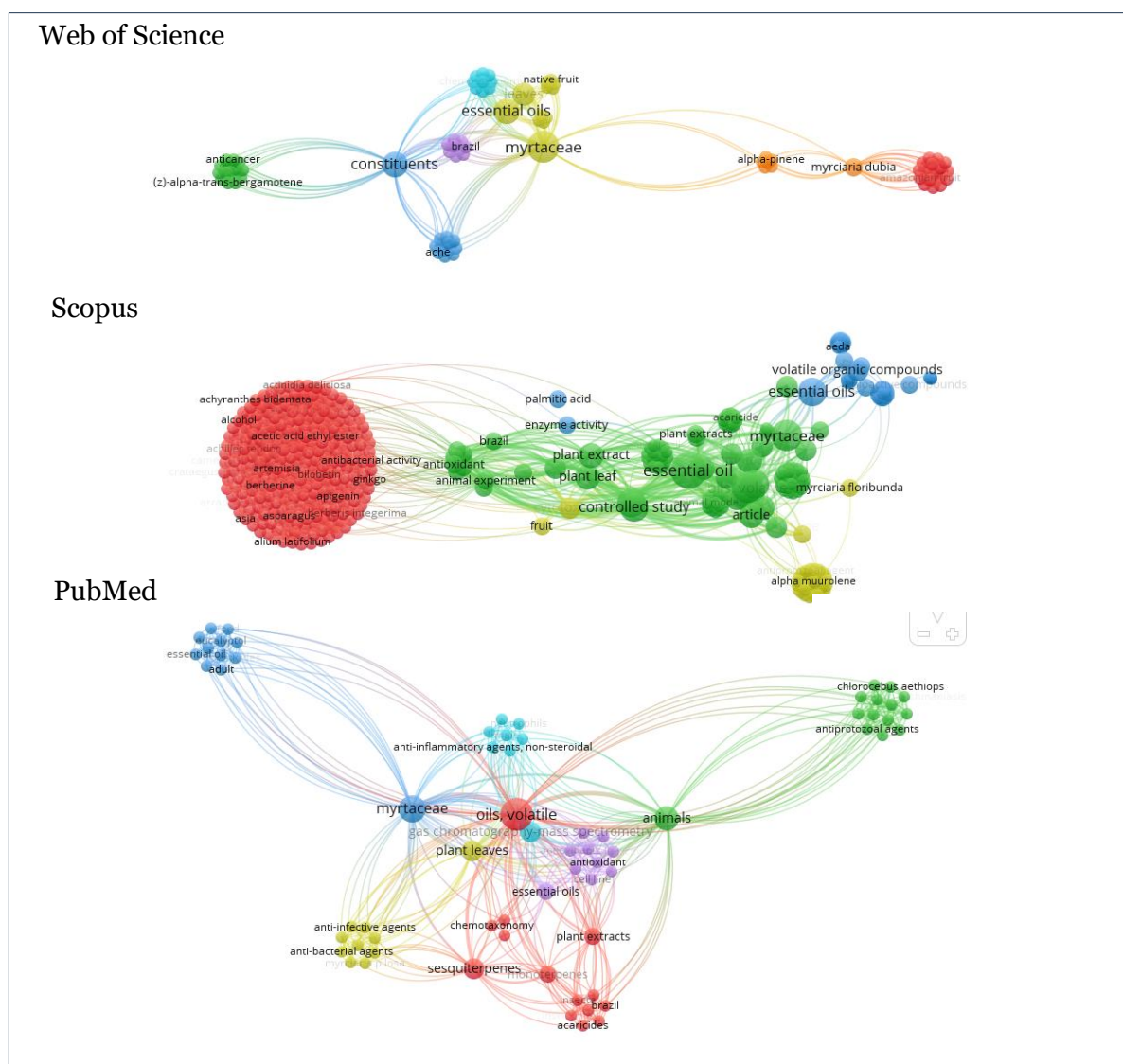
À direita, o *cluster* azul inclui temas como "essential oil", "volatile organic compounds", "myrtaceae", e "plant extracts". Isso indica uma pesquisa focada em óleos essenciais e compostos orgânicos voláteis, especialmente da família Myrtaceae, explorando suas propriedades e usos. Há também uma ligação com "Brazil", sugerindo que parte dessa pesquisa é realizada ou aplicada no contexto brasileiro.

