



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José do Rio Preto

**MARIA EDUARDA DA MATA MARTINS**

**Perfil de Voláteis de Hidrolatos de Manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.) e de  
Capim-Limão (*Cymbopogon citratus*)**

**São José do Rio Preto**

**2022**

**MARIA EDUARDA DA MATA MARTINS**

**Perfil de Voláteis de Hidrolatos de Manjeriçã (*Ocimum basilicum L.*) e de  
Capim-Limão (*Cymbopogon citratus*)**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência dos Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

**Orientadora:** Profa. Dra. Natália Soares Janzantti

**São José do Rio Preto**

**2022**

M386p

Martins, Maria Eduarda da Mata

Perfil de voláteis dos hidrolatos de Manjeriçao (Ocimum basilicum L.) e de Capim-Limão (Cymbopogon citratus) : Perfil de voláteis dos hidrolatos de Manjeriçao e Capim-Limão / Maria Eduarda da Mata Martins. -- São José do Rio Preto, 2022

83 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Natália Soares Janzantti

1. Ocimum basilicum L.. 2. Cymbopogon citratus. 3. Hidrolato. 4. CG-MS.

I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## MARIA EDUARDA DA MATA MARTINS

### Perfil de Voláteis de Hidrolatos de Manjeriçã (*Ocimum basilicum L.*) e de Capim-Limão (*Cymbopogon citratus*)

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência dos Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

#### COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Natália Soares Janzantti  
UNESP – Campus São José do Rio Preto  
Orientadora

Profa. Dra. Ellen Silva Lago Vanzella  
UNESP – Campus São José do Rio Preto

Profa. Dra. Mercia Fátima Manente Bettini  
Flavor Tec Aromas de Frutas LTDA

**São José do Rio Preto**  
**07 de dezembro de 2022**

*Aos meus pais, Luiz e Joana, todo meu amor e gratidão por serem meus amigos, conselheiros, incentivadores e minhas referências de fé, honestidade, compreensão e cumplicidade.*

*A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para essa conquista.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre esteve guiando meu caminho, por me dar saúde, perseverança e força para vencer as adversidades e não desistir desta conquista.

Aos meus pais Luiz e Joana, que me concederam a vida, a quem eu devo tudo o que já conquistei e por sempre me incentivarem a buscar meus sonhos e que sempre acreditaram no meu potencial e fizeram de tudo e mais um pouco para a realização deste sonho nosso.

A minha irmã Luana e meu cunhado Anderson, pelo apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos e amigas, Matheus, Karen, Paulo, Luana, Daniele, Mayla e outros amigos e colegas que sempre me encorajaram a não desistir do meu sonho e por sempre me lembrarem o quanto sou capaz.

A dona Elenice e família por me acolherem e serem minha família do coração.

A Profa. Dra. Natália Soares Janzantti pela orientação, paciência, ensinamentos e condução da pesquisa.

A Profa. Dra. Ellen Silva Lago Vanzela e Dra. Mércia Bettini por aceitarem o convite de compor a banca examinadora e por suas valiosas sugestões.

Aos professores e colegas do DETA/Unesp.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001 pela bolsa de apoio financeiro para realização deste projeto.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para este sonho acontecer.

Muito obrigada!

## RESUMO

O hidrolato, ou hidrossol, são águas aromáticas que são produzidas durante a destilação de plantas aromáticas. Há uma grande demanda por óleos naturais e hidrolatos no mercado internacional. O objetivo deste estudo foi avaliar o perfil volátil de hidrolatos comerciais de manjeriço e capim-limão. Três hidrolatos de manjeriço (M1, M2 e M3) e dois hidrolatos de capim santo (CL1 e CL2) foram obtidos por doação. A separação, quantificação e identificação dos compostos voláteis dos hidrolatos foram realizadas por cromatografia gasosa-espectrometria de massas (GC-MS), além do índice de retenção. Trinta e um compostos voláteis foram detectados/identificados nos três hidrolatos de manjeriço. Em dois hidrolatos de manjeriço, o eugenol foi o composto majoritário, no outro hidrolato, o linalol foi o composto majoritário. Nos hidrolatos de capim-limão, os principais picos/compostos voláteis foram uma mistura de dois terpenos e acetato de 6-isopropil-3-metil-1-ciclohexen-1-il. Diferenças no perfil volátil de hidrolatos podem estar associadas às condições edafoclimáticas e de processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ocimum basilicum* L.. *Cymbopogon citratus*. Hidrolato.CG-EM.

## ABSTRACT

The hydrolate, or hydrosol, is aromatic waters that are produced during the distillation of aromatic plants. There is high demand for natural oils and hidrolate in the international markets. The objective of this study was to evaluate the volatile profile of basil and lemongrass commercial hidrolates. Three basil hidrolates (M1, M2 and M3) and two lemongrass hidrolates (CL1 and CL2) were obtained by donation. The separation, quantification, and identification of the volatile compounds in the hidrolates were carried out using a gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), in addition retention index. Thirty-one volatile compounds were detected/identified in the three basil hidrolates. In two basil hydrolates, eugenol was the major compound, in the other hydrolate, linalool was the major compound. In lemongrass hydrolates, the major peaks/volatile compounds were a mixture of two terpenes and 6- isopropyl-3-methyl-1-cyclohexen-1-yl acetate. Differences in the volatile profile of hydrolates can be associated with edaphoclimatic and process conditions.

**KEY-WORDS:** *Ocimum basilicum L.*, *Cymbopogon citratus*, Hydrolate, GC-MS.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Compostos voláteis dos hidrolatos de manjerição (M1, M2 e M3) comerciais .....	40
Tabela 2 - Compostos voláteis dos hidrolatos de capim-limão (CL1 e CL2) comerciais .....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Equipamento de extração por arraste à vapor 15 L .....	17
Figura 2 - Aparato de Clevenger .....	18
Figura 3 - Estrutura do isopreno.....	21
Figura 4 - Biossíntese de terpenos.....	22
Figura 5 – Ilustração do manjeriço ( <i>Ocimum basilicum</i> L.).....	24
Figura 6 - Estrutura química do linalol.....	26
Figura 7 - Estrutura química do eugenol .....	27
Figura 8 - Estrutura química do metilchavicol.....	27
Figura 9 – Ilustração do capim-limão ( <i>Cymbopogon citratus</i> ) .....	29
Figura 10 - Estrutura química do citral .....	31
Figura 11 - Estrutura química do geranial (citral A) e neral (citral B).....	31
Figura 12 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriço (M1) .....	38
Figura 13 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriço (M2) .....	38
Figura 14 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriço (M3) .....	38
Figura 15 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato de capim-limão (CL1) comercial.....	44
Figura 16 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato de capim-limão (CL2) comercial.....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Histórico: Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Óleo essencial.....</b>	<b>15</b>
3.2.1	Métodos de extração de óleo essencial.....	16
3.2.1.1	Extração por arraste a vapor e hidrodestilação .....	17
3.2.1.2	Extração a frio .....	18
3.2.1.3	Pervaporação .....	19
3.2.2	Composição química do óleo essencial.....	20
<b>3.3</b>	<b>Manjeriço (<i>Ocimum basilicum</i> L.).....</b>	<b>23</b>
3.3.1	Óleo essencial do Manjeriço.....	25
<b>3.4</b>	<b>Capim-limão (<i>Cymbopogon citratus</i>).....</b>	<b>29</b>
3.4.1	Óleo essencial do Capim-Limão .....	30
<b>3.5</b>	<b>Hidrolatos .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise dos compostos voláteis de óleo essencial e hidrolatos ..</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Material .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise dos compostos voláteis dos hidrolatos por CG-EM.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise dos resultados .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>Perfil de voláteis dos hidrolatos de manjeriço comerciais .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2</b>	<b>Perfil de voláteis dos hidrolatos de capim-limão comerciais .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior biodiversidade em todo o mundo. A flora brasileira é reconhecida como uma das mais importantes com uma grande variedade de plantas nativas ricas em compostos bioativos e metabólitos secundários (BEUCHLE *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2020). Além disso, a demanda do consumidor por produtos naturais vem crescendo, e isso tem estimulado a pesquisa das plantas medicinais e aromáticas, com um valor total estimado em 2019 em cerca de 66 milhões de euros (FAO, 2021). Estas plantas destinam-se além do consumo *in natura* à produção de óleos essenciais, com aplicação na indústria agroalimentar, cosmética e farmacêutica.

Os óleos essenciais, com forte impacto odorífero, são obtidos por meio de diferentes partes de plantas, principalmente, de folhas, flores, raízes, sementes, frutas e cascas. Os óleos são constituídos por uma complexa mistura de terpenos provenientes principalmente de metabólitos secundários (DJOUAHRI; BOUDARENE; MEKLATI, 2013). O odor característico dos óleos é resultado de dezenas ou centenas de compostos voláteis, encontrados em concentrações muito baixas, em nanograma ou picograma (FRANCO; JANZANTTI, 2004; THOMAZINI; FRANCO, 2000).

Geralmente, os óleos essenciais são obtidos pelo processo de destilação de qualquer biomassa vegetal. Uma proporção deste óleo fica dissolvida na água de destilação levando a uma mistura chamada de hidrolato, que contém uma quantidade variável de óleo essencial. Este óleo contém compostos voláteis solúveis em água que lhes conferem seu valor econômico.

Os hidrolatos apresentam utilização mundial, nos mais diversos setores, como perfumaria, indústria alimentícia e aromaterapia. Com o advindo da pandemia de Covid-19, o uso e o consumo de óleos essenciais e hidrolatos aumentaram, principalmente por suas propriedades calmantes, anti-inflamatórias, aromatizantes, entre outras características atribuídas a estes produtos, podendo ser utilizados de três formas, aplicando diretamente na pele, por inalação ou ingestão.

Dentre os hidrolatos produzidos com matéria-prima nacional pelas indústrias brasileiras, optou-se pela avaliação dos hidrolatos de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e de capim limão (*Cymbopogon citratus*). O hidrolato de manjeriço possui uma vasta literatura para auxiliar na discussão e aprendizado

das possíveis diferenças entre os hidrolatos e talvez com o óleo essencial (FERRAZ *et al.*, 2022; MAHMOUD *et al.*, 2022; MOHAMMED *et al.*, 2020), além do alto valor agregado em seu óleo, preço entre 115-199 USD/kg. Enquanto o hidrolato de capim limão, de importância nacional, possui poucos estudos científicos (AJAYI; SADIMENKO; AFOLAYAN, 2016; KPOVIESSI *et al.*, 2014; PLATA-RUEDA *et al.*, 2020) e pouco valor agregado ao seu óleo essencial, cerca de 25 USD/kg (Ultra International B.V., 2021). Vale mencionar que a produção e consumo de óleos essenciais é bem maior que de hidrolatos e nem todas as empresas de óleo essencial comercializam hidrolatos.

Portanto, o mercado de óleos essenciais e hidrolatos é próspero no Brasil, e possui condições de agregar valor às suas matérias-primas, transformando-as em produtos beneficiados. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de voláteis dos hidrolatos de manjerição e capim limão comerciais por cromatografia gasosa-espectrometria de massas, a fim de indicar semelhanças e diferenças entre os produtos comerciais de mesma matéria-prima.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar o perfil de voláteis dos hidrolatos de manjerição e capim-limão comerciais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar os compostos voláteis dos hidrolatos de manjerição comerciais por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, aliado ao índice de retenção;
- Avaliar os compostos voláteis dos hidrolatos de capim-limão comerciais por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, aliado ao índice de retenção; e
- Indicar semelhanças e diferenças entre os hidrolatos comerciais de mesma matéria-prima.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Histórico: Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais

As plantas sempre tiveram um papel importante ao longo de toda a história da humanidade, sendo um dos principais recursos utilizados para atender as necessidades humanas, tanto na saúde como na alimentação. Os componentes químicos presentes nas plantas aromáticas incluem uma complexa mistura de compostos voláteis (hidrocarbonetos, ácidos fenólicos, terpenos etc.), além de taninos, alcaloides e derivados de cumarina (ALVES *et al.*, 2011).

A história antiga registra que unguentos foram largamente utilizados combinados com os óleos essenciais em todo o Oriente. Os egípcios utilizavam os óleos no seu cotidiano como pomadas terapêuticas, como cosméticos e na perfumaria. Na Babilônia, por volta de 1800 a.C., os óleos essenciais faziam parte da rotina de cuidados com saúde e na cultura grega, os óleos essenciais como de romã e hortelã foram introduzidos nas práticas de massagem corporal. Os Árabes são considerados o povo que dominava o conhecimento da química, portanto foram os precursores da destilação das plantas aromáticas, e no período da Idade Média, desenvolveram técnicas de destilação em larga escala (SANTOS, 2011).

No início na década de 1920, a primeira indústria instalada no Brasil foi para a obtenção de óleo essencial de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*). Porém, foi no final da década de 30 que a indústria começou a se desenvolver, pois a guerra afetou o comércio europeu. Houve uma busca por novos fornecedores e o Brasil apareceu como alternativa, pois além da mão de obra barata, o país chamava atenção pelas suas riquezas naturais. A partir disso, começaram a exploração de outros óleos essenciais, como o de sassafrás, eucalipto e laranja. Em 1938, foi fundada a primeira indústria de destilação do óleo de sassafrás no Brasil, no estado de Santa Catarina (SANTOS, 2011).

Apesar do Brasil ser um país com gigantesco potencial para ampla produção de óleos essenciais, bem como para a exploração de novas cultivares, até o final da década de 60 o setor enfrentava problemas como a falta de investimentos, mesmo com a existência de boas oportunidades de comercialização com países da América do Sul. Além disso, o Brasil não possuía

condições de lançar seus óleos essenciais no mercado internacional devido a concorrência com outros países orientais como a Índia (ALMEIDA, 2016).

Atualmente, o Brasil tem lugar de destaque na produção de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, sendo os principais produtores mundiais. Cerca de 90% de suas exportações do Brasil são de óleo essencial de cítricos, principalmente da laranja (80%) (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; SOUZA *et al.*, 2010). O estado do Paraná tem a maior produção de fitoterápicos no Brasil - com espécies medicinais, condimentares e aromáticas; com uma área de 6 mil hectares, que rendem produção anual média de 18,6 mil toneladas e receita de R\$ 88,5 milhões (Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento, 2021). De acordo com a revisão de literatura de Almeida (2016) sobre o potencial socioeconômico de óleos essenciais no Brasil, em especial nos estados do Amazonas e Paraná, pelo menos 16 espécies de plantas aromáticas produtoras de óleos essenciais foram descritas, com destaque para pau-rosa, copaíba e alfavaca.

