

OBTENÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi E *Melaleuca alternifolia* POR EXTRAÇÕES LIMPAS – CONTEXTUALIZANDO NA VISÃO DOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

OBTAINING ESSENTIAL OILS FROM *Schinus terebinthifolius* Raddi AND *Melaleuca alternifolia* BY CLEAN EXTRACTIONS-CONTEXTUALIZING IN THE VISION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Fabricia A. G. Mello de Oliveira¹

Stella Alonso Rocha²

Otávio Akira Sakai³

Resumo: A biodiversidade brasileira abriga uma ampla e rica variedade de plantas aromáticas e medicinais que se adaptaram ao solo local. Entre elas, destacam-se a pimenta rosa ou aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), pertencente à família *Anacardiaceae*, e *Melaleuca* ou *tea tree* (*Melaleuca alternifolia*), pertencente à família *Myrtaceae*. Os óleos essenciais de ambas as espécies apresentam compostos químicos que possuem atividades antimicrobianas, antifúngicas, anti-inflamatória, antipirética e analgésica. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica dos métodos de extração verde para obtenção de óleos essenciais dessas espécies, utilizando solventes sustentáveis e ecologicamente corretos, alinhados aos princípios dos objetivos sustentáveis (ODS 3- Saúde e bem estar: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades e Objetivo 12: consumo e produção sustentáveis: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis). Foi realizado um estudo nas plataformas de pesquisa Portal de Periódicos Nacionais da CAPES, *Elsevier*, *Science Direct*, *Jornal Scielo* e *Pub Med* e os unitermos “pimenta rosa” e *Melaleuca* publicados no período de 2012 a 2022. Selecionou-se 47 trabalhos científicos que utilizando a hidrodestilação como principal meio de obtenção dos óleos essenciais das duas plantas estudadas e seus compostos majoritários. Para a pimenta rosa foram encontrados os métodos de extração dos óleos essenciais por hidrodestilação, *soxhlet*, extração com fluido supercrítico e ultrassom. Já para a *Melaleuca*, os métodos foram hidrodestilação e arraste à vapor. Os principais solventes utilizados foram etanol e água, e os resultados obtidos revelaram variações na composição química, dependendo do tipo de solvente e processo empregado. No entanto, percebeu-se a necessidade de estudos sobre o método de extração assistida por ultrassom como pré-tratamento na hidrodestilação para extração dos OEs da pimenta rosa e da *Melaleuca*, o que poderia ser uma alternativa interessante para aumento do rendimento dos mesmos.

Palavras-chave: Pimenta rosa. Óleo essencial. *Tea tree*. Sustentabilidade.

¹ Mestranda em Sustentabilidade, Instituto Federal do Paraná/campus Umuarama, fabricia1610mello@gmail.com.

² Doutora em Engenharia Química, Instituto Federal do Paraná/Campus Umuarama, stella.rocha@ifpr.edu.br.

³ Doutor em Física, Instituto Federal do Paraná/Campus Umuarama, otavio.sakai@ifpr.edu.br.

Abstract: Brazilian biodiversity is home to a wide and rich variety of aromatic and medicinal plants that have adapted to the local soil. Among them, pink pepper or *red pepper* (*Schinus terebinthifolius* Raddi), belonging to the *Anacardiaceae* family, and *Melaleuca* or tea tree (*Melaleuca alternifolia*), belonging to the *Myrtaceae* family, stand out. Essential oils of both species have chemical compounds that have antimicrobial, antifungal, anti-inflammatory, antipyretic and analgesic activities. This work aimed to carry out a bibliographic review of the green extraction methods for obtaining essential oils from these species, using sustainable and ecologically correct solvents, in line with the principles of sustainable objectives (SDG 3- Health and well-being: ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages and Goal 12: sustainable consumption and production: ensure sustainable production and consumption patterns). A study was carried out on the research platforms Portal de Periódicos Nacionais da CAPES, *Elsevier*, *Science Direct*, *Jornal Scielo* and *Pub Med* and the keywords “pimenta rosa” and *Melaleuca*” published in the period from 2012 to 2022. Forty-seven scientific works were selected that used hydrodistillation as the main means of obtaining the essential oils of the two studied plants and their major compounds. For pink pepper, methods of extracting essential oils by hydrodistillation, soxhlet, supercritical fluid extraction and ultrasound were found. As for *Melaleuca*, the methods were hydrodistillation and steam distillation. The main solvents used were ethanol and water, and the results obtained revealed variations in chemical composition, depending on the type of solvent and process employed. However, there was a need for studies on the ultrasound-assisted extraction method as a pre-treatment in hydrodistillation for the extraction of EOs from pink pepper and tea tree, which could be an interesting alternative to increase their yield.

Keywords: Pink pepper. Essential oil. Tea tree. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O Plano de Ação Global tem como foco o desenvolvimento sustentável, conhecido como Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS), segundo Brasil (2023) tem como promoção um aumento na qualidade de vida do ser humano, uma relação de interdependência global, com paz e respeito pelo planeta, tanto para hoje, quanto para as gerações futuras, propostos em setembro de 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

O ODS 3 - Saúde e Bem Estar, preconiza acesso a uma vida saudável, que estruture o processo de incentivo e apoio à pesquisa e desenvolvimento de medicamentos, oportunizando bem estar ao longo da vida das pessoas. Neste sentido, buscar-se-á novos compostos biologicamente ativos, que sejam eficazes nos cuidados com a saúde (BRASIL, 2023).

Procurando ganhar uma grande visibilidade em aplicações farmacêuticas, alimentícias e cosméticas, os óleos essenciais (OEs) e os hidrolatos (produtos obtidos a partir de processos de extrações de OEs), podem apresentar vantagens em comparação com o uso de drogas químicas ou sintéticas, sendo mais interessantes, pois estão em ascensão comercial.

Assim, também, o ODS 12 que aborda o Consumo e Produção Responsáveis como reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, o que pode ser contemplado com o uso dos hidrolatos que valorizam o conceito de sustentabilidade, valorizando esses coprodutos (BRASIL, 2023).

O Brasil é um país de dimensão continental e apresenta uma rica diversidade em seus biomas, estima-se que o país abrigue cerca de 20% do número de espécies da Terra, conferindo grande biodiversidade. Nesse contexto, faz-se imprescindível que o Brasil incentive as pesquisas em torno de melhor aproveitamento dessa biodiversidade onde estão inseridas plantas nativas que ainda não foram ou foram pouco exploradas, contribuindo para a

sustentabilidade e resultando em benefícios imensuráveis à humanidade (BRASIL, 2010).