Há um *cluster* verde-claro menor à direita que destaca temas como "alpha-murolene" e "Myrciaria floribunda". Isso sugere pesquisas específicas sobre certos compostos e plantas, explorando suas propriedades terapêuticas ou químicas.

A interconectividade no gráfico é evidente com "essential oil" atuando como um nó central de conexão, unindo vários *clusters* e indicando que este é um tema central na pesquisa representada. Os temas centrais incluem "plant extract" e "plant leaf", conectando vários subtemas e indicando um interesse em estudar os extratos de plantas e suas propriedades.

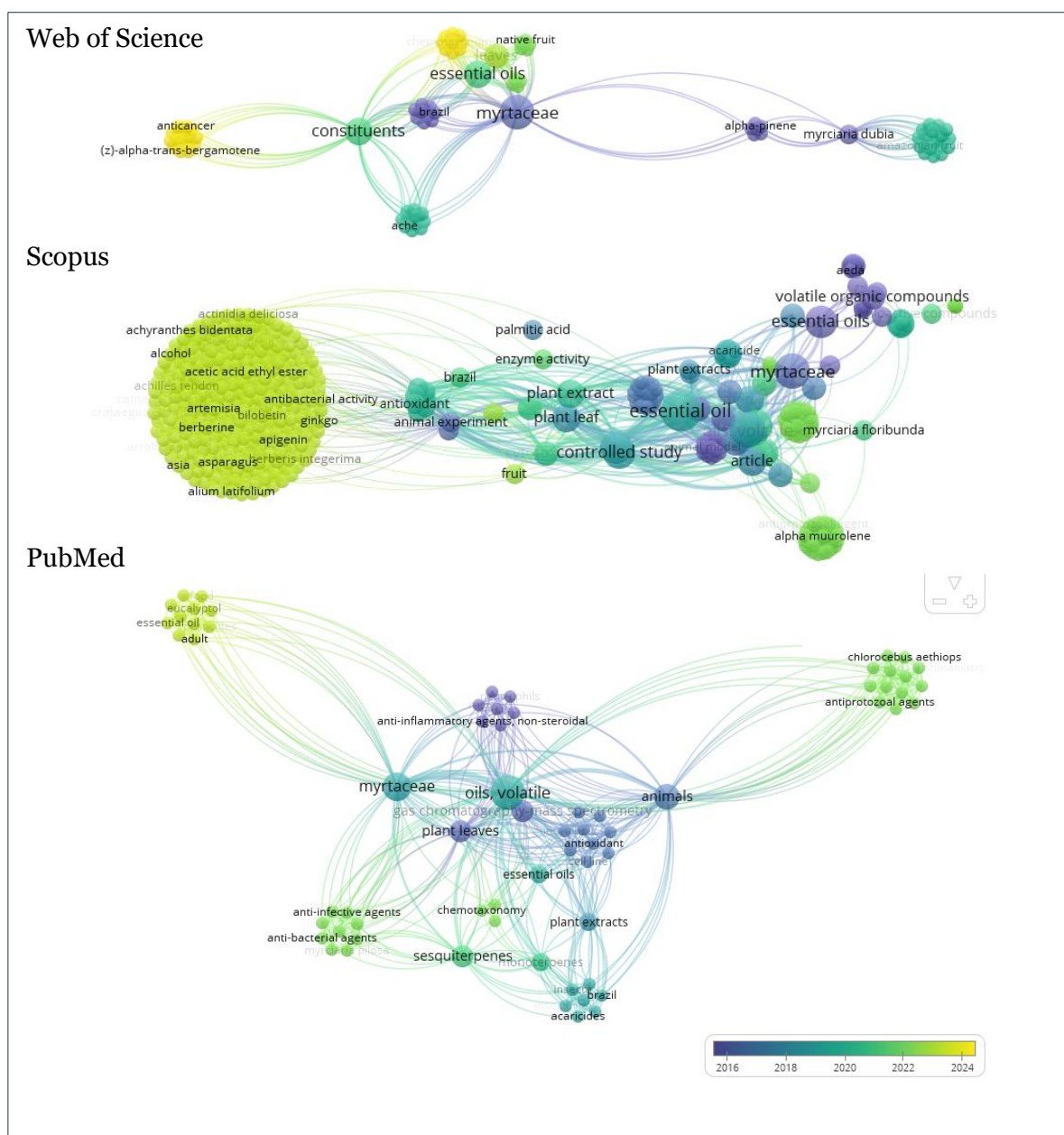
Para a plataforma PubMed (Figuras 5 e 6), os principais *clusters* incluem o amarelo à esquerda, focado em óleos essenciais como "eucalyptol" e suas aplicações para adultos. No centro inferior, o *cluster* verde destaca estudos sobre sesquiterpenos e agentes antibacterianos derivados de folhas de plantas. À direita, o *cluster* azul aborda pesquisas envolvendo óleos voláteis e extratos de plantas, possivelmente em estudos com animais. As cores dos nós e das arestas indicam tendências temporais, mostrando como áreas de pesquisa evoluíram de 2016 (azul) a 2024 (amarelo). A densidade das conexões entre *clusters* revela interações significativas entre diferentes temas de estudo, como evidenciado pelo tópico central "oils, volatile". Em resumo, este mapa bibliométrico oferece uma visão abrangente das áreas de pesquisa relacionadas a óleos essenciais e compostos vegetais, destacando sua evolução ao longo do tempo e as interconexões entre diferentes subtemas.