### 3.2 Óleo essencial

Definido pelas normas ISO 4720:2009 (International Organization of Standardization, 2018) e ISO 9235:2013 (International Organization of Standardization, 2013), os óleos essenciais são caracterizados como "o produto obtido por destilação a vapor de partes de plantas (folhas, flores e ramos) por prensagem a frio de epicarpós de citrinos ou por destilação a seco, após separação da fase aquosa por processos físicos".

A qualidade do óleo essencial vai depender de fatores genéticos das plantas, das condições edafoclimáticas de cultivo, sazonalidade, método de colheita e conservação/armazenamento, além da técnica de extração (de GROOT; SCHMIDT, 2016; MATIAS *et al.*, 2016; MORAIS, 2009; PAULUS *et al.*, 2013; SIMÕES; SPITZER, 2010). Benincasa (2003) relatou que algumas plantas conseguem se adaptar nas variações de temperatura, mas pode ter consequências na sua reprodução, frutificação e produção de metabólitos secundários. Moraes (2009) afirmou que o rendimento de óleos essenciais é maior em temperaturas elevadas, mas como consequência, tem um grande índice de perda, devido a sua característica volátil. Ademais, o autor também relatou que a falta ou excesso de água no solo pode acarretar no estresse hídrico

do vegetal, o que gera alterações na composição quali e quantitativa de metabólitos secundários produzidos.

Os óleos essenciais e seus componentes isolados são amplamente utilizados em diversos ramos industriais, como alimentos, cosméticos, indústria farmacêutica e química (BASER; BUCHBAUER, 2015; BEN SALHA; ABDERRABBA; LABIDI, 2019; KHORSHIDIAN *et al.*, 2018). Sua utilização marca presença maior no setor de aromas e fragrâncias, mas os óleos essenciais têm sido utilizados em outros setores. Na indústria farmacêutica tem chamado atenção devido suas propriedades biológicas presentes em alguns óleos, com potencial diversificado ao tratamento de doenças como ações anti-inflamatória, analgésica e antibacteriana (FARAG *et al.*, 2018; GUEDES *et al.*, 2023). A produção mundial de óleos essenciais é de aproximadamente 45 mil t/ano, avaliadas em US\$700 milhões (SEBRAE, 2021), a preços que variam de 6 a 345 USD/kg de óleo essencial.

Vários óleos essenciais vêm sendo utilizados na gastronomia como substituto de temperos e na indústria alimentícia como aromatizantes e flavorizantes. Devido a estas propriedades, os óleos possuem grande potencial na substituição de aditivos químicos (BEN SALHA *et al.*, 2019; LEDESMA-ESCOBAR; LUQUE DE CASTRO, 2014; LUBBE; VERPOORTE, 2011; SIMÕES *et al.*, 2010). Atenção tem sido dada a novas formas de aplicações dos óleos essenciais em alimentos devido a sua baixa solubilidade em água.

### 3.2.1 Métodos de extração de óleo essencial

Os óleos essenciais podem ser extraídos das plantas por diversas técnicas, mas as mais utilizadas são destilação por arraste a vapor, hidrodestilação e prensagem a frio.

Outros métodos são descritos na literatura, mas não tem aplicação e/ou importância industrial. A extração por solvente (SEMEN; HIZIROGLU, 2005), apesar de ser relativamente barata e rápida, só é possível quando o solvente utilizado for álcool. A extração *enfleurage*, considerada obsoleta por ser cara, trabalhosa e demorada; e a extração com fluído supercrítico que aumenta o rendimento de extração, mas requer um alto investimento de capital para monitorar a temperatura e pressão (KHAW *et al.*, 2017; PICOT-ALLAIN *et al.*, 2021; STRATAKOS; KOIDIS, 2016). Cada método, mesmo que use a mesma

espécie vegetal, é capaz de produzir diferentes tipos de extrato/essência com composição química distinta. Com isso, a escolha do método deve ser pensada de acordo com o objetivo o qual o óleo será destinado (ROSTAGNO; PRADO, 2013; WOLFFENBUTTEL, 2010).

### 3.2.1.1 Extração por arraste a vapor e hidrodestilação

A extração por arraste a vapor (Figura 1) é um método tradicional e o mais utilizado industrialmente para a obtenção de óleo essencial de plantas, devido ao seu baixo custo e possibilidade de processamento de quantidades significativas de material vegetal de uma vez só. Além de ser considerada uma tecnologia simples comparada a outras técnicas supracitadas (GARCEZ, 2016). Consiste em passar vapor d'água em uma temperatura de aproximadamente 100 °C, por um vaso extrator contendo um leito fixo de massa de planta aromática. Os constituintes voláteis contêm uma pressão de vapor mais elevada que a da água, assim, com o efeito da temperatura em fluxo ascendente de vapor, ocorre a quebra das células odoríferas da planta. Em contato com o vapor, o óleo essencial é arrastado para a parte superior do extrator até o condensador, onde a mistura água e óleo essencial é conduzida ao sistema de separação para que ocorra a separação da fase oleosa (óleo essencial) e fase aquosa (hidrolato) (CASSEL *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 2015). O hidrolato é formado quando parte do óleo é mantido emulsionado na água.

Figura 1- Equipamento de extração por arraste à vapor 15 L



Fonte: Ecirtec, 2022

A extração de óleo essencial por hidrodestilação também usa o arraste de óleo pelo vapor d'água, a diferença é que o material fica imerso na água em ebulição. O aparelho mais usado para extração de óleo essencial em experimentos de laboratório, é o extrator do tipo *Clevenger* (Figura 2) que possui diversos modelos (OLIVEIRA, 2011).

Figura 2 - Aparato de Clevenger



Fonte: LaborQuimi, 2022

Inúmeros relatos científicos para a obtenção de óleos essenciais e hidrolatos por estes métodos de extração são descritos na literatura, como por exemplo, Manjeriçãõ (*Ocimum basilicum* L.), Esteva (*Cistus ladanifer*), Louro (*Laurus nobilis*), Macela (*Egletes viscosa*), Tomilho (*Thymbra capitata*), entre outras espécies de vegetais que são usadas principalmente para condimentos e em outras aplicações (BALTI *et al.*, 2018; CARVALHO *et al.*, 2021; FERRAZ *et al.*, 2022; KPOVIESSE *et al.*, 2014; LEO LIRA *et al.*, 2009; MOHAMMED *et al.*, 2020).

### 3.2.1.2 Extração a frio

A prensagem a frio é frequentemente usada na produção de óleos essenciais cítricos. Nessa técnica, a matéria-prima passa por um processo de prensagem onde o sumo e o óleo essencial são extraídos. Após a prensagem, ocorre o processo de separação entre o óleo e o sólido por meio de centrifugação

e de decantação. A principal vantagem deste processo é não utilizar calor, podendo ser feita de forma manual ou por equipamentos para uso industrial (MARQUES; SOUZA; ESPINHEIRA, 2019; REYES-JURADO *et al.*, 2015). Além de óleos cítricos, essa técnica de extração é indicada para extrair óleo essencial de sementes oleaginosas, como amêndoas, oliva, nozes e uva (SILVEIRA *et al.*, 2012).

### 3.2.1.3 Pervaporação

Pervaporação é uma técnica de separação por vaporização parcial onde sua principal característica é a presença de uma membrana. Basicamente é a junção dos processos de "permeação" e "evaporação". As membranas utilizadas podem ser hidrofóbicas ou hidrofílicas. Diferentes tipos de compostos, dentre estes, cetonas, ésteres e hidrocarbonetos já foram separados e recuperados por meio de diferentes membranas de pervaporação (CRESPO; BRAZINHA, 2015; JYOTI; KESHAV; ANANDKUMAR, 2015; KAIPPAMANGALATH; GOPALAKRISHNAPANICKER, 2018; SILVESTRE *et al.*, 2019; WIJMANS; BAKER, 1995).

Considerada como um processo complementar à extração de óleos essenciais e hidrolatos, a pervaporação pode ser uma alternativa para fracionar e purificar óleos essenciais e seus componentes. Essa técnica apresenta grande potencial para purificar compostos termolábeis ou misturas azeotrópicas (SILVESTRE *et al.*, 2019). Os compostos presentes nos hidrolatos são adequados para serem separados por pervaporação utilizando membranas do tipo hidrofóbicas que favorecem o transporte de moléculas apolares. Além disso, esse tipo de membrana é usado preferencialmente para recuperação de moléculas de base aromática contidas em soluções aquosas como os hidrolatos, sucos e vinhos, entretanto, a presença de outras moléculas complexas nestes produtos também influencia na recuperação dos aromas (CASTRO-MUÑOZ, 2019).

Alguns autores estudaram a concentração dos compostos de aroma natural de hidrolatos de sucos de frutas, como ameixa, maçã, groselha e cereja, por pervaporação em escala laboratorial (DAWIEC-LIŚNIEWSKA *et al.*, 2018; DAWIEC-LIŚNIEWSKA; PODSTAWCZYK; WITEK-KROWIAK, 2018; PODSTAWCZYK; MITKOWSKI; DAWIEC-LIŚNIEWSKA, 2017). Compostos

voláteis de diferentes classes químicas, como cetonas, ésteres, álcoois e hidrocarbonetos, presentes em produtos alimentícios também foram separados e recuperados por meio de distintas membranas de pervaporação (AROUJALIAN; RAISI, 2007; FIGOLI *et al.*, 2010; RAFIA; AROUJALIAN; RAISI, 2011; RAISI; AROUJALIAN; KAGHAZCHI, 2008; SOUCHON *et al.*, 2002).

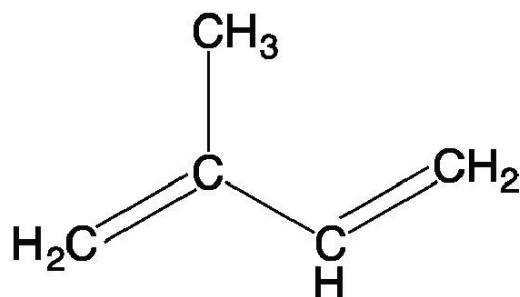
Esta técnica ainda não é utilizada nas indústrias de processamento de alimentos, sua utilização em larga escala necessita de aprimoramentos, pois a recuperação dos óleos essenciais, hidrolatos e compostos individuais não depende apenas da membrana, mas de todas as tecnologias baseadas nela, além de operações unitárias e da composição do alimento (BHATTACHARJEE; SAXENA; DUTTA, 2017; CASTRO-MUÑOZ, 2019).

### 3.2.2 Composição química do óleo essencial

A composição do óleo essencial de uma planta pode variar de acordo com o genótipo, condições edafoclimáticas e pós-colheita. Possui na sua composição inúmeras compostos que se diferem de acordo com a concentração, divididas em componentes principais (20-95%), secundários (1-20%) e vestígios (menos de 1%), dentre estes compostos se destacam os terpenos (SARKIC; STAPPEN, 2018).

Os terpenos, metabólitos secundários relacionados com a defesa vegetal, são considerados o maior grupo de compostos em produtos naturais, por volta de 30 mil compostos (JAWDAT *et al.*, 2016; XAVIER, 2015). Sua síntese se dá pela via de biossíntese de isoprenóides de cinco carbonos (5C) (Figura 3), a partir de acetil-CoA ou de seus intermediários glicolíticos (Figura 4). A rota biossintética se inicia por condensação de moléculas de acetilcoenzima A (AcCo-A), originando acetoacetil-CoA na qual se condensa com outra molécula de AcCoA, originando 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA. Este composto se reduz para converter-se em ácido mevalônico (3,5-dihidroxi-3-metilvaleriânico) e posteriormente por fosforilação e descarboxilação, em isopentenil pirofosfato (IPP), no qual, por isomerização dá lugar a dimetilalil-pirofosfato (DAMPP), composto altamente reativo (HUANG; OSBOURN, 2019).