As partes vegetais como flores, folhas, cascas, rizomas e frutos são matérias-primas que podem ser utilizados para a produção dos OEs. Podem também atrair alguns insetos para favorecer a dispersão de pólenes e sementes, ou repelir outros indesejáveis (BAKKALI *et al.*, 2008). Por possuírem compostos odoríferos, de caráter lipofílico que através do processo de hidrodestilação, por diferenças de polaridade e densidade, são separadas da água (Carvalho *et al.*, 2016), têm grande aplicação como aromas, fragrâncias, fixadores de fragrâncias, em composições farmacêuticas e orais ou disponibilizados apenas na forma bruta ou beneficiada, com a produção de substâncias purificadas: limoneno, citral, citronelal, eugenol, mentol e safrol (BIZZO *et al.*, 2009).

Na natureza, os OEs apresentam papel importante na proteção das plantas como antibacterianos, antivirais, antifúngicos, inseticidas e também contra herbívoros, protegendo essas plantas e essas propriedades medicinais são utilizadas na preservação de alimentos e como remédios antimicrobianos, analgésicos, sedativos, anti-inflamatórios, espasmolíticos e anestésicos locais (BAKKALI *et al.*, 2008).

A tecnologia limpa ou “verde”, refere-se ao tipo de extração que utiliza solventes que são atóxicos e utilizam pouco energia para serem obtidos, pode ser utilizado processos como hidrodestilação, arraste a vapor, ultrassom, extração com fluido super crítico e extração com líquido pressurizado. (BENDAOUD *et al.*, 2010; CARVALHO, 2017; ENNIGROU *et al.*, 2017; FRANÇA *et al.*, 2021; GOVERNICI *et al.*, 2020; MARTINELLI *et al.*, 2017; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2014).

Objetivou-se elaborar uma revisão da literatura sobre os métodos de extrações limpas para obtenção dos OE de pimenta rosa e da *Melaleuca*, com o maior rendimento e potencial uso nas indústrias de alimentos, agrônômica e farmacêutica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizado um estudo de revisão bibliográfica nas principais plataformas de busca de artigos científicos sobre as plantas *Schinus terebinthifolius* Raddi, e *Melaleuca alternifolia*. A terminologia foi utilizada no Instituto Federal do Paraná (IFPR), que abrangeu o período de 2012 a 2023, através de palavras-chave específicas “*Melaleuca alternifolia*”, “*aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi)*”, “óleo essencial” e “Sustentabilidade” a partir da busca em resumos, títulos e/ou palavras-chave que continham as palavras nos idiomas português e inglês com base nos critérios desejados.

Foram identificados em sua totalidade 2.111 artigos encontrados em revistas científicas. Destes, 762 resultados no Portal de Periódicos Nacionais da CAPES, sendo 75 para *Schinus* e 687 para a *Melaleuca*, na revista científica Elsevier, foram encontrados 783 resultados, sendo na base Science Direct: 152 resultados para a *Aroeira* e 631 resultados para a *Melaleuca*. Obteve-se 65 resultados na revista científica *Journal Scielo* para a *Aroeira* e 33 resultados para a *Melaleuca*. Na base *Pub Med*, 16 resultados para a *aroeira* e 462 resultados para a *Melaleuca*.

Foram selecionados 47 artigos para a escrita desse trabalho com os critérios pré-selecionados. Os resultados correspondem às pesquisas realizadas em grande número de áreas, principalmente na área de ciências agrárias e biológicas (52%), Farmacologia, toxicologia e ciências farmacêuticas (25%), ciência ambiental (18%), saúde (10%), multidisciplinar (5%). A maioria dos artigos publicados é de pesquisadores brasileiros e algumas pesquisas foram feitas em parceria com universidades estrangeiras.

2.2 Plantas Medicinais

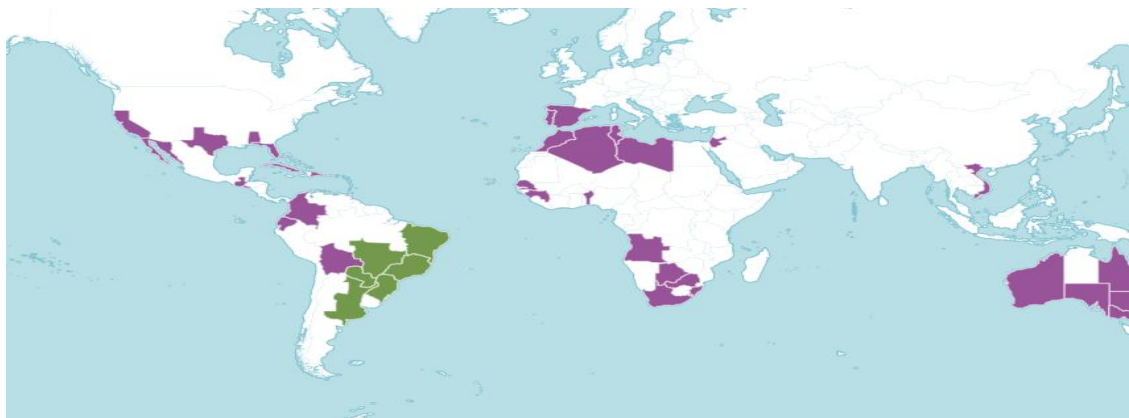
2.2.1 *Schinus terebinthifolius* Raddi

Pertencente à família *Anacardiaceae*, o gênero *Schinus* é nativa da América do Sul e encontrada na Costa Brasileira. (BARBOSA *et al.*, 2007). Comumente conhecida como “aroeira vermelha” ou “pimenta rosa”, seus frutos são ricos em óleo essencial e compostos fenólicos (GOVERNICI *et al.*, 2020).

Por ser uma planta oleaginosa, as resinas provenientes das lesões das cascas amarelo-claras (a qual endurece em contato com o ar tornando-se azulada e depois pardacenta) é utilizada como medicamento na fabricação de tônicos, entre os sertanejos. A aroeira vermelha desde o período da colonização foi muito utilizada pelos jesuítas com a preparação do “Bálsamo das Missões”, famoso no Brasil e na Europa (COSTA, 2011).

A pimenta rosa tem ocorrência natural no Brasil, de Pernambuco até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, em vários tipos de formações vegetais. Também é encontrada no Uruguai, Argentina e Paraguai. Além disso, é nativa da Mata Atlântida e pode ser encontrada na região noroeste do Paraná. Apresenta um fruto pequeno e avermelhado, de uso popular. O OE dos frutos apresenta uma gama de bioatividade (CARVALHO *et al.*, 2017).

Figura 1 – Locais de incidência da *Schinus terebinthifolius* Raddi pelo mundo.



Nat Nativo ■ Introduzido ■

Fonte: Powo Plants of the World (2004).