Figura 5 – Mapa de rede das palavras-chave mais pesquisadas e relacionadas ao tema, de 2016 a 2024 em três diferentes bases de busca.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Figura 6 - Mapa de rede das palavras-chave mais pesquisadas relacionando a intensidade de pesquisas nos anos 2016 a 2024 em três diferentes bases de busca.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

5. CONCLUSÃO

A caracterização do óleo essencial do fruto de camu-camu (*Myrciaria dubia*) por GC-MS revelou uma composição complexa e rica em compostos voláteis. A técnica de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas permitiu a identificação dos compostos presentes no óleo. Entre os compostos identificados, destacam-se α -pineno, limoneno, γ -terpineol, entre outros monoterpenos e sesquiterpenos. Esses compostos são conhecidos por suas propriedades bioativas, que podem contribuir para potenciais aplicações farmacológicas, cosméticas e alimentícias do óleo essencial de camu-camu. A análise por CG-EM permitiu comparar a composição com estudos anteriores e avaliar a variabilidade química entre diferentes amostras de frutos. Essa identificação é fundamental para o desenvolvimento de padrões de qualidade e para garantir a consistência do produto em aplicações comerciais. Além disso, a diversidade química identificada no óleo essencial de camu-camu sugere potencialidades diversas, como atividades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias, antifúngicas, atividade larvicida ou inseticida. Estudos futuros podem explorar essas propriedades, bem como investigar novas formulações e combinações que otimizem os benefícios terapêuticos deste recurso natural. A pesquisa contribui com o conhecimento científico sobre esse fruto amazônico promissor, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e aplicações práticas na indústria farmacêutica e de cosméticos.