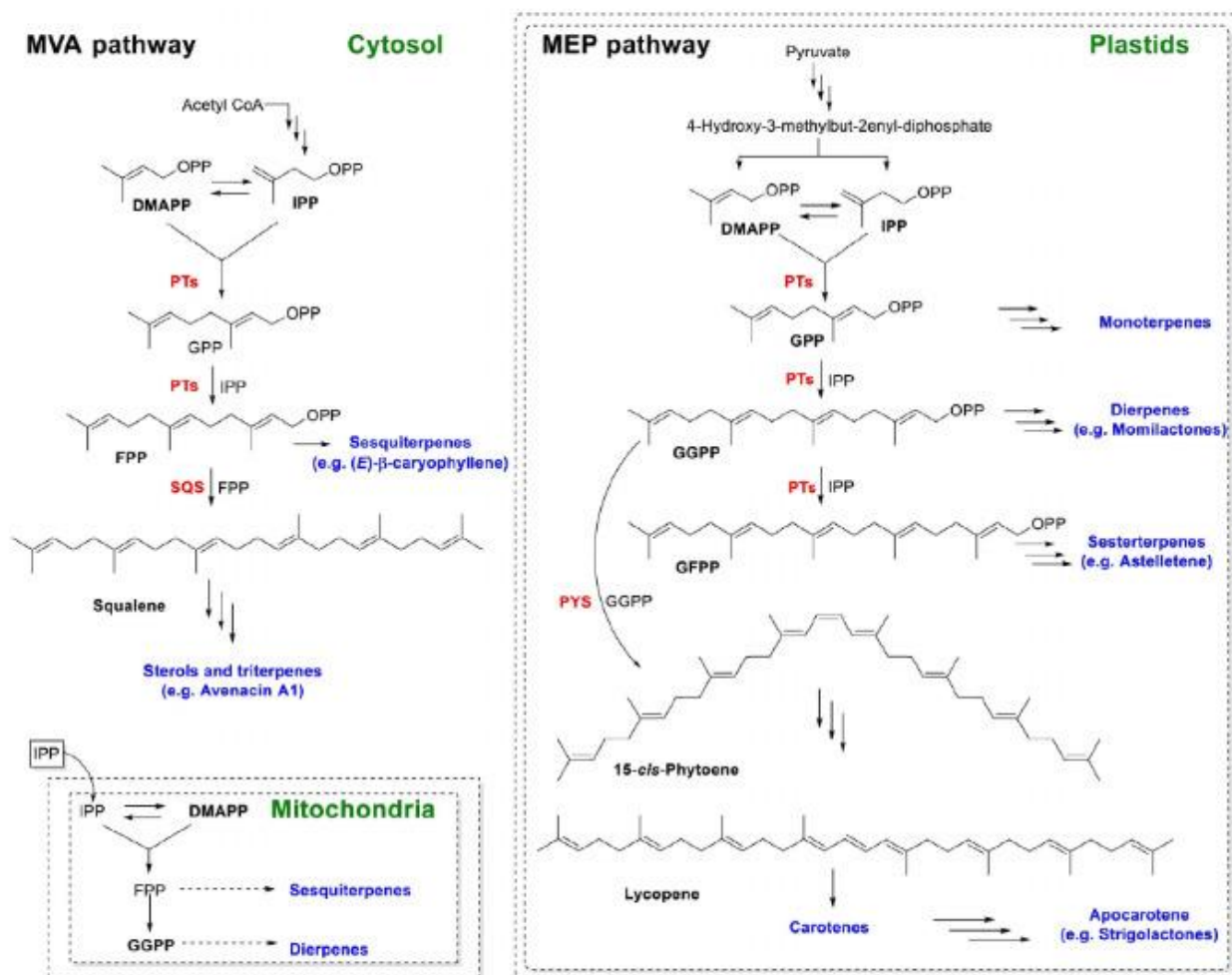
Figura 3 - Estrutura do isopreno



Fonte: Mundo Educação, 2022

Há também a biossíntese pelas vias de mevalonato (MVA) ou 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfato (MEP) ou desoxixilulose 5-fosfato (DXP) (Figura 4) (HUANG; OSBOURN, 2019). A base estrutural da maioria dos terpenóides de cadeia maior são os precursores centrais geranyl pirofosfato (GPP; C10), farnesil pirofosfato (FPP; C15) e geranylgeranylpirofosfato (GGPP; C20). A enzima terpeno sintase converte esses intermediários em terpenos. O geranyl pirofosfato (GPP) forma a espinha dorsal da maioria dos monoterpénóides (C10), como o geraniol e o linalol; terpenóides cíclicos como a cânfora e eucaliptol e os monoterpénos como limoneno e pineno. Os sesquiterpenos (C15) são derivados de farnesil pirofosfato (FPP), que é formado pela condensação do isopentenil pirofosfato (IPP) e unidades de dimetilalil pirofosfato (DMAPP). A adição de outra unidade IPP ao FPP dá origem ao geranylgeranylpirofosfato (GGPP) e, a partir da condensação de duas moléculas de GGPP forma-se o fitoeno, precursor do carotenóides, como licopeno e beta-caroteno. As principais enzimas envolvidas nesse processo são as prenil transferases (PTs) e fitoeno sintase (PYS) (PETROVIĆ; STOJKOVIĆ; SOKOVIĆ, 2019).

Figura 4 - Biossíntese de terpenos



Fonte: HUANG; OSBOURN, 2019.

Os terpenos são classificados de acordo com número de unidades de isopreno (C5) que eles contêm: monoterpênos (C10 - 2 moléculas de isopreno), sesquiterpênos (C15 - 3 moléculas de isopreno) e diterpênos (C20 - 4 moléculas de isopreno), sesterterpênos (C25), triterpênos (C30 - 6 moléculas de isopreno) e terpenos superiores (> C30) (DEGENHARDT; KOLLNER; GERSHENZON, 2009; DUDAREVA *et al.*, 2013; MAHDIEH; TALEBI; AKHANI, 2018). Ademais, os terpenos formados estruturalmente por unidades de isopreno unidas em cadeias poliméricas lineares e cíclicas, podem apresentar funções oxigenadas (álcoois, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas e etc.) (DRASAR; KHRIPACH, 2021). Outra característica dos terpenos é a presença de grande variabilidade estrutural decorrentes da existência de saturações por ligações duplas, dessa

forma, são capazes de sofrer polimerização, oxidação, dimerização e ciclização (DRASAR; KHRIPACH, 2021; WANG *et al.*, 2019).

Como dito anteriormente, os terpenos são os principais constituintes dos óleos essenciais. Normalmente os óleos são de coloração amarela ou incolor, fator dependente da parte que o óleo foi extraído e sua coloração é caracterizada pelos pigmentos naturais presentes na planta (RÍOS, 2016). O óleo essencial do manjericão e capim-limão, avaliados neste estudo, apresentam coloração ligeiramente amarela.

### **3.3 Manjericão (*Ocimum basilicum* L.)**

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pertence à família *Lamiaceae*, do gênero *Ocimum*, que tem cerca de 200 espécies de ervas e arbustos (SINGH *et al.*, 2018). Várias dessas espécies são conhecidas e cultivadas em diferentes países como *Ocimum tenuiflorum* L., *Ocimum kilimandscharicum*, *Ocimum gratissimum* L., *Ocimum americanum* L., e *Ocimum basilicum* L. (SINGH, 2012). O manjericão (Figura 5), chamado também de alfavaca, manjericão-de-folha-larga e outros nomes, é conhecido mundialmente e referido também como "rei das ervas", e considerado o mais importante da espécie (MAKRI; KINTZIOS, 2008). É caracterizado como uma planta herbácea, de até 1 m de altura, ramosa, semiereta, com folhas ovais, cor verde brilhante e de aroma intenso, com flores brancas ou avermelhadas e com frutos aquênios.

Figura 5 – Ilustração do manjericão (*Ocimum basilicum* L.)

Fonte: Dael Júnior, 2008

Nativo da Ásia (Índia, Paquistão, Irã, Tailândia e outros países) e amplamente cultivado em diferentes regiões do mundo, principalmente regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, América Central e América do Sul (HAMOODY; ABOOD; DHEEB, 2020; MAKRI; KINTZIOS, 2008; SINGH *et al.*, 2018). Considerada uma planta anual ou perene, sua definição depende do local e manejo de onde foi cultivada (ZANGENEH *et al.*, 2019). Em relação à sua produção e cultivo, a Índia se destaca mundialmente, com produção de 250 a 300 toneladas anuais, comparada a uma produção mundial de 500 toneladas (PADALIA *et al.*, 2017).

Segundo Veronezi, Costa e Jorge (2012), o cultivo do manjericão foi introduzido no Brasil pelos imigrantes italianos. No Brasil, a planta tem importância econômica e o seu cultivo é estendido por todo o território, plantada em áreas menores por pequenos produtores que comercializam de forma *in natura*, seca ou moída. Na região Nordeste do Brasil, onde o clima é mais quente, típico da sua espécie, seu cultivo é perene e em grande escala, podendo ser realizado vários cortes por ano para produção e extração do óleo essencial, contribuindo com o desenvolvimento social e econômico, com geração de renda e empregos (FAVORITO *et al.*, 2011; MARQUES *et al.*, 2015; PALARETTI *et al.*, 2015). Há também o cultivo anual do manjericão em regiões mais frias, no Sul do Brasil.

As folhas do manjeriço empregadas em infusões possuem propriedades medicinais, como prevenir e curar diversas infecções e inflamações; usada em tratamento de tosses; além de propriedades antioxidantes, antimicrobiana entre outras (ABDULLAH *et al.*, 2020; AHMAD *et al.*, 2016; ASHFAQ *et al.*, 2019; BAHADUR *et al.*, 2020; BALDIM *et al.*, 2018; LAL *et al.*, 2017; NAZIR; WANI, 2021; RUBAB *et al.*, 2017). Suas folhas são ricas em óleo essencial (ISHTIAQ *et al.*, 2020). Suas propriedades estão relacionadas a sua composição química, principalmente a presença de flavonoides, taninos, saponinas, ácido caféico e cânfora, além dos terpenos presentes no óleo essencial. Além do uso medicinal, o manjeriço é utilizado *in natura*, suas folhas são usadas frescas ou secas como condimento/tempero culinário em pizzas, molhos, lasanhas etc.

O manjeriço se destaca por apresentar na sua composição química constituintes de interesse para indústria alimentícia, cosmética, farmacêutica, além de ser matéria-prima para a indústria de óleos essenciais (ABOU EL-SOUD *et al.*, 2015). O manjeriço possui diversas classificações, de acordo com o aroma (doce, cinamato ou canela, cânfora, limão, anis e cravo) e suas características morfológicas (formato da copa, porte, coloração e tamanho da folhagem).

A composição química dos óleos essenciais pode caracterizá-lo em tipo Europeu, Francês ou Doce; Egípcio, Reunião ou Comoro; Bulgário, Java ou Cinamato de Metila, e Eugenol, sendo o primeiro tipo o que contém essencialmente linalol e metilchavicol (BLANK *et al.*, 2004; CASTRO; CHEMALE, 1995; PEREIRA; MOREIRA, 2011; SIMON, 1995).

### 3.3.1 Óleo essencial do Manjeriço

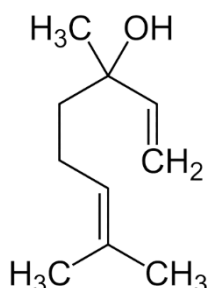
O valor econômico do manjeriço está relacionado ao seu óleo essencial e sua composição química, principalmente em terpenos e fenólicos (BILAL *et al.*, 2012; PANDEY; SINGH; TRIPATHI, 2014; IJIMA *et al.*, 2004). Esses compostos conferem sabor e aroma distintos conforme julgado pelos sistemas sensoriais humanos. Desta forma, muitos genótipos de manjeriço foram criados para atender a diferentes necessidades nas indústrias alimentícias e cosméticas. Existem pelo menos 50 genótipos de manjeriço usados por humanos, eles se distinguem de forma significativa em morfologia, genética e composição química,

devido a seleção e cruzamento para características de cheiro e sabor desejáveis (SIMON *et al.*, 1990).

De acordo com Lawrence (1988), o manjeriço possui quatro quimiotipos diferentes de óleos essenciais, metilchavicol, linalol, metileugenol e cinamato de metila, e também vários subtipos. Os quimiotipos possuem vias biosintéticas simples ou duplas. Varga *et al.* (2017) avaliaram 85 acessos de *O. basilicum* e propuseram uma nova classificação, em cinco quimiotipos: linalol, linalol/*trans*-alfa-bergamoteno, linalol/metilchavicol, linalol/*trans*-cinamato de metila e metilchavicol. A classificação dos quimiotipos dependem principalmente da origem da planta.

O óleo essencial de manjeriço tem como seus compostos voláteis majoritários o linalol (Figura 6), seguido do eugenol (Figura 7) e metilchavicol, também chamado de estragol (Figura 8) (KULAK *et al.*, 2021; MAGGIO *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2020; MURÁRIKOVÁ *et al.*, 2017).

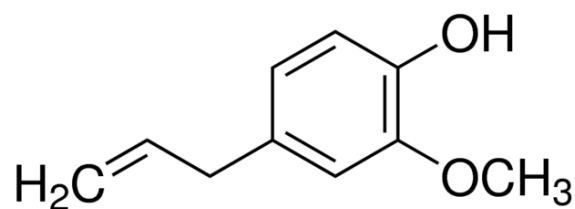
Figura 6 - Estrutura química do linalol



FONTE: PNGWING, 2022

Linalol (=3,7-dimetil-octa-1,6-dien-3-ol) é um monoterpene álcool e relatado como composto majoritário do manjeriço. Este composto não é encontrado apenas no óleo essencial do manjeriço, mas também em outras espécies como a lavanda (*Lavender augustifolia* Mill) e o tomilho (*Thymus vulgaris* L.) (PEANA *et al.*, 2006). É um líquido levemente amarelado, muito utilizado pela indústria alimentícia, cosmética e na medicina (AQUINO *et al.*, 2010; SAKKAS; PAPADOPOULOU, 2017). Algumas atividades biológicas são descritas para o linalol, tais como atividades antibacterianas, ansiolítica, anticolesterol, anticonvulsivos e antifúngicas (CHO *et al.*, 2011; KLEIN; RUBEN; UPMANN, 2014; LINCK *et al.*, 2010; DE SOUSA *et al.*, 2010; HSU *et al.*, 2013).

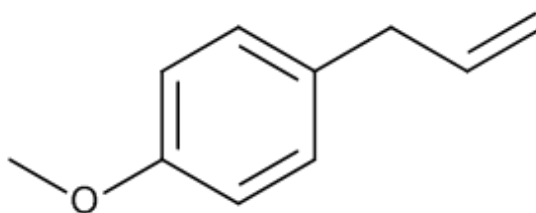
Figura 7 - Estrutura química do eugenol



Fonte: Metaquímica, 2022

Eugenol (=4-alil-2-metoxifenol) é um terpeno de ocorrência natural (NAGABABU *et al.*, 2010), encontrado em uma variedade de plantas aromáticas, incluindo o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), além do manjeriço. Esse composto possui propriedades que pode agir como antioxidante ou pró-oxidante, além de ação anticancerígena, citotóxica, antimicrobiana e antifúngica (AHMAD *et al.*, 2010; BEZERRA *et al.*, 2017; DAS *et al.*, 2016; JAHANSHIRI *et al.*, 2015). O eugenol é reconhecido como uma molécula segura e foi aprovado pela FDA para uso como aditivo alimentar, podendo também ser produzido sinteticamente, mas, é predominantemente extraído dos óleos essenciais (KAMATOU; VERMAAK; VILJOEN, 2012).

Figura 8 - Estrutura química do metilchavicol



Fonte: Peter Hermes Furian ([www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com))

Metilchavicol (p-alilanisol), também conhecido como estragol, é um composto sintetizado por várias plantas e é considerado um dos principais componentes do óleo essencial de algumas ervas, como o manjeriço e erva-doce (BOUVIER-BROWN *et al.*, 2009; MISZTAL *et al.*, 2010). Esse composto possui várias aplicações, mas sua aplicação mais ampla é na indústria alimentícia como agente aromatizante e é aprovado pela FDA. Alguns estudos identificaram sua presença em molhos de tomate, manjeriço fresco, produtos

de panificação, cárneos, laticínios, entre outros (DE VINCENZI *et al.*, 2000; LASTRA-BARREIRA *et al.*, 2011; SHARMA; PARIKH; JASRA, 2010; SIANO *et al.*, 2003).

Politeo, Jukic e Milos (2007) identificaram 33 compostos em óleo de manjeriço, cultivado na Croácia, extraído por hidrodestilação, e o composto volátil majoritário foi o linalol (28,6%), seguido do metilchavicol (21,7%). Runyoro *et al.* (2010) avaliaram duas amostras de *O. basilicum*, colhidos na Tanzânia e extraídos por hidrodestilação; na primeira amostra foram identificados 23 compostos voláteis sendo os majoritários 1,8-cineol (54,3%), beta-pineno (8,15%) e alfa-terpineol (6,6%); enquanto na segunda amostra foram identificados 19 compostos voláteis sendo os majoritários *trans*-miróxido (19,6%), óxido de cariofileno (11,4%) e epóxido de humuleno II (11,0%).