A Figura 1 apresenta os locais de incidência da pimenta rosa pelo mundo. Verifica-se que a espécie nativa foi identificada no Nordeste da Argentina, Nordeste do Brasil, Sul do Brasil, Sudeste do Brasil, Centro-Oeste do Brasil e Paraguai.

Encontra-se comercialmente sob a forma desidratada, geralmente a granel, podendo ser utilizada na forma de grãos inteiros ou moída. Na culinária mundial a pimenta rosa pode ser utilizada na confecção de molhos que acompanham carnes brancas, como aves e peixes, contribuindo com seu gosto sutil, levemente apimentado e adocicado. As aplicações nutricionais e biotecnológicas não foram totalmente exploradas, porém sua utilização na culinária internacional é apreciada, na confecção de salames, para temperar carnes brancas e massas, além da preparação de bebidas como coquetéis e chocolates (BERTOLDI, 2006).

Além do fruto, as cascas e folhas secas destas espécies são popularmente utilizadas contra febres, problemas do trato urinário, como cistites, uretrites, diarreias, blenorragia, tosse e bronquite, problemas menstruais, como excesso de sangramento, gripes e inflamações em geral. A sua resina é indicada para o tratamento de reumatismo e ínguas, podendo servir como purgativo e combater doenças respiratórias, o OE extraído é utilizado externamente como cicatrizante de tecidos e para dor de dente (COSTA, 2011).

Na maioria dos estudos envolvendo a *Schinus terebinthifolius* Raddi grupos de pesquisa tem demonstrado que os extratos tem potencial para tratamento de distúrbios urinários, respiratórios e candidíase. Sobre as propriedades terapêuticas da planta cita efeitos antifúngicos, antitumorais, antialérgicos, antimicrobianos, antiinflamatórios e antiulcerogênica, antioxidante além de propriedades inseticidas (BENDAOU *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2013; ENNIGROU *et al.*, 2017; FRANÇA *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Os OEs da pimenta rosa apresentam como principais compostos: α - and β -pineno, δ -3-Careno, limoneno, α - e β -felandreno, *p-cimeno*, *terpinoleno* e

pequenas quantidades de alcoóis mono- e triterpenos, hidrocarbonetos sesquiterpênicos e cetonas (CARVALHO *et al.*, 2013).

Apresenta atividade farmacológica antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana e através do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicas (PNPMF) no Brasil, que incentiva a pesquisa com plantas, exóticas adaptadas ou nativas, a espécie foi incluída na Relação Nacional de Fitoterápicos (RENAFITO), que regula evidências de segurança, eficácia do uso tradicional e atividades farmacológicas (BRASIL, 2010).

Quanto à composição química, *S. terebinthifolius* apresenta consideráveis conteúdos de carotenoides ($27,5 \mu\text{g g}^{-1}$) e de vitamina C ($17,3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), além de capsaicina (12,8%), o componente que confere pungência à pimenta rosa (GOMES *et al.*, 2013). Os frutos proporcionam ação antioxidante, antimicrobiana, antifúngica e anti-inflamatória (CARVALHO *et al.*, 2017; ENNIGROU *et al.*, 2017; FRANÇA *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Para Gomes *et al.* (2013) no Brasil, o sistema de produção ainda está em desenvolvimento, mas há oportunidade latente do mercado e manejo sustentável, oportunizando as comunidades tradicionais que dependem do emprego e da renda do período da safra da pimenta rosa e também dos produtores industriais que reconhecem uma oportunidade lucrativa de negócio. Segundo Ruas *et al.*, (2021) atualmente, o estado do Espírito Santo é o maior produtor de aroeira, para o mercado alimentício.

2.2.2 *Melaleuca alternifolia*

Oliveira *et al.* (2010) descreve A *Melaleuca* em sua obra como um arbusto do gênero *Melaleuca*, pertencente à família Myrtaceae. A espécie *Melaleuca alternifolia* conhecida popularmente pelo nome "árvore de chá" ou tea tree, do qual se extrai o OE com propriedades medicinais de ação bactericida e antifúngica que age contra patógenos humanos.

O OE volátil derivado principalmente da planta nativa australiana *Melaleuca alternifolia* é muito empregado por suas propriedades antimicrobianas, o OE é incorporado como princípio ativo em muitas formulações tópicas usadas para tratar infecções cutâneas (CARSON *et al.*, 2006).

O gênero *Melaleuca*, que apresenta cerca de 100 espécies nativas da Austrália, sendo extraída das folhas das plantas desta região pela hidrodestilação, da popularmente denominada como árvore do chá (*Tea tree*), seu rendimento é cerca de 1 ml para cada 1000 g de planta (0,1%). A composição da *M. alternifolia* apresenta os componentes alergênicos como o 1,8-cineol e o limoneno.

No Brasil a produção é pequena e o mercado recorre à importação, sendo escassa a sua produção para as indústrias de cosméticos, essa baixa é justificada pela ausência de dados técnicos para produção das mudas. Seu uso tópico teve ampla difusão na Austrália para tratar doenças dos pés e assepsia de feridas. A composição desse óleo consiste em *monoterpenos*, *sesquiterpenos* e álcoois, regulada pelo padrão Internacional (ISO 4730). Em sua composição química destaca-se a atividade antibacteriana, antimicrobiano, antiviral, antisséptica e anti-inflamatória (BENELLI *et al.*, 2013; CARSON *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 2—Local de incidência da *M. Alternifolia*



Fonte: Powo Plants of the World (2004).

Na Figura 2, de acordo com *Powo Plants of the World* o único local nativo da *M. Alternifolia* é a Austrália e não foram encontrados dados de introdução da planta em outros países. O sinônimo homotípico é *Melaleuca linariifolia* var. *alternifolia*.

O OE da *Melaleuca* é muito utilizado porque apresenta propriedades antimicrobianas, sendo empregado como princípio ativo em formulações de uso tópico para infecções cutâneas, comercializado como medicamento na Austrália, Europa e América do Norte (BENELLI *et al.*, 2013; CARSON, 2006). O óleo essencial da *Melaleuca alternifolia* apresenta potencial para tratamento alternativo de doenças infecciosas (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Sobre as propriedades terapêuticas cita efeitos antimicrobiano e anti-inflamatório (BENELLI *et al.*, 2013).

A pimenta rosa e a *Melaleuca* podem ajudar o organismo a combater inúmeras enfermidades sendo a pimenta rosa bem utilizada popularmente como anti-inflamatório, antipirético, analgésico, depurativo, indicado para tratar doenças sexualmente transmissíveis, inflamações uterinas, úlceras de pele, gengivite (CARVALHO, 2012).