6. AGRADECIMENTOS

Aos agricultores da cidade de Tefé-Am que fizeram a coleta do fruto. À Central Analítica do IFAM-CMC, Laboratório do NECTAM do IFAM, ao Programa de Pós-Graduação de Ciências Farmacêuticas e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Kunhã/FAPEAM, n. processo 01.02.016301.03986/2022-27 e Resolução N. 002/2023 – POSGRAD UFAM – Edição 2023/2024) pela infraestrutura e bolsas e auxílio pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ADRIANA ESTRELLA, González-Ramírez *et al.* Limonene from *Agastache mexicana* essential oil produces antinociceptive effects, gastrointestinal protection and improves experimental ulcerative colitis. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 280, p. 114462, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874121006917>.
- ALI, Mostafa *et al.* Knowledge-Based Constrained Function Optimization Using Cultural Algorithms with an Enhanced Social Influence Metaphor. *In*: [S. l.: s. n.], 2011. p. 103–119. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-642-20206-3_7.
- AMARAL, Ana Claudia Fernandes *et al.* Acaricidal activity of *Derris floribunda* essential oil and its main constituent. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s. l.], v. 7, n. 9, p. 791–796, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2221169117308432>.
- APEL, Miriam A. *et al.* Essential oil composition of four *Plinia* species (Myrtaceae). **Flavour and Fragrance Journal**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 565–567, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.1638>.
- BARROS, Daniela Bomfim de *et al.* Efeito antifúngico de α -pineno isolado e em associação com antifúngicos frente às cepas de *Candida albicans*. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. e58711427748, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27748>.
- BHATTI, Haq Nawaz *et al.* Biotransformation of monoterpenoids and their antimicrobial activities. **Phytomedicine**, [s. l.], v. 21, n. 12, p. 1597–1626, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0944711314002931>.
- BORGES, Leonardo Luiz; CONCEIÇÃO, Edemilson Cardoso; SILVEIRA, Dâmaris. Active compounds and medicinal properties of *Myrciaria* genus. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 153, p. 224–233, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613019328>.
- CLÁUDIA, Ana; ANDRADE, Macêdo. ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DO (+)- α -pineno E (+)- β -pineno ISOLADOS E ASSOCIADOS SOBRE *Candida* spp. DE INTERESSE CLÍNICO PARA CAVIDADE BUCAL. [s. l.], 2017.
- CONCEIÇÃO, Natália *et al.* By-Products of Camu-Camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] as Promising Sources of Bioactive High Added-Value Food Ingredients: Functionalization of Yogurts. **Molecules**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 70, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/1/70>.

CUNHA-SANTOS, Elenice Carla Emidio *et al.* Vitamin C in camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh]: evaluation of extraction and analytical methods. **Food Research International**, [s. l.], v. 115, p. 160–166, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918306379>.

DA COSTA, Jamile Silva *et al.* Chemical Composition and Variability of the Volatile Components of *Myrciaria* Species Growing in the Amazon Region. **Molecules**, [s. l.], v. 27, n. 7, p. 2234, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/7/2234>.

DA COSTA, Jamile S. *et al.* Essentials Oils from Brazilian *Eugenia* and *Syzygium* Species and Their Biological Activities. **Biomolecules**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 1155, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-273X/10/8/1155>.

DAS CHAGAS, Eduardo Galvão Leite *et al.* Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders. **LWT**, [s. l.], v. 137, p. 110472, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643820314602>.

DE CASTRO, Débora Silva Borges *et al.* Larvicidal activity of essential oil of *Peumus boldus* Molina and its ascaridole-enriched fraction against *Culex quinquefasciatus*. **Experimental Parasitology**, [s. l.], v. 171, p. 84–90, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014489416302363>.

ENNOURI, A. *et al.* Chemical composition of essential oils and their antifungal activity in controlling ascochyta rabiei. **Journal of Agricultural Science and Technology**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 1371–1381, 2020.

FIDELIS, Marina *et al.* From byproduct to a functional ingredient: Camu-camu (*Myrciaria dubia*) seed extract as an antioxidant agent in a yogurt model. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 103, n. 2, p. 1131–1140, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030219310367>.

FRANCO, Celeste de Jesus Pereira *et al.* Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from *Eugenia patrisii* Vahl, *E. punicifolia* (Kunth) DC., and *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., Leaf of Family Myrtaceae. **Molecules**, [s. l.], v. 26, n. 11, p. 3292, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/11/3292>.