Carović-Stanko *et al.* (2010) analisaram diferentes óleos essenciais de *Ocimum*. No óleo de *O. basilicum* var. *difforme* de origem italiana, extraídos por hidrodestilação, foram identificados 32 compostos voláteis, sendo o composto majoritário o metilchavicol (47,52%) seguido do linalol (20,82%). No óleo de *O. basilicum* var. *purpurascens*, de origem russa, foram identificados apenas 10 compostos sendo o composto majoritário o metilchavicol (94,57%), enquanto o composto majoritário do óleo de *O. basilicum* 'Genovese', procedente da Croácia, foi o linalol (66,40%) seguido do eugenol (8,26%).

Mohammed *et al.* (2020) analisaram o óleo de manjeriço, cultivado no Sudão, extraído por hidrodestilação, e identificaram 22 compostos, sendo o majoritário o metilchavicol (51,9%), seguido do linalol (20%), portanto este óleo foi classificado como quimiotipo metilchavicol.

Gökçe *et al.* (2021) analisaram o óleo de manjeriço cultivado na Turquia, extraído por hidrodestilação, e identificaram 19 compostos voláteis, sendo o majoritário o linalol (24,69%), seguido de cinamato de metila (19,14%) e 1,8-cineol (13,11%). Mahmoud *et al.* (2022) analisaram o óleo de manjeriço cultivado no Egito, extraído por hidrodestilação, e identificaram 17 compostos voláteis, sendo o composto majoritário o metilchavicol (64,47%), seguido do beta-linalol (16,88%).

A utilização do óleo de manjeriço em alimentos contra bactérias e deteriorantes é de grande importância, devido a sua atividade inibitória e potencial de substituir aditivos químicos (BARBOSA *et al.*, 2015; SOLÓRZANO-

SANTOS; MIRANDA-NOVALES, 2012). Alguns trabalhos também têm testado o uso do óleo de manjeriço como componente de filmes comestíveis ou biodegradáveis para o acondicionamento de alimentos (RIVEROS; NEPOTE; GROSSO, 2016; SUPPAKUL *et al.*, 2003).

### 3.4 Capim-limão (*Cymbopogon citratus*)

O gênero *Cymbopogon*, pertencente à família *Poaceae*, tem cerca de 140 espécies cultivadas em todo o mundo (ABDULAZEEZ; ABDULLAHI; JAMES, 2015). Algumas dessas espécies apresentam atividade biológica importante, tais como a *Cymbopogon martini* (Roxb.) Will. Watson (BENATO *et al.*, 2018), *Cymbopogon citratus* (D.C) (SILVA *et al.*, 2019), *Cymbopogon flexuosus* Stapf (SOUZA *et al.*, 2020) e *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (PEIXINHO *et al.*, 2019).

O *Cymbopogon citratus*, conhecido como capim-limão é uma gramínea monocotiledônea, também conhecida como *lemongrass*, *citronela*, *capim-santo* entre outros nomes (ADHIKARI; BANDOPADHYAY; GHOSH, 2013; RANADE; THIAGARAJAN, 2015; SHAH *et al.*, 2011). Caracterizado como uma planta perene, aromática, formadora de touceiras, no qual produz numerosos caules rígidos, com até 1,5 m de altura. Raramente produz flores, sendo suas folhas de cor verde, planas, eretas, com formato linear, que exalam sabor característico de limão quando esmagadas (MAJEWSKA *et al.*, 2019) (Figura 9).

Figura 9 – Ilustração do capim-limão (*Cymbopogon citratus*)



Fonte: Cristina Braga, 2022

O capim-limão é nativo da Índia, mas cresce amplamente em regiões de países tropicais e subtropicais como África, Brasil entre outros países (SHAH *et al.*, 2011). Pode ser cultivado em qualquer solo desde que seja bem drenado e fértil, em clima quente e úmido com chuvas, sendo que a temperatura média elevada favorece seu plantio, pois a planta não sobrevive a regiões frias e sujeita a geada (CORRÊA JÚNIOR; MING; SCHEFFER, 1994).

Essa espécie tem grande importância econômica na indústria alimentícia devido ao seu sabor característico. Pode ser adicionada em iogurte (FATTAH *et al.*, 2010), sorvete (CHAMCHAN *et al.*, 2017), sobremesas lácteas, doces, pudins, carnes e produtos derivados de carne como condimento culinário. Devido ao seu sabor característico, o capim-limão é considerado um ingrediente essencial na cozinha asiática devido seu forte sabor de limão (BRIAN; IKHALAS, 2002). Na indústria farmacêutica/cosmética o capim-limão é utilizado na fabricação de perfumes, sabonetes e desodorantes devido às suas propriedades analgésicas e anti-inflamatória (AJAYI; SADIMENKO; AFOLAYAN, 2016; AVOSEH *et al.*, 2015; EKPENYONG; AKPAN, 2017; EKPENYONG; AKPAN; NYOH, 2015; MUALA; DESOBGO; JONG, 2021).

Infusão/chá de folhas do capim-limão tem sido usada para auxiliar problemas digestivos, como anti-inflamatório, anti-hipertensivos, analgésico, sedativo, adstringente, diurético, além de ações inseticida, desinfetante e antimicrobiana (AMINI *et al.*, 2016; BONFERONI *et al.*, 2017; BOUKHATEM *et al.*, 2014; EKPENYONG; AKPAN; NYOH, 2015; GOMES; NEGRELLE, 2015; LORENZI; MATOS, 2008; MARTINS *et al.*, 2004; ORTEGA-RAMIREZ *et al.*, 2017; PERAZZO *et al.*, 2012; PINTO *et al.*, 2015; SHAH *et al.*, 2011; WAN *et al.*, 2019). Além do uso para infusão, o capim-limão é cultivado para a produção comercial do óleo essencial, que contém aroma intenso e agradável (MASWAL; DAR, 2014), além de ser reconhecido como seguro (GRAS - *Generally recognized as safe*) pela Food and Drug Administrations (FDA, 2022), podendo ser usado como aditivo alimentar natural na substituição dos sintéticos.

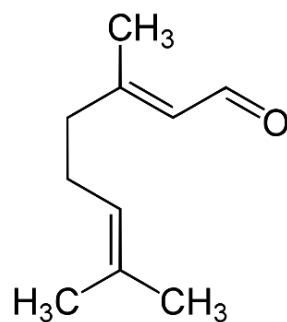
#### 3.4.1 Óleo essencial do Capim-Limão

A composição química dos óleos essenciais pode variar de acordo com sua espécie, área de cultivo e colheita, tipo de extração, entre outros fatores (BAKKALI *et al.*, 2008; DREGER; WIELGUS, 2013). O óleo de capim-limão

apresenta como composto majoritário o citral, além da presença de outros compostos voláteis como mircenol e limoneno (CANNON *et al.*, 2013; GONZALES *et al.*, 2020; HANAA *et al.*, 2012; PLATA-RUEDA *et al.*, 2020).

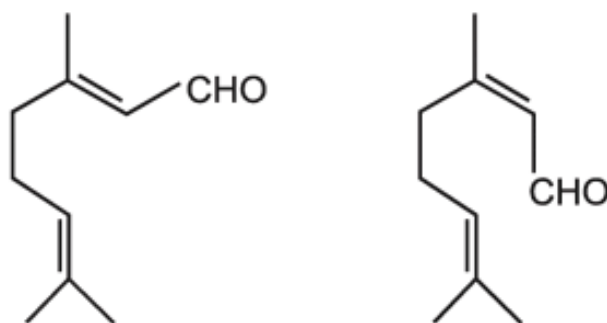
Citral (Figura 10) (=3,7-dimetil-2,6-octadienal) é um monoterpreno acíclico natural (MASWAL; DAR, 2014), oriundo da mistura de dois isômeros geranial (citral A) e neral (citral B) (Figura 11). O citral é usado especialmente como aromatizante de limão em alimentos, bebidas e doces, também é usado como fragrância de limão em detergentes, perfumes entre outros produtos de higiene pessoal. A qualidade do óleo essencial de capim-limão é normalmente determinada pelo conteúdo de citral (AJAYI; SADIMEKO; AFOLAYAN, 2016).

Figura 10 - Estrutura química do citral



Fonte: Yikrazuul, 2010

Figura 11 - Estrutura química do geranial (citral A) e neral (citral B)



Fonte: Quinari Óleos essenciais, 2022

Kpoviessi *et al.* (2014) identificaram 29 compostos voláteis e obtiveram cerca de 75% de citral em óleo extraído por destilação à vapor de folhas de capim-limão cultivadas em Benin. Ajayi, Sadimenko e Afolayan (2016) analisaram o óleo de capim-limão, cultivado na África do Sul, por duas técnicas de extração, por micro-ondas que identificaram 16 compostos voláteis sendo o

citral (44,70%) o composto majoritário, seguido do ácido gerânico (14,5%) e por hidrodestilação modificada que identificaram 7 compostos, sendo o majoritário o citral (72,60%). Plata-Rueda *et al.* (2020) avaliaram óleo essencial de capim-limão comercial, produzido em Catanduva, e identificaram 13 compostos, sendo o majoritário o citral (55,72%), seguido do acetato de geranila (12,40%).

O óleo essencial do capim-limão pode ser aplicado na conservação de alimentos como possível substituto aos sintéticos, que atualmente, de acordo com os consumidores, não são mais desejáveis (EKPENYONG; AKPAN, 2017).

### 3.5 Hidrolatos

Os óleos essenciais e seus hidrolatos são considerados *commodities* de alto valor e baixo volume, sendo extremamente atrativos por apresentarem diferentes atividades farmacológicas. Eles já são muito utilizados para aromaterapia e, atualmente, devido ao crescente interesse da indústria e dos consumidores por ingredientes naturais, diversas plantas aromáticas pouco exploradas estão sendo estudadas para serem utilizadas pela indústria cosmética, farmacêutica e de alimentos (BELABBES *et al.*, 2017; FERRAZ *et al.*, 2022). Além do seu consumo habitual, os óleos essenciais e hidrolatos podem ser utilizados em co-formulações nas indústrias por apresentarem propriedades biológicas, como atividade antifúngica, antibacteriana e antioxidante (DI VITO *et al.*, 2021; PRUSINOWSKA *et al.*, 2016; TAVARES *et al.*, 2020; TORNUK *et al.*, 2011).

O hidrolato, conhecido também como hidrossol ou água floral/aromática, é um subproduto obtido no processo de extração de óleos essenciais de plantas aromáticas, geralmente pelo método de destilação por arraste à vapor ou hidrodestilação (HAMDI *et al.*, 2017; SILVEIRA *et al.*, 2012). Segundo Aazza, Lyoussi e Miguel (2011), a palavra "hidrolato" deriva de "hydro" (água) e "lait" (leite em francês) (LABADIE *et al.*, 2015; POLITI *et al.*, 2020; ZHELJAZKOV; ASTATKIE, 2011).

Os hidrolatos são uma mistura de uma quantidade variável de óleo essencial (menos de 1 g/L) em água (D'AMATO *et al.*, 2018; HAMDI *et al.*, 2017; LABADIE *et al.*, 2015; ZHELJAZKOV; ASTATKIE, 2011). Em particular, os hidrolatos são compostos de água condensada do processo de destilação e

compostos voláteis de óleo essencial que conferem odor, em geral hidrofílicos e que formam ligações de hidrogênio com a água.

Algumas propriedades, tais como, antimicrobianas, anti-inflamatórias, antioxidantes, relaxantes entre outras, foram relatadas tanto para os óleos como para os hidrolatos, como por exemplo, para os hidrolatos de lavanda (*Lavandula augustifolia*), absinto (*Artemisia absinthium* L.), hortelã-limão (*Monarda citriodora*), esteva (*Cistus ladanifer* L.) e tomilho (*Thymbra capitata*) (BELABBES *et al.*, 2017; DI VITO *et al.*, 2019; GARZOLI *et al.*, 2020; FERRAZ *et al.*, 2022; PINO-OTÍN *et al.*, 2019; TAVARES *et al.*, 2020; TOGNOLINI *et al.*, 2006). Os hidrolatos são consumidos em bebidas na Turquia há muitos anos. Em geral, os hidrolatos não possuem cheiro forte, não causam irritação na pele e podem ser aplicados diretamente na pele ou ingeridos, desde que estejam em uma diluição adequada (D'AMATO *et al.*, 2018; JAKUBCZYK; TUCHOWSKA; JANDA-MILCZAREK, 2021; SAĞDIÇ, 2003).

Na revisão de D'amato *et al.* (2018), a aplicação de hidrolatos nos alimentos é considerada realidade devido a atividade antibacteriana, antifúngica, antioxidante e, principalmente, para o controle do crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, bem como para retardar a oxidação, e conseqüentemente estender a vida útil dos alimentos. No entanto, para essas e outras aplicações, ainda são necessários estudos para avaliar o custo e a eficácia dos hidrolatos em escala industrial, estudos tanto *in vitro* como *in vivo* para observar os aspectos toxicológicos.

O composto majoritário do óleo essencial pode ser ou não o mesmo do hidrolato. DI VITO *et al.* (2019) compararam o hidrolato e o óleo essencial de hortelã-limão (*Monarda citriodora*), obtidos por hidrodestilação, sendo que no óleo o composto majoritário foi o timol (19,6%), seguido de p-cimeno (15,6%), enquanto no hidrolato, o timol (66,4%) também foi o majoritário, seguido de carvacrol (28,6%).

Garzoli *et al.* (2020) avaliaram a composição química e a atividade antibacteriana do óleo essencial e do hidrolato de *Lavandula x intermedia* (*Lavandin*) puro e após formulação em nanoemulsão. O óleo essencial e o hidrolato foram obtidos comercialmente. Foram identificados 17 compostos, os compostos majoritários no óleo foram linalol (35,8%) e 1,8-cineol (19,8%); no óleo encapsulado, linalol (54,7%) também foi majoritário seguido de acetato de

linalila (21,8%). Enquanto no hidrolato, 1,8-cineol (52,9%) foi o composto volátil majoritário, seguido pela cânfora (19,6%) e linalol (12,6); e no hidrolato encapsulado foi a cânfora (32,9%) o composto majoritário seguido do linalol (20,6%) e 1,8-cineol (18,6%). Segundo os autores, essas diferenças no perfil de voláteis podem ser explicadas pela baixa solubilidade em água do linalol, dessa forma, não se espera que a quantidade do composto presente no hidrolato seja muito alta.