Os OEs possuem em comum o composto limoneno que pertence à classe dos monoterpenos, de fórmula molecular $C_{10}H_{16}$. Como aplicação pode ser aplicado como componente aromático e é usado amplamente na síntese de novos compostos.

2.3 Métodos de extração sustentáveis

Para obtenção dos OEs Chemat *et al.* (2015) é necessário fazer uso de processos de extração. A extração verde promove a redução de consumo e eficiência do processo, diminuindo o impacto na fabricação de extratos botânicos. As indústrias poderão ser beneficiadas desenvolvendo novas tecnologias e ferramentas de pesquisa para obtenção de novos produtos e otimização dos produtos já existentes.

Recentemente tem-se buscado em técnicas de extração, soluções que minimizam o consumo de tempo e energia, visando a sustentabilidade, como extração por ultrassom, extração de fluido supercrítico, extração subcrítica de água, campo elétrico e pulso, extração com uso de micro-ondas e processo de queda de pressão controlada (CHEMAT *et al.*, 2015).

De acordo com Varon *et al.* (2017) essas técnicas mais verdes oferecem benefícios significativos em termos de custo, tempo, energia e meio ambiente, podendo ser aplicados nas indústrias de alimentos, nutracêuticos e cosméticos. As propriedades dos óleos vegetais, sua disponibilidade mundial, baixo custo, ser atóxico, pode ser descartado na natureza e baixa toxicidade para seres humanos são algumas vantagens no desenvolvimento de produtos.

Os compostos bioativos de plantas podem ser extraídos por várias técnicas clássicas de extração, como maceração, extração por solvente, arraste a vapor ou hidrodestilação, prensagem a frio, compressão, baseadas nos diferentes tipos de extração de diferentes solventes e temperaturas. Em vista a segurança e sustentabilidade, as indústrias estão se voltando à tecnologias não convencionais e protocolos mais verdes, devido ao aumento do custo dos recursos fósseis e a toxicidade, sendo assim o uso de técnicas mais eficientes e inovadoras como ultrassom, micro-ondas e extração assistida por fluido supercrítico estão sendo utilizados. São possíveis combinações de ultrassom com extração *Soxhlet* convencional, além da combinação do ultrassom, extração *Soxhlet*, destilação Clevenger foram relatadas (CHEMAT *et al.*, 2015).

A extração verde, baseada na química verde e engenharia verde, refere-se a processos sustentáveis. Segundo Chemat *et al.* (2015) a extração verde é baseada na descoberta e projeto de processos de extração que irão reduzir o consumo de energia, permitir o uso de solventes alternativos e produtos naturais renováveis, garantindo segurança e produto de qualidade.

2.3.1 Hidrodestilação

A hidrodestilação segundo o estudo de Prins *et al.* (2006) é um método bastante utilizado para a extração de plantas aromáticas, entre elas o alecrim, a hortelã, eucalipto etc. Esta é uma técnica bastante utilizada para a extração de OEs, devido ao seu rendimento e baixo custo, com datas de aplicação de 3000 a. C.

A hidrodestilação consiste em um dos processos mais antigos utilizados para separação, devido a simplicidade de seu método, esse processo é um derivado de destilação por arraste a vapor. Para extração por hidrodestilação, o material vegetal é embebido em água durante o processo e é aquecido, assim os materiais voláteis são levados no vapor, sendo condensado e separado. É um processo de extração comum para separar compostos fitoquímicos a partir de material vegetal (PRINS *et al.*, 2006; SILVEIRA *et al.* 2012).

Ainda é um dos processos mais utilizados para extração de óleos essenciais, em laboratórios, utiliza-se o aparelho de *clevenger* modificado, no qual é introduzido no interior do balão com fundo redondo, água para encobrir, sendo aquecido em uma manta e acoplado ao *clevenger* (MALDONADO, 2022). Após o aquecimento a água é então evaporada, que retira os compostos voláteis da planta, na sequência no condensador do aparelho se condensa no aspecto de óleo. De acordo com Gomes (2003) o rendimento da planta extraída é capaz de chegar até 2% de OE (PRINS *et al.*, 2006).

Há três fenômenos que controlam a hidrodestilação e a destilação por arraste de vapor, sendo eles: a vaporização instantânea do óleo na interface da película formada na superfície do material vegetal e o vapor circundante, a transferência de óleo na corrente de vapor circundante e a exsudação do óleo desde o interior dos tricomas glandulares, através de sua cutícula, até a película superficial do material vegetal (BUSATO *et al.*, 2014).

Prins *et al.* (2006) destaca em seu trabalho que. A hidrodestilação é amplamente utilizada para determinação do óleo essencial, recomendado pela

OMS, por sua praticidade e baixo custo. A importância desse método consiste no fato que as informações coletadas na extração servem de base para o desenvolvimento do processo industrial.

O aumento no tempo de destilação altera os teores dos compostos do óleo essencial (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Portanto existe um tempo de destilação ideal a ser delineado na extração, se esse tempo for ultrapassado, o calor e a pressão podem interferir na composição química final do OE, pois as moléculas dos princípios ativos podem ser degradadas ou tornarem-se tóxicas (SIMÕES e SPITZER, 2007).

Para Oliveira *et al.* (2014) os diversos tempos de destilação realizados com amostras dos frutos da pimenta rosa não resultaram em índices significativos, utilizou respectivamente, após o início da destilação à temperatura de 95°C, tempo de 2,5h;4,0h;5,5h;7,0h. Assim, o tempo de 2,5h de destilação mostrou-se mais apropriado, pelo fato de utilizar menor tempo ao submeter o material vegetal a altas temperaturas, impedindo a degradação de alguns compostos químicos presentes no óleo.

2.3.2 Extração assistida por ultrassom

Na atualidade há uma preocupação crescente por tecnologias limpas ligadas a sustentabilidade, de acordo com Varon *et al.* (2017), a empresa *Arkopharma laboratories* desenvolveu um novo processo de extração de plantas medicinais utilizando cavitação ultrassônica, que demonstrou uma detexturação da planta, permitindo a extração de transferência da massa, com aumento significativo de 73% na concentração do rendimento e diminuição de 25 a 33% no consumo de energia e impacto ambiental.

Na extração assistida por ultrassom os compostos ativos nos materiais vegetais correspondem a um elevado desempenho, dessa forma são utilizados vários processos de extração para a obtenção destes produtos, suas moléculas ativas são capazes de se desfazerem diante de altas pressões e temperatura,

sendo ideal a escolha entre os métodos, qual o mais eficaz para separação (AMARAL *et al.*, 2021).