FRANCO, Maria Regina B.; SHIBAMOTO, Takayushi. Volatile Composition of Some Brazilian Fruits: Umu-aja (*Spondias citherea*), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Araça-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 1263–1265, 2000. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9900074>.

GOEL, Shagun; MITTAL, Seema; CHAUDHARY, Uma. Role of Non Albicans Candida Spp. and Biofilm in Neonatal ICU. **Infectious Disorders - Drug Targets**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 192–198, 2016. Disponível em:

<http://www.eurekaselect.com/openurl/content.php?genre=article&issn=1871-5265&volume=16&issue=3&spage=192>.

HAMDENI, Imtinene *et al.* Rosemary essential oil enhances culture establishment and inhibits contamination and enzymatic browning: Applications for in vitro propagation of Aloe vera L.

South African Journal of Botany, [s. l.], v. 147, p. 1199–1205, 2022. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0254629921002246>.

JASIM, Naji Salim; SALIH, Ansam Mahdi; ATI, Muntahaabd A. Evaluating the efficiency of plants essential oils against common fungal contamination affecting tissue culture of date palms (Phoenix dactylifera L.) by in vitro culture. **Research Journal of Chemistry and Environment**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 40–45, 2021.

JUSTINO DE ARAÚJO, Ana Carolina *et al.* GC-MS-FID characterization and antibacterial activity of the Mikania cordifolia essential oil and limonene against MDR strains. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 136, p. 111023, 2020. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691519308130>.

MANCARZ, Grazielle Francine Franco *et al.* Chemical composition and biological activity of Liquidambar styraciflua L. leaf essential oil. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 138, p. 111446, 2019. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669019304492>.

MEZIANI, Reda *et al.* Towards a new approach of controlling endophytic bacteria associated with date palm explants using essential oils, aqueous and methanolic extracts from medicinal and aromatic plants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, [s. l.], v. 137, n. 2, p. 285–295, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11240-019-01570-1>.

MOKBEL, Samah A; KHALIL, Amal A; EL-SHAZLY, Manal A. Efficiency of eugenol oil nanoemulsion against Banana bunchy top virus and contamination with fungi in plant tissue culture. **Mokbel et al. Arab J. Biotech**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 33–50, 2017.

RIBEIRO, Reginaldo Vicente *et al.* Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 205, p. 69–102, 2017. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874116321973>.

RIBEIRO, Olívia Domingues *et al.* Seed anatomy and histochemistry of Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh, an Amazonian Myrtaceae. **Flora**, [s. l.], v. 280, p. 151847, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253021000864>.

ROUMY, Vincent *et al.* Plant therapy in the Peruvian Amazon (Loreto) in case of infectious diseases and its antimicrobial evaluation. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 249, p. 112411, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874119307421>.

SANTOS, Ivone Lima *et al.* Camu-camu [*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh]: A review of properties and proposals of products for integral valorization of raw material. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 372, p. 131290, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814621022962>.

SETTANNI, Luca *et al.* Inhibition of foodborne pathogen bacteria by essential oils extracted from citrus fruits cultivated in Sicily. **Food Control**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 326–330, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095671351200059X>.

SILVA, Renan Campos e *et al.* Monoterpenes and Sesquiterpenes of Essential Oils from Psidium Species and Their Biological Properties. **Molecules**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 965, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/4/965>.

STEFANELLO, Maria Élide Alves; PASCOAL, Aislan C. R. F.; SALVADOR, Marcos J. Essential Oils from Neotropical Myrtaceae: Chemical Diversity and Biological Properties. **Chemistry & Biodiversity**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 73–94, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.201000098>.

TIETBOHL, Luis A.C. *et al.* Comparative study and anticholinesterasic evaluation of essential oils from leaves, stems and flowers of *Myrciaria floribunda* (H.West ex Willd.) O. Berg. **Latin American Journal of Pharmacy**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 637–641, 2012.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11192-009-0146-3>.

ZANATTA, C; MERCADANTE, A. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 101, n. 4, p. 1526–1532, 2007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606003207>.