FERRAZ *et al.* (2022) analisaram o perfil de voláteis dos óleos essenciais e hidrolatos de esteva (*Cistus ladanifer*), erva-caril (*Helichrysum italicum*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e tomilho (*Thymbra capitata*). Os óleos e hidrolatos de esteva e erva-caril foram obtidas comercialmente pelo método de destilação por arraste a vapor, enquanto as do manjerição e tomilho foram obtidas por hidrodestilação. Apenas os óleos e hidrolatos de tomilho (*Thymbra capitata*) apresentaram perfil de voláteis semelhantes, sendo o carvacrol o composto majoritário (79,9% no óleo e 98,1% no hidrolato). No óleo de esteva o composto majoritário foi alfa-pineno (35,8%) e no hidrolato foi 4-hidroxi-3-metilacetofenona (21,6%), seguido de mirtenol (11,2%); no óleo de erva-caril os compostos majoritários foram  $\gamma$ -curcumeno (16%) e italiceno (12,5%), enquanto no hidrolato foi alfa-terpineol (30,5%), seguido do carvacrol (29,6%). Os resultados deste estudo demonstram a importância de analisar o perfil químico dos dois tipos de produtos (óleo essencial e hidrolato), pois mesmo obtidos de uma mesma planta, podem ter diferentes perfis de voláteis e consequentemente diferentes bioatividades.

Vale lembrar, que os óleos essenciais e hidrolatos são usados desde a pré-história, mas, somente, com o aprimoramento das técnicas analíticas (cromatografia, microscopia, espectroscopia, etc.) foi possível avaliar a importância destes produtos para a indústria, principalmente para as indústrias de alimento e farmacêutica (BASER; BUCHBAUER, 2015; SIMÕES *et al.*, 2010). Existem vários métodos para a obtenção desses produtos, mas para a análise dos compostos voláteis presente nesta matriz complexa é necessário o uso de instrumento analítico de alta resolução como a cromatografia gasosa.

### 3.6 Análise dos compostos voláteis de óleo essencial e hidrolatos

Os compostos voláteis são responsáveis pelo sabor característico das plantas e alimentos. A percepção do sabor é composta basicamente pelas características gustativas e olfativas. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis presentes nos alimentos, chamados de gostos básicos (doce, salgado, amargo, ácido e umami) enquanto o aroma é atribuído por dezenas e/ou centenas de compostos voláteis, de várias classes químicas, que chegam ao nariz por via retronasal. O aroma é responsável por cerca de 70 a 75% da resposta global do sabor, sendo o gosto o responsável pela porcentagem restante (BASTOS *et al.*, 2002; SPEER; KURZROCK; KÖLLING-SPEER, 2005; THOMAZINI; FRANCO, 2000).

Geralmente, os compostos voláteis estão presentes em quantidades diminutas, o que faz sua análise ser bastante complexa, além disso, os compostos voláteis são termolábeis, ou seja, sensíveis à temperatura, assim, qualquer aumento da temperatura durante seu preparo, pode ocasionar perdas além de reações químicas, tais como rearranjos, hidrólise, entre outras, modificando sua composição original (FRANCO; JANZANTTI, 2004).

Os óleos essenciais e hidrolatos são uma mistura complexa de compostos voláteis, e para sua separação é necessária a aplicação de técnicas seletivas, sensíveis e eficientes, como a cromatografia gasosa de alta resolução (THOMAZINI; FRANCO, 2000). A técnica é baseada na migração diferencial dos compostos voláteis em uma coluna. O equipamento é constituído principalmente por uma fonte de gás, sistema de injeção, um forno, coluna cromatográfica, sistema de detecção e sistema de registro de dados. Os principais gases empregados como fase móvel são hidrogênio, hélio e nitrogênio. Após a injeção, os compostos voláteis são separados em uma coluna cromatográfica e passam pelo detector, onde o sinal elétrico gerado é proporcional à quantidade do material eluído, possibilitando a análise quantitativa. As colunas capilares de sílica fundida com elevado número de pratos teóricos e grande poder de resolução possibilitam a separação de diversas classes de compostos químicos com amplas faixas de polaridade, solubilidade e pontos de ebulição (LANÇAS, 2017).

A associação de um cromatógrafo a gás ao espectrômetro de massas foi o impulso de maior avanço na pesquisa dos compostos voláteis. Esse sistema

tem sido a principal ferramenta neste tipo de pesquisa, pois uniu uma técnica de separação/quantificação e uma técnica de identificação de compostos voláteis resultantes de misturas complexas. Neste sistema o espectrômetro de massas funciona como um detector, ou seja, detecta, quantifica e identifica cada composto volátil que está sendo eluído da coluna cromatográfica (LANÇAS, 2017).

Ademais dos dados obtidos pelo equipamento, informações adicionais são importantes para a confirmação da identidade de um composto volátil. Além do uso de padrões puros, os índices de retenção têm auxiliado na identificação dos compostos voláteis, permitindo comparar a ordem de eluição experimental com a ordem de eluição descrita na literatura (ETTRE, 1964; JANZANTTI; FRANCO; LANÇAS, 2000).

Mesmo com a ampla utilização e alto potencial de uso por diversos setores econômicos, as propriedades e a composição química dos hidrolatos ainda precisa ser mais explorada e estudada.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Material**

Três hidrolatos de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) comerciais (M1, M2 e M3) e dois hidrolatos de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) comerciais (CL1 e CL2) foram obtidos por doação. Os hidrolatos M1, M3 e CL1 são procedentes de matéria-prima proveniente do estado de São Paulo; enquanto os hidrolatos M2 e CL2 são procedentes de matéria-prima proveniente do estado do Paraná. Estes hidrolatos comerciais foram escolhidos por serem produzidos de matéria-prima nacional e comercializados por indústria nacional. De acordo com as informações obtidas pelas empresas, os hidrolatos foram obtidos por meio de arraste à vapor.

### **4.2 Análise dos compostos voláteis dos hidrolatos por CG-EM**

O perfil volátil dos hidrolatos de Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e Capim-Limão (*Cymbopogon citratus*) foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GCMS-QP2020 Shimadzu, Kyoto) utilizando uma coluna capilar, Rtx-5MS (30 m de comprimento x 0,25 mm de

diâmetro x 0,25 µm de espessura de filme). Hélio foi o gás de arraste utilizado a um fluxo constante de 1 mL/min. A temperatura inicial do forno foi de 40 °C, mantida nesta temperatura por 3 min, em seguida uma rampa de 4 °C/min até 200 °C e mantida nesta temperatura por 15 min. A injeção das amostras de 1 µL, foi feita em modo *splitless* por meio de um injetor automático de modelo AOC-20i. A temperatura do injetor foi de 200 °C. As temperaturas da interface e da fonte de íons foram 220 °C e 200 °C, respectivamente. A ionização foi por impacto de elétrons a 70 eV, faixa de varredura, 35-300 *m/z*. Todas as amostras de hidrolato de manjeriço e capim-limão foram injetadas em triplicata. A quantificação dos compostos voláteis foi feita por normalização.

A identificação de cada composto volátil foi baseada na comparação entre os espectros de massas experimentais com os da biblioteca NIST vs 2.0, além do índice de retenção. O índice de retenção experimental (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963) foi obtido por meio da injeção de uma solução de *n*-alcanos (C<sub>7</sub> a C<sub>30</sub>) nas mesmas condições cromatográficas descritas para a análise dos hidrolatos, e comparado com o índice de retenção descrito na literatura (ACREE; ARN, 2004).

### 4.3 Análise dos resultados

Os resultados das áreas de cada composto volátil presente em cada no hidrolato de manjeriço comercial foram submetidos a análise de variância ANOVA seguido de teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). No caso dos hidrolatos de capim-limão, os resultados foram submetidos a análise de t de Student ( $p \leq 0,05$ ). Cada amostra de hidrolato foi considerada uma variável independente e a resposta da área (%) de cada pico em cada repetição em cada amostra, a variável independente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

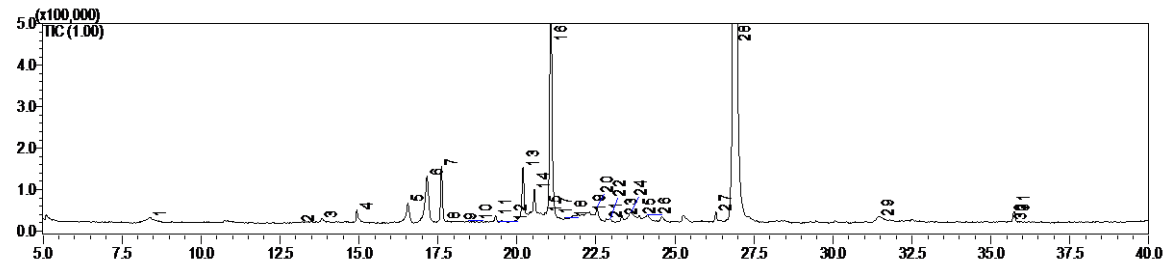
### 5.1 Perfil de voláteis dos hidrolatos de manjeriço comerciais

As Figuras 12 a 14 mostram os cromatogramas dos compostos voláteis dos hidrolatos de manjeriço comerciais. A Tabela 1 apresenta os compostos voláteis identificados nos hidrolatos de manjeriço comerciais. A numeração em

comum dos compostos voláteis corresponde aos cromatogramas apresentados nas Figuras 12 a 14 e Tabela 1.

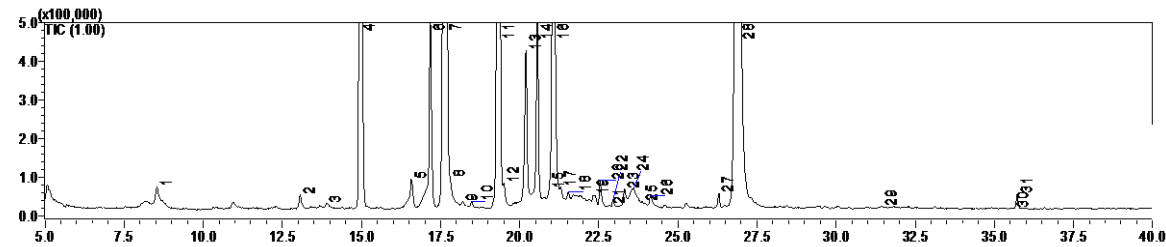
Trinta e um compostos voláteis foram detectados/identificados nos três hidrolatos de manjeriço comerciais (Tabela 1). A classe química predominante foi a dos terpenos, como esperado.

Figura 12 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriçã (M1)



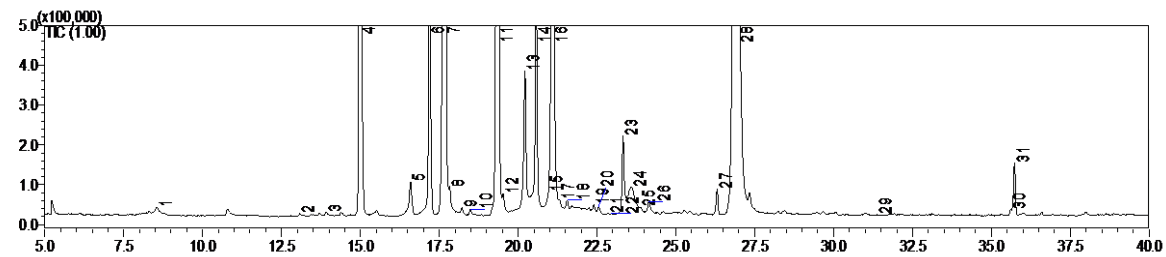
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 13 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriçã (M2)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato manjeriçã (M3)



Fonte: Elaborado pelo autor

No hidrolato M1, o eugenol (72,25%) foi o composto volátil majoritário, seguido pelo alfa-terpineol (13,11%); enquanto no hidrolato M2, os compostos voláteis majoritários foram linalol (30,14%) seguido de eugenol (27,65%), cânfora (18,49%) e eucaliptol (10,11%); e no hidrolato M3 de manjeriço comercial, os compostos voláteis majoritários foram eugenol (38,49%), seguido do linalol (22,98%) e cânfora (15,94%). Houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação a todos os compostos voláteis majoritários em todos os hidrolatos de manjeriço comerciais. Apesar dos hidrolatos M1 e M3 terem o mesmo composto majoritário, eugenol, a % área deste composto foi bem superior ( $p \leq 0,05$ ) no hidrolato M1.

Semelhanças na composição de voláteis dos hidrolatos M1 e M3 pode ser atribuída a mesma procedência da matéria-prima (estado de São Paulo); enquanto o hidrolato M2 foi proveniente de matéria-prima do estado do Paraná. A procedência (local de cultivo) da matéria-prima é um dos principais fatores que afetam a composição de voláteis do óleo essencial e conseqüentemente a composição do hidrolato.

A descrição aromática dos hidrolatos de manjeriço comerciais corrobora com a composição de voláteis dos mesmos. O hidrolato M1 foi descrito com forte odor de cravo e leve odor de hortelã, atribuído principalmente aos compostos eugenol e alfa-terpineol. O hidrolato M2 foi descrito com odor herbal, amadeirado e de cravo, atribuído principalmente aos compostos linalol, cânfora e eugenol; enquanto o hidrolato M3 foi descrito com odor de cravo, grama e hortelã que foi atribuído principalmente aos compostos eugenol, linalol e cânfora.