Na busca do desenvolvimento de método de extração do OE pode ser utilizado como pré-tratamento como fluido ultrassônico, micro-ondas, ultra-alta pressão ou supercrítico atendendo ao conceito verde como baixo consumo de energia e ser ecologicamente correto. A fragmentação facilita a extração do óleo essencial, expondo essas estruturas e aumentando a superfície de contato dos frutos com a água do processo de hidrodestilação (GOVERNICI, 2020).

Para (ANDRADE, 2017) em seu experimento com a pimenta rosa utilizou a extração assistida por ultrassom na frequência de 55KHz e potência de 100, utilizando 210ml de solventes, entre eles o etanol.

A extração assistida por ultrassom, seja utilizando o banho ultrassônico ou dispositivos de sonda ultrassônica, caracteriza-se por ser uma alternativa promissora na tecnologia de extração verde entre os métodos estabelecidos (LATIFF, 2021).

Para Carson *et al.* (2006), o OE obtido através de destilação a vapor das folhas e ramos de *Melaleuca alternifolia* é um óleo claro a amarelo pálido apresenta-se separado do destilado aquoso, seu rendimento é de 1 a 2% do peso do vegetal úmido e técnicas como uso do microondas foram consideradas, mas não utilizadas em escala comercial. A Influência da Sazonalidade na composição química dos OEs deve ser observada, pois no decorrer das estações do ano, nos processos de floração e frutificação podem afetar a composição química dos OEs e prejudicar a obtenção deste óleo e do metabólito de interesse (ENNIGROU *et al.*, 2017).

Além da sazonalidade, os constituintes do OE podem variar devido a vários outros fatores como o tipo de extração utilizada, solvente, experimento, origem da planta e a qual utilização se destina. Nesse sentido, um resumo dos principais fatores e características relacionados ao tipo de extração, solvente parte da planta e aplicação dos artigos pesquisados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Métodos de extração dos OEs de Pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* - ST) e *Melaleuca* (*Melaleuca alternifolia*-MA) utilizando tecnologias limpas, compostos encontrados e aplicações.

| N | MÉTODO DE EXTRAÇÃO/ SOLVENTE | PLANTA | COMPOSTOS QUÍMICOS | ÁREA DE APLICAÇÃO | FONTE |
|---|---|--------|--|--|----------------------------------|
| 1 | Hidrodestilação | ST | 4-10 -tujeno (44,97 %), α -pineno (20,42 %), o-cimeno (12,76 %) e terpinen-4-ol (6,74%) | Farmacêutica e de alimentos como antioxidantes naturais e aromas naturais. | FRANÇA <i>et al.</i> (2021). |
| 2 | Hidrodestilação | ST | p -menth-1-en-9-ol, α -tujeno, β -pineno, canfeno, α -fencheno, acetato de terpinen-4-ol, acetato de bornila, cariofileno, terpinen-4-ol, α -terpineol, germacreno-D, δ -cadineno, hedicariol, α -gurjuneno, α -eudesmol, β -eudesmol. | Farmacêutica, arborização e recuperação de áreas degradadas. | OLIVEIRA <i>et al.</i> (2014). |
| 3 | Hidrodestilação | ST | β -pineno (26,80%), germacreno D (11,25%), sabineno (11,13%) e terpinen-4-ol (8,59%). | Farmacêutica e recuperação de áreas degradadas. | PICOLLOTO <i>et al.</i> (2020). |
| 4 | Hidrodestilação /Soxhlet | ST | α -pineno, α -felanfreno, β -pineno, β -mirceno, trans-3-careno-2-ol, o-cimeno e (-)-limoneno. | Farmacêutica, cosmética, alimentos e processos biotecnológicos. | MARTINELLI <i>et al.</i> (2017). |
| 5 | Hidrodestilação | ST | Delta-3-careno(40,5%), silvestreno(17,63%), beta-felanfreno(14,2%) e α -Pineno(11,9%). | Farmacêutica e agronomia | CARVALHO <i>et al.</i> (2017). |
| 6 | Ultrassom/ Soxhlet / etano/Extração com fluido supercrítico | ST | Germacreno D, sabineno, β e α -felandreno. | Farmacêutica | ANDRADE (2017). |
| 7 | Hidrodestilação | MA | monoterpenos oxigenados e hidrocarbonetos monoterpenos (46,80% e 40,20% do óleo, respectivamente). Os três principais | Farmacêutica, cosmética e agricultura como inseticida e repelente. | BENELLI <i>et al.</i> (2013). |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------|----|--|---|--------------------------------|
| | | | constituintes deste óleo essencial foram 4-terpineol, -- terpineno e -- terpineno (35,10%, 17,40% e 10,70% da composição do OE, respectivamente). | | |
| 8 | Hidrodestilação / Arraste à vapor | MA | terpinen-4-ol (mais abundante 30-40%), presente na atividade antimicrobiana), γ -terpineno e α -terpineno que correspondem a cerca de 70% da composição total do óleo e p-cimeno, terpinoleno, α -terpineol e α -pineno correspondem a 15%, sendo a porcentagem restante em menor proporção. | Farmacêutica | ZANESE e SCHWAMBA CH (2021). |
| 9 | Arraste à vapor | MA | terpinen-4-ol, γ -terpineno e α -terpineno. | Farmacêutica/ fitoterápicos, cosméticos, odontologia | OLIVEIRA <i>et al.</i> (2015). |
| 10 | Hidrodestilação | MA | Terpineno-4-ol (31,11%), γ -terpineno (25,30%) e α -terpineno (12,70%) foram os principais constituintes, seguidos por 1,8-cineol (6,83%), ρ -cimeno (4,23%), terpinoleno (4,03%), limoneno (2,50%), α -terpineol (2,35%), aromadendreno (1,75%) e δ -cadineno (1,41%). | Farmacêutica, cosméticos, alimentos, agricultura e outras indústrias. | ZHANG <i>et al.</i> (2018). |

Fonte: OLIVEIRA (2023).

2.3.3 Compostos químicos *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Melaleuca alternifolia*

Após obtenção dos OEs em diferentes processos de extração, os compostos encontrados são identificados através de análise por cromatografia gasosa, acoplada com espectrômetro de massa (CG/MS). Os efeitos terapêuticos atribuídos a *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Melaleuca alternifolia*

são devidos aos compostos químicos presentes nas plantas. Os principais compostos encontrados na literatura segundo (FRANÇA *et al.*, 2021), para a pimenta rosa foram: α -pineno, germacreno-D, β -pineno extraído por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger. Para (CARVALHO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2014) os componentes majoritários foram: delta-careno e beta-felandreno, extraídos por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger.

Segundo Morais (2009), fatores como temperatura, luminosidade, sazonalidade, maturação e nutrição da planta, horário da colheita como interações com outras plantas, microorganismos e insetos podem influenciar no perfil da composição química dos óleos essenciais.

Segundo Oliveira *et al.* (2014), a constituição química do óleo essencial da pimenta rosa é bem conhecida, sendo que seus compostos mais frequentes são *p- menth-1-en-9-ol*, *α -tujeno*, *β -pineno*, *canfeno*, *α -fencheno*, *acetato de terpinen-4-ol*, *acetato de bornila*, *cariofileno*, *terpinen-4-ol*, *α -terpineol*, *germacreno-D*, *δ -cadineno*, *hedicariol*, *α -gurjuneno*, *α -eudesmol*, *β -eudesmol*.

Para Oliveira Júnior *et al.* (2020), o OE da pimenta rosa obtido por destilação em aparato de *Clevenger*, em diferentes espaços de tempo, por 2,5h, 4,0 h, 5,5h e 7,0h em seu experimento, demonstrou que a influência do tempo na extração pode alterar a composição do óleo essencial, pois os mesmos são formados por compostos voláteis e lipofílicos que podem se decompor formando outros compostos indesejados.

Os fatores como tempo de exposição do material e a temperatura utilizada durante o processo de destilação, devem ser observados, pois podem influenciar diretamente na composição química e nas concentrações dos compostos presentes, como aumento na concentração de menos compostos voláteis (*canfeno*, *α -fencheno*, *D-germacreno*, *δ -cadineno*, *hedicariol*, *α -gurjuneno*, *α -eudesmol* e *β -eudesmol*) e voláteis (*sesquiterpenos*) como também diminuição na concentração dos compostos mais voláteis (monoterpenos) (PICOLLOTO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O OE da aroeira vermelha é rico em sesquiterpenos, sendo fonte promissora de compostos ativos com propriedades antioxidantes que podem ser utilizadas na indústria alimentícia como antioxidantes naturais ou mesmo aromas naturais (BENDAOU *et al.*, 2010). Além dessa aplicação, devido as atividades antimicrobianas, pode ser utilizado nas indústrias farmacêuticas, cosmética e processos biotecnológicos (MARTINELLI *et al.*, 2017).

De acordo com França (2021), vinte e quatro compostos foram identificados: 13 monoterpenos oxigenados, seis hidrocarbonetos monoterpenos, três sesquiterpenos oxigenados e dois hidrocarbonetos sesquiterpenos. Os principais compostos de OE das sementes de aroeira vermelha foram 4(10) -*tujeno* (44,97 %), α -*pineno* (20,42 %), *o-cimeno* (12,76 %) e *terpinen-4-ol* (6,74%). Embora o *terpinen-4-ol* tenha sido apenas o quarto composto (6,74%) do OE das sementes de aroeira vermelha neste estudo, ele representou 50,2% dos monoterpenos oxigenados.

Sokmen *et al.* (2003) sugeriram que os monoterpenos oxigenados foram responsáveis pela alta atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Achillea sintenisie* as frações de hidrocarbonetos monoterpenos e sesquiterpenos foram consideradas inertes.

A composição do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi, apresentou, perfil volátil, constituído em sua maioria por *p*-menth-1-en-9-ol, α -*tujeno*, β -*pineno*, *canfeno*, α -*fencheno*, acetato de *terpinen-4-ol*, acetato de *bornila*, *cariofileno*, *terpinen-4-ol*, α -*terpineol*, *germacreno-D*, δ -*cadineno*, *hedicariol*, α -*gurjuneno*, α -*eudesmol*, β -*eudesmol* (OLIVEIRA *et al.*, 2014). O aumento no tempo de destilação altera os teores dos compostos do OE.

Os efeitos terapêuticos atribuídos a *melaleuca* apontam ser devido a principal composição do óleo que consiste em monoterpenos, sesquiterpenos e álcoois, regulada pelo padrão Internacional (ISO 4730). Entre suas atividades, a partir da sua composição química, destaca-se a ação antibacteriana, antiviral, antisséptica e anti-inflamatória (MIRANTE, 2015; ZHANG *et al.*, 2018; CARSON, 2006).

De acordo com Zanese e Schwambach (2020) a melaleuca apresenta em seu óleo cerca de 100 componentes, sendo que os principais compostos obtidos por hidrodestilação ou arraste a vapor são: terpinen-4-ol (mais abundante 30-40%, presente na atividade antimicrobiana), γ -terpineno e α -terpineno que correspondem a cerca de 70% da composição total do óleo e p-cimeno, terpinoleno, α -terpineol e α -pineno correspondem a 15%, sendo a porcentagem restante em menor proporção (HAMMER *et al.*, 2003).

O OE da melaleuca é rico em monoterpenos, sesquiterpenos e álcoois, regulada pelo padrão Internacional (ISSO 4730). Apresenta ação antibacteriana, antiviral, antisséptica e anti-inflamatória (MIRANTE, 2015; BUENO *et al.*, 2021). O que permite ser utilizado em tratamento de infecções de pele, distúrbios anti-inflamatórios da pele agindo como antioxidante e combatendo o câncer de pele (PAZYAR *et al.*, 2012).

No OE, hidrolato ou hidrossol da *Melaleuca alternifolia* os compostos químicos que podem ser encontrados são: *terpinen-4-ol*, *α -terpineno*, *γ -terpineno*, *1,8-cineol*, *mono e triterpenos*.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão demonstrou que para extração dos OEs da pimenta rosa e *Melaleuca* há meios de extração sustentáveis utilizando solventes como água e etanol. Porém, percebeu-se somente um estudo sobre o uso de ultrassom como pré-tratamento na hidrodestilação para obtenção do óleo da pimenta rosa e não foi encontrado estudos para a *Melaleuca*. O resultado para o rendimento global foi de 2,86%. Por meio, somente da hidrodestilação foi verificado para a *Melaleuca* o rendimento de 2,40%. As extrações realizadas por SOX e por UE com etanol proporcionaram os maiores rendimentos ($44 \pm 1\%$ e $21 \pm 2\%$), respectivamente para a aroeira.