Tabela 1 - Compostos voláteis dos hidrolatos de manjeriço (M1, M2 e M3) comerciais

Pic o	IR exp	IR lit	Nome do Composto	Hidrolato M1	Hidrolato M2	Hidrolato M3
1	832	858	<i>cis</i> -3-hexenol	0,90a ± 0,18	0,44b ± 0,11	0,08b ± 0,02
2	966	983	1-octen-3-ol	nd	0,13a ± 0,01	0,02b ± 0,00
3	988	984	2-octanol	0,19a ± 0,02	0,04b ± 0,01	tr - 0,04
4	1019	1030	eucaliptol	0,45b ± 0,07	10,11a ± 1,33	8,61a ± 0,77
5	1066	1070	óxido de <i>cis</i> -linalool	1,26a ± 0,04	0,39b ± 0,03	0,43b ± 0,02
6	1083	1097	fenchona	3,35a ± 0,16	1,70b ± 0,17	2,01b ± 0,19
7	1096	1100	linalol	2,13c ± 0,20	30,14a ± 0,86	21,98b ± 0,64
8	1097	1101	hotrienol	tr - 0,11	0,14b ± 0,05	0,25a ± 0,02
9	1113	1139	fenchol	nd	0,02b ± 0,00	0,04a ± 0,01
10	1120	1126	2-p-menten-1-ol	nd - tr	0,03a ± 0,00	0,04a ± 0,00
11	1145	1139	cânfora	0,21b ± 0,04	18,49a ± 1,12	15,94a ± 1,07
12	1148	1154	3-metilcanfenilol (=2-norbornanol)	nd - tr	0,19a ± 0,01	0,17a ± 0,01
13	1170	1171	delta-terpineol	2,19a ± 0,10	1,40b ± 0,05	1,22b ± 0,06
14	1180	1179	terpinen-4-ol	0,84c ± 0,03	1,57b ± 0,04	1,81a ± 0,11
15	1190	1185	p-cimen-8-ol	0,11a ± 0,01	0,04b ± 0,01	tr - 0,07
16	1195	1195	alfa-terpineol	13,11 ± 0,41	6,54b ± 0,09	7,20b ± 0,23
17	1200	1201	mirtenol (=2-pinen-10-ol)	a tr - 0,08	0,09a ± 0,01	0,05a ± 0,01
18	1208	-	ni	tr - 0,05	0,04a ± 0,01	0,05a ± 0,01
19	1231	1233	nerol	tr - 0,11	0,07a ± 0,02	0,03a ± 0,01
20	1237	1237	2,6-dimetil-7-octene-2,6-diol	0,51a ± 0,12	0,11b ± 0,06	0,04b ± 0,01
21	1246	1247	neral (cital B)	tr - 0,06	tr - 0,01	tr - 0,01
22	1249	1241/1255	5-hidroxicineolo ou carvona	0,10a ± 0,05	0,03ab ± 0,02	tr
23	1260	1276	geraniol	0,15b ± 0,01	0,09b ± 0,01	0,56a ± 0,03
24	1268	1249	chavicol	0,56a ± 0,14	0,20b ± 0,02	0,20b ± 0,05

25	1276	1277	geranial (cital A)	tr - 0,08	tr - 0,01	0,01a ± 0,00
26	1283	1277	2,6-dimetil-1,7-octadiene-3,6-diol	0,19a ± 0,07	tr - 0,08	tr - 0,12
27	1347	1343	acetato de 1,3,3-trimetill-2-oxabicyclo[2,2,2]oct-5-ila	0,35a ± 0,02	0,10c ± 0,00	0,20b ± 0,02
28	1366	1364	eugenol	72,25 ± 0,72	27,65c ± 3,28	38,49b ± 2,89
29	1509	1424	8-hidroxicarvotanacetona (=hidrato de carvona)	0,77a ± 0,14	tr - 0,19	nd - 0,03
30	1653	1650	α-epi-cadinol	tr	tr - 0,01	0,05a ± 0,00
31	1657	1626	jasminato de metila	0,42a ± 0,03	0,09b ± 0,01	0,42a ± 0,05

IRlit = Índice de Retenção da literatura (ACREE; ARN, 2004; PUBCHEM, 2022). IR exp. = Índice de Retenção experimental. - = não encontrado; nd = não detectado; ni = não identificado; tr= traços (área ≤ 10000). % área: Média ± desvio padrão, n=3. Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente (p ≤ 0,05) pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido aos diversos quimiotipos, os compostos majoritários do óleo essencial do manjeriço podem variar. Alguns trabalhos relataram linalol, eugenol e metilchavicol como os compostos voláteis majoritários do óleo essencial do manjeriço (KULAK *et al.*, 2021; MAGGIO *et al.*, 2016; MOTA *et al.*, 2020; MURÁRIKOVÁ *et al.*, 2017), enquanto outros trabalhos relatam os compostos voláteis linalol, eugenol, alfa-terpineol e eucaliptol como majoritários (BARCELOS *et al.*, 2013; MAURYA *et al.*, 2022; MOTA *et al.*, 2020; SANTORO *et al.*, 2007; TREVISAN *et al.*, 2006; VIEIRA *et al.*, 2001; ZLOTEK; MICHALAK-MAJEWSKA; SZYMANOWSKA, 2016). Neste estudo, pode-se sugerir que os hidrolatos M1 e M3 são do quimiotipo metileugenol, enquanto a hidrolato M2, do quimiotipo linalol (LAWRENCE, 1988).

Comparando os resultados da composição de voláteis dos hidrolatos comerciais com a composição dos óleos essenciais de manjeriço descrito na literatura, os resultados obtidos neste estudo estão condizentes com um estudo sobre a influência sazonal na composição do óleo essencial de manjeriço. O manjeriço foi colhido em meses diferentes, o que foi colhido em maio teve como composto majoritário o linalol (48,1%), seguido do eugenol (10,7%); enquanto o eugenol (76,8%) foi majoritário no manjeriço colhido no mês de outubro (MARTINO *et al.*, 2021).

Em outro estudo feito recentemente com óleo essencial de manjeriço (KULAK *et al.*, 2021), o eugenol foi relatado como o principal composto 42,3-84,5%, seguido do linalol (2-10,5%). No óleo essencial de *O. basilicum* var. *difforme*, de origem italiana, o metilchavicol (47,52%) foi majoritário, seguido do linalol (20,82%); no óleo de *O. basilicum* var. *purpurascens*, de origem russa, o metilchavicol (94,57%) também foi o majoritário, mas com uma área menor; enquanto no óleo de *O. basilicum* 'Genovese', de origem croaca, foi o linalol (66,40%), seguido do eugenol (8,26%) (CAROVIĆ-STANKO *et al.*, 2010). O óleo de manjeriço proveniente do Sudão apresentou o composto volátil metilchavicol (51,9%) como majoritário, seguido do linalol (20%) (MOHAMMED *et al.*, 2020).

Os hidrolatos são compostos de pequenas quantidades de óleo essencial dispersa em água. Pode ocorrer do composto majoritário do óleo essencial ser ou não o mesmo no hidrolato. Diferenças no perfil de voláteis entre o óleo essencial e o hidrolato de manjeriço foi relatado por Ferraz *et al.* (2022). No hidrolato de manjeriço, proveniente de Portugal, o eugenol (52,5%) foi o

composto majoritário, seguido do linalol (38,3%). Outro estudo relatou metileugenol (51%), eugenol (26%) e linalol (11,3%) como os compostos majoritários no hidrolato de manjeriço fresco cultivado na Polónia (SMIGIELSKI; PRISINOWSKA; BEMSKA, 2016). O eugenol foi relatado como o composto majoritário (42,3-84,5%), seguido do linalol (2-10,5%) no óleo essencial de manjeriço (KULAK *et al.*, 2021).

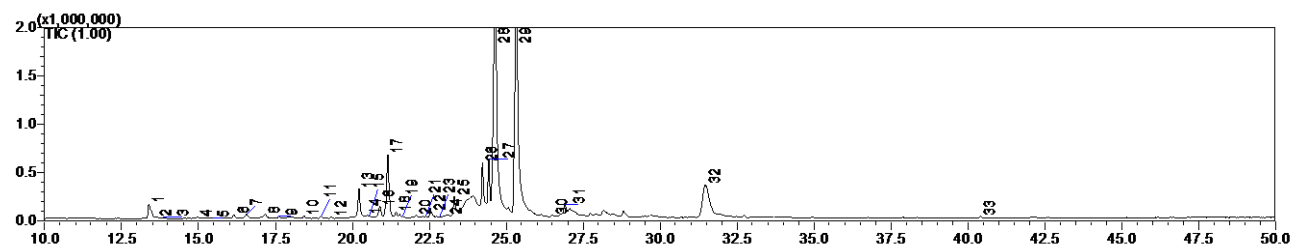
ŠOVLJANSKI *et al.* (2022) avaliaram o óleo essencial e hidrolato de manjeriço, var. *Genovese* e *Minimum*, proveniente da Sérvia e extraídos por destilação. O hidrolato da var. *Genovese* obteve o linalol (75,5%) como composto majoritário, seguido do 1,8-cineol (5,5%) e terpinen-4-ol (5,4%), enquanto o hidrolato da var. *Minimum*, o linalol também foi majoritário (77,1%), seguido do eugenol (7,7%) e 1,8-cineol (5,8%). Os compostos borneol, geraniol e alfa-epi-cadinol foram identificados no hidrolato da var. *Minimum* e tiveram % semelhante ao hidrolato M3 descrito neste estudo.

No geral, os fatores que podem explicar as diferenças na composição química dos hidrolatos são a genética das plantas, local e manejo do cultivo. Além desses fatores, tipo de secagem e de destilação, exemplo, uso de temperatura elevada podem alterar o perfil dos voláteis original por meio da oxidação e/ou degradação dos compostos por serem termolábeis (FRANCO; JANZANTTI, 2004). Compostos como o linalol pode sofrer degradação durante a destilação à vapor (até 60%), no qual foi o processo de obtenção dos hidrolatos comerciais analisados neste estudo (JERKOVIĆ; KUS; CARBONELL-BARRACHINA, 2019; SADOWSKA *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2016). Vários estudos relataram que a alta temperatura, meio aquoso, pH ácido (5,5-6,5) e extenso período de extração durante a destilação do óleo essencial de lavanda, podem ter levado à degradação térmica ou hidrolítica do linalol e seu acetato (APROTOSOAIÉ *et al.*, 2017; BABU; SINGH, 2010; DANH *et al.*, 2013; PÉRINO-ISSARTIER *et al.*, 2013).

## 5.2 Perfil de voláteis dos hidrolatos de capim-limão comerciais

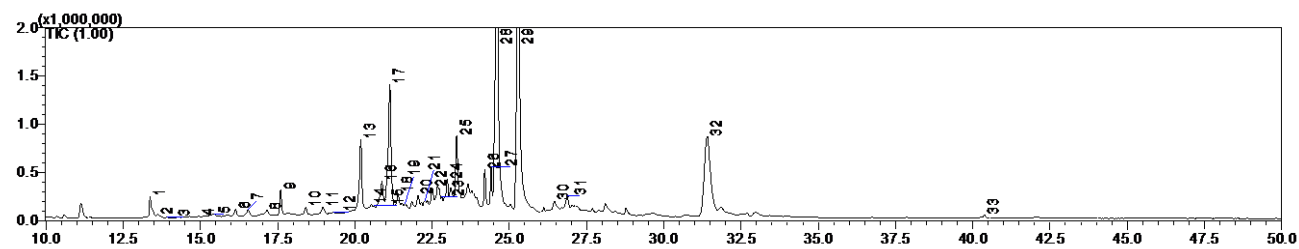
As Figuras 15 e 16 mostram os cromatogramas dos compostos voláteis dos hidrolatos de capim-limão comerciais. A Tabela 2 apresenta os compostos voláteis identificados nos hidrolatos de capim-limão comerciais CL1 e CL2.

Figura 15 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato de capim-limão (CL1) comercial



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 - Cromatograma referente aos compostos voláteis do hidrolato de capim-limão (CL2) comercial



Fonte: Elaborado pelo autor

A numeração em comum dos compostos voláteis corresponde aos cromatogramas apresentados nas Figuras 15 e 16 e Tabela 2. Trinta e três picos foram detectados/identificados nos dois hidrolatos de capim-limão comerciais (Tabela 2), sendo que em alguns picos são misturas de compostos voláteis. Dentre os compostos identificados, a classe química predominante foi a de terpenos, como esperado.

Nos hidrolatos CL1 e CL2, os picos/compostos voláteis de maior % de área foram uma mistura de 2 terpenos e o acetato de 6-isopropil-3-metil-1-ciclohexen-1-ila. Houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos compostos voláteis majoritários nos dois hidrolatos de capim-limão comerciais. Semelhanças no perfil de voláteis dos hidrolatos de capim-limão comerciais deste estudo de diferentes procedências ocorreram.

O hidrolato CL1 foi descrito como odor de grama, mato e terra enquanto o hidrolato CL2 foi descrito como odor de mato, terra e eucalipto; termos associados a presença de terpenos nas amostras (ACREE; ARN, 2004).

Pinto *et al.* (2015) analisaram a composição química e atividade inseticida do óleo de capim-limão obtidos no Brasil e Cuba, ambos apresentaram geranial como composto majoritário (51,14-53,2%), seguido de neral (35,21-36,37%) e geraniol (2,23-2,66%). Em estudo recente do óleo de capim-limão, Li *et al.* (2021) relataram o composto majoritário citronela (38,16%), seguido do geraniol (19,39%), citronelol (17,18%) e d-limoneno (5,16%); Riyanto *et al.* (2022) também relataram a citronela (56,96%) como majoritário, seguido de geraniol (17,81%) e beta-citronelol 13,72%. Em outros relatos científicos, os compostos majoritários do óleo de capim-limão foram citral, além do mirceno e limoneno (CANNON *et al.*, 2013; GONZALES *et al.*, 2020; HANAA *et al.*, 2012; PLATA-RUEDA *et al.*, 2020).

Diferenças no perfil de voláteis entre o óleo essencial e o hidrolato de capim-limão foi descrito por Rodrigues *et al.* (2022). No hidrolato de capim-limão proveniente de Portugal e extraído por destilação à vapor, o isômero geranial foi o composto majoritário, seguido do isômero neral e ácido gerânico.

Comparando os resultados da composição química dos hidrolatos com a composição dos óleos essenciais de capim-limão descritos na literatura, os resultados mostram que o geranial e neral não foram os compostos majoritários neste estudo. O neral estava presente em pequena quantidade.