O bom desempenho do etanol sugere a presença de componentes de média a alta polaridade, como os ácidos fenólicos, nos frutos da pimenta-rosa devido à polaridade do solvente. Por fim, este estudo de revisão sugere que os métodos de extrações verdes foram, possivelmente, eficientes para obter os OEs e os compostos voláteis das plantas estudadas. Além disso, podem ser uma alternativa com baixo consumo de energia e solventes considerados ambientalmente corretos, diminuindo os riscos prejudiciais ao meio ambiente e contribuindo para os objetivos do desenvolvimento sustentável 3 e 12.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R. A. G.; TONHELA, M. A.; ANTONELLI, R.; OKURA, M. H.; MALPASS, G. R. P.; GRANATO, A. C. Experimental design for ultrasound-assisted extraction of *Schinus terebinthifolius*. **Research Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 3, p. 1-11, mar. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12872>. Acesso em: 29 set. 2021.
- ANDRADE, K. S.; PONCELET, D.; FERREIRA, S. R. S. Extração Sustentável e encapsulamento de óleo de pimenta rosa. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 204, n. 1, p. 38-45, fev. 2017. Disponível em: https://encaprocess.fr/500_bibliography/2017e.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Efeitos biológicos dos óleos essenciais. **Food and Chemical Toxicology**, [S. l.], v. 46, n. 2, p. 446-475, set. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17996351/>. Acesso em: 04 jul. 2021.
- BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; CLEMENTE, A. D.; DE PAULA, V. F.; ISMAIL, F. M. D. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Química Nova**, [S. l.], v. 30, n. 8, p. 1959-1965, out. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QHnwNbDwbKLCNktWDq8SvLC/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- BENDAOU, H.; ROMDHANE, M.; SOUCHARD, J. P.; CAZAUX S.; BOUJILA J. Composição química e atividades anticancerígenas e antioxidantes dos óleos essenciais das bagas de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Journal of Food Science**, [S. l.], v. 75, n. 6, p. 466 –

472, out. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20722898/>. Acesso em: 12 set. 2022.

BENELLI, G.; CANALE, A.; FLAMINI, G.; CIONI, P.; DEMI, F.; CECCARINI, L.; MACCHIA, M.; CONTI, B. Biototoxicity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 50 n. 603, p. 596-603, out. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669013004184>. Acesso em: 20 jul. 2022.

BERTOLDI, M. C. **Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 2006. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/2913>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BIZZO, H. R.; HOVEL, A. M.; REZENDE, C. M. Brazilian essential oils: general view, developments and perspectives. **Química Nova**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 588-594, abr. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápico**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/programa_nacional_plantas_medicinais_fitoterapicos.pdf. Acesso em: 09 fev. 2023.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/#:~:text=Os%20ODS%20foram%20construídos%20em%20um%20processo%20de,prioridade%20entre%20as%20iniciativas%20voltadas%20ao%20desenvolvimento%20sustentável>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BUENO, C. C.; DYNA, F. A. G. M.; OLIVEIRA, F. A. G. M. de.; SILVA, T. A. R.; LEMBI, M. K. dos S.; MORITZ, C. M. F.; SAKAI, O. A. Perfil da exportação e importação de óleos essenciais no Brasil, entre 2020 e 2021, e predominância do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no Paraná. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. 1-9, out. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21574>. Acesso em: 19 nov. 2022.

BUSATO, N. V.; SILVEIRA, J. C.; COSTA, A. O. S.; JUNIOR, E. F. C. Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1574-1582, set. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/gvHbsFT68gFVPfBksDYYhnL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 jul.2022.

CARSON, C. F.; HAMMER, K. A.; RILEY, T. V. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 50-62, jan. 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1360273/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

CARVALHO, J. A. M.; PINHEIRO, P. F.; MARQUES, C. S.; BASTOS, L. R.; BERNARDES, P. C. Composição química e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de Pimenta Rosa (*Schinus terebinthifolius*). **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 59-63, abr. 2017. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/composio-qumica-e-avaliao-da-atividade-antimicrobiana-do-leo-de-pimenta-rosa-schinus-terebinthifolius-25540>. Acesso em: 29 set. 2021.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas, e toxicidade. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 158 – 169, [s.m.]. 2013. <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/bNdsZSp6jMDqM6qVXxCHGgL/>. Acesso em: 01 ago. 2022.

CHEMAT, F.; ROMBAUT N.; TIXIER A. S. F.; PIERSON E. J. T.; BILY A. **Green Extracion of Natural Products: Theory and practice**. 1. ed. Alemanha: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2015.

COSTA, C. O. D. S. **Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de Myracrodruon urundeuva Allemão e Schinus terebinthifolius Raddi**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/15632/1/Cinara%20Costa.pdf>. Acesso em: 29 set. 2021.

ENNIGROU, A.; CASABIANCA, H.; LAARIF, A., HANCHI, B.; HOSNI, K. Mudanças relacionadas à maturação em fitoquímicos e atividades biológicas dos frutos da aroeira-do-Pará (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 1, n. 108, p. 407-415, jan. 2017. Disponível em:

Acesso em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.005>. Acesso em: 08 abr. 2023.

FRANÇA, M. R. D; OLIVEIRA, C. B. D de; FRANCISCATO, L. M. S. dos S.; BARBOSA, V. A.; ANDRICH, F.; BARROS, B. C. B; MORITZ, C. M. F; SAKAI, O. A. Infrared spectroscopy, chemical composition and physical-chemical characteristics of the essential oil of red aroeira seeds (*Schinus terebinthifolius* Raddi) and it is antimicrobial and antioxidant activities. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. 1-12, out. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355308829_Infrared_spectroscopy_chemical_composition_and_physical-chemical_characteristics_of_the_essential_oil_of_red_aroeira_seeds_Schinus_terebinthifolius_Raddi_and_it_is_antimicrobial_and_antioxidant_activi. Acesso em: 04 out. 2022.

GOMES, F. **Estudos dos compostos voláteis do alecrim utilizando as técnicas de microextração em fase sólida (SPME), hidrodestilação e extração com fluido supercrítico (SPE)**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3145/000382881.pdf>. Acesso em: 29 set. 2021.

GOMES, L. G.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P.; RABBANI, A. R. C.; **Pensando a Biodiversidade: Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.)**. 1. Ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/964005>. Acesso em: 09 out. 2022.

GOVERNICI, J. L.; SPEROTTO, N. C. Z.; MELO, E. C.; GONZAGA, D. A.; CARNEIRO, A. P. S. Secagem e extração de óleo essencial da pimenta brasileira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) frutas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 24, n. 9, p. 637-643, [s. m.]. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi>. Acesso em: 18 out. 2021.

HAMMER, K. A.; CARSON, C. F.; RILEY, T. V. Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. **Journal of Applied Microbiology**, Crawley, v. 95, n. 1, p. 853–860, jun. 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12969301/>. Acesso em: 29 set. 2021.

LATIFF, N. A.; ONG, P. Y.; ABD RASHID, S. N. A. A.; ABDULLAH, L. C.; AMIN, N. A. M.; FAUZI, N. A. M. Melhorar a recuperação de compostos bioativos das folhas do *Cosmos caudatus* por meio de extração ultrassônica. **Relatórios**

científicos, v. 11, n. 1, p. 1-12, ago. 2021. Disponível em:
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-96623-x>. Acesso em: 15 out. 2022.

MALDONATO, G. **Estudo sobre métodos de extração de óleos essenciais: uma revisão integrativa**. 2022. 62 f. Monografia (Graduação em Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022. Disponível em:
<repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30668/1/metodoextracaooleorevisao.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MARTINELLI, L.; ROSA, J. M.; FERREIRA, C. D. S. B.; NASCIMENTO, G. M. D. L.; FREITAS, M. S.; PIZATO, L. C.; GRANATO, A. C. Atividade antimicrobiana e constituintes químicos dos óleos essenciais e óleo resinas extraídas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, p. 1-7, dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160899>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MIRANTE, D. C. **Desenvolvimento tecnológico e avaliação da atividade antimicrobiana de micropartículas de polilisina e de nanocápsulas contendo óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae)**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fármacos, Medicamentos e Biociências aplicadas à Farmácia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015. Disponível em:
<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/87/1/Daiane%20Cristine%20Mirante.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

MORAIS, I. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, ago. 2009. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143457/1/2009AA-051.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

OLIVEIRA, A. C. M. FONTANA, A. NEGRINI, T. C.; NOGUEIRA, M. N. M.; BEDRAN, T. B. L.; ANDRADE, C. R.; SPOLIDORIO, L. C. Emprego do óleo de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae) na odontologia: perspectivas quanto à utilização como antimicrobiano alternativo às doenças infecciosas de origem bucal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 492-499, jul. 2011. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/3HdchzszsGnG9h8JV8pwjZym/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 jun. 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de; OLIVEIRA, A. P.; FONTES, P. T. N.; OLIVEIRA, L. F. M. de; SANTOS, M. C.; GAGLIARDI, P. R.; CARNELOSSI, M. A. G. Perfil químico e potencial antifúngico do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* e seus subprodutos. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 1-20, dez. 2020. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10623>. Acesso em: 19 nov. 2022.

OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA J. R. L. F. G.; SANTOS M.C.; NARAIN N.; LEITE NETA M. T. S. Tempo de destilação e perfil volátil do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*) em Sergipe. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais Campinas**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 243-249, set. 2014.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/JwXmjRnVb7JfjgCG3Prkghs/abstract/?lang=pt>.

Acesso em: 05 jun. 2022.

OLIVEIRA, M. I.; SCHNEIDER, M.; ROSA, M. B.; SILVA, C. M.; MORAES, M. S. A.; SCHNEIDER, R. C. S.; KIST, L. T. Extração e caracterização do óleo essencial de *Melaleuca* e desenvolvimento de uma formulação semi-sólida de uso tópico. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 5, n. 1, p. 51-59, jun. 2015. Disponível em:

<https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/5806>.

Acesso em: 07 jun. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030**. Nova York, EUA, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

PAZYAR, N.; YAGHOUBI, R.; BAGHERANI, N.; KAZEROUNI, A. A review of applications of tea tree oil in dermatology. **International Journal of Dermatology**, [S. l.], v. 52, n. 7, p. 784–790, set. 2012. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-4632.2012.05654.x>.

Acesso em: 19 nov. 2022.

PICCOLLOTO, A. M.; ARIATI, A. M.; FRANCISCATO, L. M. S. S.; BITTENCOURT, P. R. S.; CARAMÃO, E. B.; SAKAI, O. A.; MORITZ, C. M. F. Chemical and thermoanalytical characterization of the pink pepper (*Schinus terebinthifolius raddi*) seeds essential oil. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, Paranaguá, v. 5, n. 7, p. 01 -21, set. 2020. Disponível em:

<https://periodicos.ifpr.edu.br/index.php/MundiETG/article/view/1120/656>.

Acesso em: 15 jul. 2022.

POWO PLANTS OF THE WORLD. *Schinus Terebinthifolia Raddi*. [S. l.], 2004.

Disponível em:

<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:71069-1#source-KBD>.

Acesso em: 15 dez. 2022.

PRINS, C. L.; LEMOS, C. S. L.; FREITAS, S. P.; Efeito do tempo de extração sobre a composição e rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus Officinalis*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Rio de Janeiro, v. 8, n.

4, p. 92-95, out. 2006. Disponível em:
https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrasileiradePlantasMedicinais/artigo17_v8_n4_p092-095.pdf. Acesso em: 14 dez. 2021.

RUAS, F. G.; VENTURA, J. A.; DIAS, G. F. B. Indicação de procedência São Mateus para a pimenta-rosa no Espírito Santo. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 12, n. 1, p. 79-98, dez. 2021. Disponível em:
<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/4279/1/revista-artigo6-pimenta-ruas.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SANTOS, M. C. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de; OLIVEIRA, L. F. M. de; CARVALHO C. R. D.; GAGLIARDI, P. R. Perfil volátil e potencial fungitóxico do hidrolato e extrato de sementes e folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 284-289, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200008>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N. V.; Costa, A. O. S. da; COSTA JUNIOR, E. F. da. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, nov. 2012. Disponível em:
<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20exatas%20e%20da%20terra/levantamento%20e%20analise.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. *In*: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao Medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007, p. 467-495.

SÖKMEN, A.; VARDAR-ÜNLÜ, G.; POLISSIOU, M.; DAFERERA, D.; SÖKMEN, M.; DÖNMEZ, E. Antimicrobial activity of essential oil and methanol extracts of *Achillea sintenisii* Hub. Mor. (Asteraceae). **Phytotherapy Research**, [S. l.], v. 17, n. 9, p. 1005–1010, out. 2003. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ptr.1274>. Acesso em: 08 jun. 2022.

VARON, E. Y.; LI, Y.; BALCELLS, M.; CANELA-GARAYOA, R.; FABIANO-TIXIER, A. S.; CHEMAT, F. **Óleos Vegetais como Solventes Alternativos para Óleo-Extração Verde, Purificação e Formulação de Alimentos e Produtos Naturais**. *Moléculas*. v. 22, ed. 9, p. 1474, 2017.

ZANESE, M. L.; SCHWAMBACH, C. Proposta de um curativo sustentável a base de óleos naturais para cicatrização de feridas superficiais. *In*: JUNIOR, S.

A. (org.) **Produtos Naturais e suas aplicações:** da comunidade para o laboratório. Guarujá: Científica Digital, 2021, p. 129-142.

ZHANG, X.; GUO, Y.; GUO, L. Y.; JIANG, H.; JI, Q. H. In Vitro Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil.

BioMed Research International, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1-9, maio 2018.

Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/2396109/>. Acesso em: 12 nov. 2022.