Tabela 2 - Compostos voláteis dos hidrolatos de capim-limão (CL1 e CL2) comerciais

Pico	IR exp	IR lit	Nome do Composto	Hidrolato CL1	Hidrolato CL2
1	975	992	2,3-deidro-1,8-cineole + ni	2,48a ± 0,64	1,54a ± 0,38
2	982	ne	tetraidro-2,2-dimetil-5-(1-metilpropil)-furano+ ni	0,24a ± 0,01	0,22a ± 0,08
3	988	984	2-octanol	0,06a ± 0,02	nd - 0,01
4	1020	1030	eucaliptol	0,10a ± 0,03	tr
5	1035	1050	fenil acetaldéido	tr - 0,07	0,15a ± 0,05
6	1054	1032	3-metileno-2,6-heptanediona	0,38a ± 0,09	0,40a ± 0,07
7	1066	1070	óxido de <i>cis</i> -linalol (piranoide)	0,45a ± 0,09	0,49a ± 0,23
8	1084	1077	óxido de <i>cis</i> -linalol (furanoide)	0,58a ± 0,07	0,53a ± 0,18
9	1096	1100	linalol	0,16b ± 0,01	1,18a ± 0,62
10	1120	1113	<i>cis</i> -p-menta-2,8-dien-1-ol	0,22b ± 0,02	0,45a ± 0,18
11	1136	1131	<i>trans</i> -p-menta-2,8-dienol	0,25b ± 0,02	0,50a ± 0,18
12	1145	-	ni	0,13a ± 0,01	0,06b ± 0,02
13	1171	1168	alfa-felandren-8-ol	2,86b ± 0,30	4,61a ± 1,18
14	1180	1181	terpinen-4-ol	tr - 0,11	0,16a ± 0,09
15	1182	1197	<i>cis</i> -carveol	nd - tr	0,10a ± 0,06
16	1190	1185	p-Cimen-8-ol	1,38a ± 0,24	2,17a ± 0,56
17	1198	-	ni (mistura de 2 terpenos)	7,43a ± 1,04	9,60a ± 2,09
18	1205	1210	isopiperitenol	0,31a ± 0,06	0,59a ± 0,20
19	1212	1216	<i>trans</i> -carveol	tr - 0,04	0,09a ± 0,05
20	1224	1228	<i>cis</i> -isopiperitenol	0,26a ± 0,13	0,62a ± 0,22
21	1233	1233	nerol	0,08a ± 0,05	0,22a ± 0,13
22	1238	1237	2,6-dimetil-7-octene-2,6-diol	0,47a ± 0,12	0,57a ± 0,20
23	1246	1247	neral	0,08a ± 0,03	0,17a ± 0,10
24	1253	1254	carvona	0,15a ± 0,00	0,40a ± 0,43
25	1260	1276	geraniol	1,60b ± 0,50	3,65a ± 0,99

26	1286	ne	óxido de epoxilinalol ( <i>cis</i> ou <i>trans</i> )	2,14a ± 0,60	1,52a ± 0,29
27	1292	ne	óxido de epoxilinalol ( <i>cis</i> ou <i>trans</i> )	1,52a ± 0,87	1,57a ± 0,15
28	1298	1303	acetato de 6-isopropil-3-metil-1-ciclohexen-1-ila	31,71a ± 0,98	25,07b ± 1,45
29	1319	-	ni (mistura de 2 terpenos)	35,01a ± 1,56	26,95b ± 3,26
30	1354	1343	limoneno-1,2-diol	0,14a ± 0,03	0,72a ± 0,15
31	1366	1364	eugenol	0,86a ± 0,12	0,95a ± 0,13
32	1510	1424	8-hidroxicarvotanacetona (=hidrato de carvona)	8,82a ± 0,70	10,56a ± 2,18
33	1824	1822	proximadiol (=criptomeridiol)	0,20a ± 0,02	0,15b ± 0,02

IRlit = Índice de Retenção da literatura (ACREE; ARN, 2004; PUBCHEM, 2022). IR exp. = Índice de Retenção experimental. ne ou - = não encontrado; nd= não detectado; ni = não identificado; tr= traços (área ≤ 10000). % área = Média ± desvio padrão, n=3. Médias com letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente (p ≤ 0,05) pelo teste de t de Student.

Fonte: Elaborado pelo autor

A degradação dos compostos voláteis pode influenciar a qualidade sensorial do óleo essencial (YANG *et al.*, 2016). Essa degradação pode ocorrer através de diferentes vias que são classificadas em degradação oxidativa; clivagem da ligação C-C; eliminação; hidrólise e rearranjo (MAHANTA *et al.*, 2021). Os monoterpenos, principais compostos dos óleos essenciais, consistem em duas unidades de isopreno ligadas, podem ser ciclizados e oxidados de diversas formas (PAULINO *et al.*, 2022; XU *et al.*, 2021).

A combinação dos dois isômeros geranial e neral resulta no citral, composto majoritário em óleo essencial de capim-limão (CANNON *et al.*, 2013; GONZALES *et al.*, 2020; PINTO *et al.*, 2015; PLATA-RUEDA *et al.*, 2020). O citral é quimicamente instável e se degrada rapidamente durante o armazenamento em pH ácido e sob estresse oxidativo, levando à formação de compostos que produzem sabor e odor indesejáveis, principalmente p-metilacetofenona e p-cresol (KIMURA *et al.*, 1983; SCHIEBERLE; GROSCH, 1988; UENO; MASUDA; HO, 2004; YANG *et al.*, 2011). Além disso, o citral não é totalmente solúvel em água, e se degrada ao longo do tempo em soluções aquosas devido a reações oxidativas e catalisados por ácido, levando à perda do sabor característico (MASWAL; DAR, 2014). Em meio ácido, o citral é ciclizado a isopiperitol, composto já identificado em hidrolato de capim-limão (AJAYI; SADIMENKO; AFOLAYAN, 2016). O geranial pode passar por isomerização *cis-trans* para produzir neral, e o neral faz o mesmo. Além disso, pelas características do neral, este composto pode sofrer ciclização para formar álcoois monoterpênicos, como p-menthandien-8-ol e p-menthadien-4-ol, que em seguida são transformados em compostos com odor desagradável (PARK; HONG; CHOI, 2015). Neste estudo, supõe-se que os compostos geranial e neral foram degradados, já que os compostos voláteis presentes no hidrolato estão dispersos em água, possibilitando sua degradação.

A degradação química de um composto lábil, como o citral, pode ser alterada quando incorporado em dispersões coloidais, como microcápsulas, micelas e emulsões, pois ele e outros compostos se dividem em diferentes ambientes físico-químicos, no caso a fase aquosa, fase oleosa e região interfacial (CHOI *et al.*, 2010; KIM; SONG; CHOI, 2019; PARK; HONG; CHOI, 2015).

Houve diferenças na composição dos hidrolatos de manjeriço e de capim-limão comerciais analisados neste estudo em comparação aos óleos essenciais descritos na literatura, com ênfase nos hidrolatos de capim-limão.

A composição e rendimento do óleo essencial e do hidrolato dependem de diversos fatores bióticos e abióticos, sendo os fatores estressores (excesso de luz e estresse hídrico) e genética da planta os mais importantes. Outros fatores como a obtenção do óleo essencial e do hidrolato e a solubilidade dos compostos voláteis na matriz também afetam no perfil de voláteis.

## 6 CONCLUSÃO

Trinta e um compostos voláteis foram detectados/identificados nos três hidrolatos de manjeriço comerciais. Em dois hidrolatos de manjeriço comerciais o eugenol foi o majoritário, enquanto em outro hidrolato, o linalol foi majoritário.

Nos hidrolatos de capim-limão comerciais, os picos/compostos voláteis de maior % de área foram uma mistura de 2 terpenos e o acetato de 6-isopropil-3-metil-1-ciclohexen-1-ila.

## REFERÊNCIAS

AAZZA, S.; LYOUSSI, B.; MIGUEL, M. G. Antioxidant activity of some Moroccan hydrosols. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n. 30, p. 6688-6696, 2011. DOI 10.5897/JMPR11.1176. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text-pdf/B3AC62824364>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ABDULAZEEZ, M. A.; ABDULLAHI, A. S.; JAMES, B. D. *Lemongrass (Cymbopogon spp.)*. oils. In: PREEDY, V. R. (ed.). **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. Cambridge: Academic Press; 2015. p. 509-516. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books/essential-oils-in-food-preservation-flavor-and-safety/preedy/978-0-12-416641-7>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ABDULLAH, S. M. *et al.* Assessment of *Ocimum basilicum* as potentially fruit flies attractant. **Journal of Agronomy Research**, Valley Cottage, v. 2, n. 4, p. 34, 2020. DOI <https://doi.org/10.14302/issn.2639-3166.jar-20-3250>. Disponível em: <https://openaccesspub.org/jar/article/1321>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ABOU EL-SOUD, N. H. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of *Ocimum basilicum* L. essential oil. **Journal of Medical Sciences**, Peshawar, v. 3, n. 3, p. 374, 2015. DOI <https://doi.org/10.3889/oamjms.2015.082>. Disponível em: 2015.082.

em: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/oamjms.2015.082>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ACREE, T.; ARN, H. **Flavornet**. Geneva, N. Y, 2004. Disponível em: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>. Acesso em: 21 dez 2022.

ADHIKARI, S.; BANDOPADHYAY, T. K.; GHOSH, P. D. Assessment of genetic diversity of certain Indian elite clones of *Cymbopogon* species through RAPD analysis. **Indian Journal of Biotechnology**, New Delhi, v. 12, p. 109-114, 2013. Disponível em: <http://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/16529/1/IJBT%2012%281%29%20109-114.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AHMAD, A. *et al.* *In vitro* synergy of eugenol and methyleugenol with fluconazole against clinical *Candida* isolates. **Journal of Medicinal Microbiology**, Edinburgh, v. 59, n. 10, p. 1178-1184, 2010. DOI <https://doi.org/10.1099/jmm.0.020693-0>. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/jmm/10.1099/jmm.0.020693-0>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AHMAD, K. *et al.* Antifungal, phytotoxic and hemagglutination activity of methanolic extracts of *Ocimum basilicum*. **Journal of Traditional Chinese Medicine**, Beijing, v. 36, p. 794-798, 2016. DOI [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30017-1](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30017-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254627217300171?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AJAYI, E. O.; SADIMENKO, A. P.; AFOLAYAN, A. J. GC-MS evaluation of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf oil obtained using modified hydrodeistillation and microwave extraction methods. **Food Chemistry**, London, v. 209, p. 262-266, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.071>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616305970?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ALMEIDA, N. A. Óleos Essenciais e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia: uma aplicação da matriz de importância e desempenho. **Reflexões Econômicas**, v. 2, n. 2, p. 136-158, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uesc.br/index.php/reflexoeseconomicas/article/view/1290/1212>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ALVES, L. L. *et al.* Atividade alelopática de extratos aquosos de plantas medicinais na germinação de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais = Brazilian Journal of Medicinal Plants**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 328-336, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000300012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/7KCCVZ7vtCCHXVsPYZ4QJZG/?lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AMINI, J. *et al.* Antifungal effect of plant essential oils on controlling *Phytophthora* species. **The Plant Pathology Journal**, Seoul, v. 32, p. 16-24, 2016. DOI <https://doi.org/10.5423/ppj.oa.05.2015.0091>. Disponível em: <https://www.ppjonline.org/journal/view.php?id=10.5423/PPJ.OA.05.2015.0091>. Acesso em: 21 dez. 2022.

APROTOSOAIE, A. C. *et al.* Essential oils of *Lavandula* genus: A systematic review of their chemistry. **Phytochemistry Reviews**, Amsterdam, v. 16, p. 761-799, 2017. DOI [10.1007/s11101-017-9517-1](https://doi.org/10.1007/s11101-017-9517-1). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-017-9517-1> Acesso em: 21 dez. 2022.

AQUINO, L. C. L. *et al.* Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de erva-cidreira e manjeriço frente a bactérias de carnes bovinas. **Alimentos e Nutrição = Brazilian Journal of Food and Nutrition**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 529-535, 2010. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/1525/1/AtividadeAntimicrobianaManjericao.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AROUJALIAN, A.; RAISI, A. Recovery of volatile aroma components from orange juice by pervaporation. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 303, p. 154-161, 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.07.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738807004735?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ASHFAQ, S. *et al.* Medicinal plant biodiversity used among the rural communities of arid regions of northern Punjab, Pakistan. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [S. l.], v. 81, n. 2, p. 226-241, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/297999277.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

AVOSEH, O. *et al.* *Cymbopogon* species; ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. **Molecules**, Basel, v. 20, p. 7438-7453, 2015. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules20057438>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/20/5/7438>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BABU, K. G. D.; SINGH, B. Characteristics variation of lavender oil produced by different hydrodistillation techniques. **Comprehensive bioactive natural products: Quality control & standardization**. Studium Press, New Delhi, p. 122-136, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232957741\\_Characteristics\\_Variation\\_of\\_Lavender\\_Oil\\_Produced\\_by\\_Different\\_Hydrodistillation\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/232957741_Characteristics_Variation_of_Lavender_Oil_Produced_by_Different_Hydrodistillation_Techniques). Acesso em: 21 dez. 2022.

BAHADUR, S. *et al.* Traditional usage of medicinal plants among the local communities of Peshawar valley, Pakistan. **Acta Ecologica Sinica**, Amsterdam, v. 40, n. 1, p. 1-29, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.12.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1872203218302282?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, ed. 2, p. 446-475, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691507004541?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BALDIM, J. L. *et al.* The synergistic effects of volatile constituents of *Ocimum basilicum* against foodborne pathogens. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 112, p. 821-829, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669017308312?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BALTI, M. A. *et al.* Lab-scale extraction of essential oils from Tunisian lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*). **Chemical Engineering & Processing: Process Intensification = Génie des Procédés = Verfahrenstechnik**, Lausanne, v. 124, p. 164-173, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cep.2017.12.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270117306165?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BARBOSA, L. N. *et al.* Essential oils from herbs against foodborne pathogens in chicken sausage. **Journal of Oleo Science**, Tokyo, v. 64, n. 1, p. 117-124, 2015. DOI <https://doi.org/10.5650/jos.ess14163>. Disponível em: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos/64/1/64\\_ess14163/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos/64/1/64_ess14163/_article). Acesso em: 21 dez. 2022.

BARCELOS, R. *et al.* Identification and quantification of the major fungitoxic components of the Brazilian basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Journal of Food Research**, Toronto, v. 2, n. 5, 2013. DOI <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n5p124>. Disponível em: <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jfr/article/view/30229>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. (Eds.) **Handbook of essential oils: Science, technology, and applications**. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. DOI <https://doi.org/10.1201/b19393>. Disponível em:

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b19393/handbook-essential-oils-husnu-baser-gerhard-buchbauer> Acesso em: 21 dez. 2022.

BASTOS, D. H. M. *et al.* Composição de voláteis e perfil sensorial de méis de eucalipto e laranja produzidos nos estados de São Paulo e de Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos = Food Science and Technology**, Campinas, v. 20, p. 122-129, 2002. DOI <https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000200004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/qkGTMxKbFdPpVvKCP69xrZLx/?lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BELABBES, R. *et al.* Chemical variability, antioxidant and antifungal activities of essential oils and hydrosol extract of *Calendula arvensis* L. from Western Algeria. **Chemistry & biodiversity**, Hoboken, v. 14, n. 5, p. 1-14, 2017. DOI <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600482>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.201600482>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BEN SALHA, G.; ABDERRABBA, M.; LABIDI, J. A status review of terpenes and their separation methods. **Reviews in Chemical Engineering**, London, v. 37, n. 3, p. 433-447, 2019. DOI <https://doi.org/10.1515/revce-2018-0066>. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/revce-2018-0066/html>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BENATO, E. A. *et al.* Essential oils and thermal treatment in the postharvest control of green mold in *Orange*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, p. 65-71, 2018. DOI <https://doi.org/10.1590/0100-5405/175659>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/kLKNhG4Mdm8cg7pyMCDN9tm/?lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003.

BEUCHLE, R. *et al.* Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, Oxford, v. 58, p. 116-127, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622815000284?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BEZERRA, D. P. *et al.* The Dual Antioxidant/Prooxidant Effect of Eugenol and Its Action in Cancer Development and Treatment. **Nutrients**, Basel, v. 9, n. 12, p. 1367, 2017. DOI <https://doi.org/10.3390/nu9121367>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/12/1367>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BHATTACHARJEE, C.; SAXENA, V. K.; DUTTA, S. Fruit juice processing using membrane technology: A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 43, p. 136-153, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856417304204?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BILAL, A. *et al.* Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum* linn: A review. **International Journal of Current Research and Review**, Nagpur, v. 4, v. 23, 2012. Disponível em: [http://inamdarunanimedicalcollegeandhospital.org/CustomDocuments/Publications/Dr\\_Ajij/1.pdf](http://inamdarunanimedicalcollegeandhospital.org/CustomDocuments/Publications/Dr_Ajij/1.pdf). Acesso em: 20 dez 2022.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QwJBsdNzGmZSq4jKmhVVDnJ/?lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BLANK, A. F. *et al.* Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 113-116, jan./mar. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/sWx4WLMBxHPQTKM7Y6ZDmrB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BONFERONI, M. C. *et al.* A novel ionic amphiphilic chitosan derivate as a stabilizer of nanoemulsions: Improvement of antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* essential oil. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 152, p. 385-392, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2017.01.043>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776517300620?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez 2022.

BOUKHATEM, M. N. *et al.* Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oils as a potent anti-inflammatory and antifungal drugs. **Libyan Journal of Medicine**, Boca Raton, v. 9, p. 1-10, 2014. DOI <https://dx.doi.org/10.3402%2FIjm.v9.25431>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/ljm.v9.25431>. Acesso em 20 dez. 2022.

BOUVIER-BROWN, N. C. *et al.* Large emissions of sesquiterpenes and methyl chavicol quantified from branch enclosure measurements. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 43, p. 389-401, 2009. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.08.039>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223100800798X?via%3DiHub>. Acesso em: 20 dez. 2022.

BRAGA, CRISTINA. **Capim limão (*Cymbopogon citratus*)**. Disponível em: <https://www.floresefolhagens.com.br/capim-limao-cymbopogon-citratus/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

BRIAN, T. S.; IKHLAS, A. K. Comparison of extraction methods for marker compounds in the essential oil of lemon grass by GC. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 6, p. 1345-1349, 2002. DOI <https://doi.org/10.1021/jf011078h>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf011078h>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CANNON, J. B. *et al.* Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 41, p. 214-220, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669012002117?via%3DiHub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CAROVIĆ-STANKO, K. *et al.* Composition and antibacterial activities of essential oils of several *Ocimum* taxa. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 1, p. 196-201, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609008073?via%3DiHub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CARVALHO, K. R. *et al.* Chemotyping the medicinal herb *Egletes viscosa* through SPME-GC-MS. **Microchemical Journal**, Amsterdam, v. 168, p. 1-8, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106434>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X2100518X?via%3DiHub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CASSEL, E. *et al.* Steam distillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 29, p. 171-176, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669008000861?via%3DiHub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CASTRO, L. O.; CHEMALE, V. M. **Plantas medicinais, condimentares e aromáticas – descrição e cultivo**. Guaíba: Agropecuária, 1995.

CASTRO-MUÑOZ, R. Pervaporatin: the emerging technique for extracting aroma compounds from food systems. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 253, p. 27-39, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.02.013>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877419300597?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CHAMCHAN, P. *et al.* Formulation of reduced sugar herbal ice cream using lemongrass or ginger extract. **British Food Journal**, Bradford, v. 119, n. 10, p. 2172-27182, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.1108/BFJ-10-2016-0502>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-10-2016-0502/full/html>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CHO, S. *et al.* Linalool reduces the expression of 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase via sterol regulatory element binding protein-2-and ubiquitin-dependent mechanisms. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 585, n. 20, p. 3289-3296, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2011.09.012>. Disponível em: <https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1016/j.febslet.2011.09.012>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CHOI, S. J. *et al.* Inhibition of citral degradation in model beverage emulsions using micelles and reverse micelles. **Food Chemistry**, v. 122, p. 111-116, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610001895?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

CRESPO, J. G.; BRAZINHA, C. Fundamentals of pervaporations. *In: Pervaporation, Vapour Permeation and Membrane Distillation: Principles and Applications*. Elsevier Ltd, 2015. Capítulo 1, p. 3-17. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-246-4.00001-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782422464000015?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2022.

D'AMATO, S. *et al.* Hydrosols: Biological activity and potential as antimicrobials for food applications. **Food Control**, Guildford, v. 86, p. 126-137, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713517305157?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DANH, L. T. *et al.* Comparison of chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of lavender (*Lavandula augustifolia* L.) essential oils extracted by supercritical CO<sub>2</sub>, hexane and hydrodistillation. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 3481-3489, 2013. DOI <https://doi.org/10.1007/s11947-012-1026-z>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-1026-z>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DAS, B. *et al.* Eugenol provokes ROS-mediated membrane damage-associated antibacterial activity against clinically isolated multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* strains. **Infectious Diseases: research and Treatment**, London, v. 9, p. 11-19, 2016. DOI <https://doi.org/10.4137/idrt.s31741>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.4137/IDRT.S31741>. Acesso em: 20 dez. 2022.

DAWIEC-LIŚNIEWSKA, A.; PODSTAWCZYK, D.; WITEK-KROWIAK, D. Concentration of fruit juice aroma compound from model multicomponent solution and natural apple juice hydrolate: optimization and modeling by design of experiment. **Journal of Food Process Engineering**, Hoboken, v. 41, p. 1-10, 2018. DOI <https://doi.org/10.1111/jfpe.12669>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpe.12669>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DAWIEC-LIŚNIEWSKA, A. *et al.* Concentration of natural aroma compounds from fruit juice hydrolates by pervaporation in laboratory and semi-technical scale. Part 1. Base study. **Food Chemistry**, London, v. 258, p. 63-70, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618304400?via%3Di> hub. Acesso em: 21 dez. 2022.

DEGENHARDT, J.; KOLLNER, T. G.; GERSHENZON, J. Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. **Phytochemistry: chemistry, biochemistry, molecular biology**, Oxford, v. 70, p. 1621-1637, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.07.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942209003057?via%3Di> hub. Acesso em: 21 dez. 2022.

DE GROOT, A.; SCHIMIDT, E. Essential oils: part V: peppermint, lavender oil and lemongrass oil. **Dermatitis**, Milwaukee, v. 27, p. 325-332, 2016. DOI <https://doi.org/10.1097/der.0000000000000218>. Disponível em: [https://journals.lww.com/dermatitis/Abstract/2016/11000/Essential\\_Oils,\\_Part\\_V\\_\\_\\_Peppermint\\_Oil,\\_Lavender.3.aspx](https://journals.lww.com/dermatitis/Abstract/2016/11000/Essential_Oils,_Part_V___Peppermint_Oil,_Lavender.3.aspx). Acesso em: 21 dez. 2022.

DE SOUSA, D. P. *et al.* Anticonvulsant activity of the linalool enantiomers and racemate: investigation of chiral influence. **Natural Product Communication**, New York, v. 5, n. 12, p. 1874-1851, 2010. DOI <https://doi.org/10.1177/1934578X1000501201>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1934578X1000501201>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DE VINCENZI, M. *et al.* Constituents of aromatic plants: II. Estragole. **Fitoterapia**, Milano, v. 71, p. 725-729, 2000. DOI [https://doi.org/10.1016/s0367-326x\(00\)00153-2](https://doi.org/10.1016/s0367-326x(00)00153-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X00001532?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DI VITO, M. *et al.* Is the antimicrobial activity of hydrolates lower than that of essential oils? **Antibiotics**, Beijing, v. 10, p. 1-15, 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010088>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/1/88>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DI VITO, M. *et al.* *Monarda citriodora* hydrolate vs essential oil comparison in several anti-microbial applications. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 128, p. 206-212, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018309749?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DJOUAHRI, A.; BOUDARENE, L.; MEKLATI, B. Y. Effect of extraction method on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oil from the leaves of Algerian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 44, p. 32-36, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669012005730?via%3Dihub>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DRASAR, P. B.; KHRIPACH, V. A. **Terpenes and Terpene Derivatives**. Basel: MDPI, 2021. DOI <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2136-7>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/books/book/4443>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DREGER, M.; WIELGUS, K. Application of essential oils as natural cosmetic preservatives. **Herba Polonica**, Poznan, v. 59, n. 4, p. 142-156, 2013. DOI <https://doi.org/10.2478/hepo-2013-0030>. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/hepo-2013-0030>. Acesso em: 21 dez. 2022.

DUDAREVA, N. *et al.* Biosynthesis, function and metabolic engineering of volatile organic compounds. **New Phytologist**, Cambridge, v. 198, p. 16-32, 2013. DOI <https://doi.org/10.1111/nph.12145>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12145>. Acesso em: 21 dez. 2022.

ECIRTEC. **Extração por arraste de vapor 15 litros**. Disponível em: <https://ecirtec.com.br/equipamentos/extrator-de-oleo-essencial-folhas/>. Acesso em 21 dez. 2022.

EKPENYONG, C. E.; AKPAN, E. E. Use of *Cymbopogon citratus* essential oil in food preservation: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 57, n. 12, p. 2541-2559, 2017. DOI <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1016140>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2015.1016140>. Acesso em: 21 dez. 2022.

EKPENYONG, C. E.; AKPAN, E.; NYOH, A. Ethnopharmacology, phytochemistry, and biological activities of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf extracts. **Chinese Journal of Natural Medicines**, Tongxiang, v. 13, p. 321-337, 2015. DOI [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(15\)30023-6](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(15)30023-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875536415300236?via%3Di> hub. Acesso em: 21 dez. 2022.

ETTRE, L. S. The Kováts retention index system. **Analytical Chemistry**, Washington, D. C., v. 36, p. 31A-41A, 1964.

FARAG, N. F. *et al.* Characterization of essential oils from *Myrtaceae* species using ATR-IR vibrational spectroscopy coupled to chemometrics. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 124, p. 870-877, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.066>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901830671X?via%3Di> ihub. Acesso em: 21 dez. 2022.

FATTAH, S. M. A. *et al.* The use of *lemongrass* extracts as antimicrobial and Food Additive potential in yoghurt. **Journal of American Science**, v. 6, 2010. Disponível em: [http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0611/91\\_3965am0611\\_582\\_594.pdf](http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0611/91_3965am0611_582_594.pdf). Acesso em: 21 dez. 2022.

FAVORITO, P. A. *et al.* Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Botucatu (SP): Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, p. 582-586, 2011. Edição especial. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000500013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/GggCGCMWJjZTfc355ghDTwQ/?lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2022.

FERRAZ, C. A. *et al.* Chemical profile and eco-safety evaluation of essential oils and hydrolates from *Cistus ladanifer*, *Helichrysum italicum*, *Ocimum basilicum* and *Thymbra capitata*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 175, p. 1-8, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114232>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669021009973?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

FIGOLI, A. *et al.* Evaluation of pervaporation process of kiwifruit juice by SPME-GC/ion trap mass spectrometry. **Desalination**, Amsterdam, v. 250, p. 1113-1117, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.120>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916409011527?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. *In*: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Editora Varela, 2004, p. 17-28.

FURIAN, PETER HERMES. Fórmula química do estragole metil-chavicol e estrutura esquelética. 1414x2121px. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/f%C3%B3rmula-qu%C3%ADmica-do-estragole-metil-chavicol-e-estrutura-esquel%C3%A9tica-tamb%C3%A9m-o-pallylanisole-ou-metilchavicol-%C3%A9-um-componente-image236142881>. Acesso em: 23 dez. 2022.

GARCEZ, J. J. **Obtenção do extrato volátil de sementes de *Anethum graveolens* L. por diferentes técnicas extrativas**. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10923/9535>. Acesso em: 19 dez. 2022

GARZOLI, S. *et al.* *Lavandula x intermedia* essential oil and hydrolate: Evaluation of chemical composition and antibacterial activity before and after formulation in nanoemulsion. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 145, p. 1-9, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112068>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669019310787?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

GHOSH, K. Anticancer effect of lemongrass oil and citral on cervical cancer cell lines. **Pharmacognosy Communications**, v. 3, p. 41-48, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Kavisa-Ghosh/publication/265842609\\_Anticancer\\_effect\\_of\\_lemongrass\\_oil\\_and\\_citral\\_on\\_cervical\\_cancer\\_cell\\_lines/links/5bcc2cbd458515f7d9ce37ee/Anticancer-effect-of-lemongrass-oil-and-citral-on-cervical-cancer-cell-lines.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kavisa-Ghosh/publication/265842609_Anticancer_effect_of_lemongrass_oil_and_citral_on_cervical_cancer_cell_lines/links/5bcc2cbd458515f7d9ce37ee/Anticancer-effect-of-lemongrass-oil-and-citral-on-cervical-cancer-cell-lines.pdf). Acesso em: 21 dez. 2022.

GÖKÇE, Y. *et al.* Influence of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) extract and essential oil on hyperlipidemia and oxidative stress in rats fed high-cholesterol diet. **Food Bioscience**, Amsterdam, v. 43, p. 1-9, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101228>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221003539?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

GOMES, E. C.; NEGRELLE, R. R. B. Análise da cadeia produtiva do capim limão: estudo de caso. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 201-209, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/1983-084X/10\\_077](https://doi.org/10.1590/1983-084X/10_077). Acesso em: 22 dez. 2022.

GONZALES, A. P. P. F. *et al.* Anthelmintic efficacy of *Cymbopogon citratus* essential oil (*Poaceae*) against monogenean parasites of *Colossoma macropomum* (*Serrasalmidae*), and blood and histopathological effects. **Aquaculture**: an introduction journal devoted to fundamental aquatic food resources, Amsterdam, v. 528, p. 1-8, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735500>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848620304592?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

GUEDES, J. B. *et al.* *Eugenia gracillima* essential oil has pharmaceutical applications in pain and inflammation without toxic effects in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v. 303, p. 1-9, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115941>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874122009801?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

HAMDI, A. *et al.* Phytotoxic activities of essential oils and hydrosols of *Haplophyllum tuberculatum*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 97, p. 440-447, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.053>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016308834?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

HAMOODY, A. H. M.; ABOOD, J. N.; DHEEB, B. I. The synergistic effect of fungus filter *Aspergillus terreus* and aqueous extract of *Fucus vesiculosus* on some growth characteristics of the *ocimum basilicum* and its content of active substances. **EurAsian Journal of BioSciences**, [S. l.], v. 14, p. 161-166, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339600195\\_The\\_synergistic\\_effect\\_of\\_fungus\\_filter\\_Aspergillus\\_terreus\\_and\\_aqueous\\_extract\\_of\\_Fucus\\_vesiculosus\\_on\\_some\\_growth\\_characteristics\\_of\\_the\\_ocimum\\_basilicum\\_and\\_its\\_content\\_of\\_active\\_substances](https://www.researchgate.net/publication/339600195_The_synergistic_effect_of_fungus_filter_Aspergillus_terreus_and_aqueous_extract_of_Fucus_vesiculosus_on_some_growth_characteristics_of_the_ocimum_basilicum_and_its_content_of_active_substances). Acesso em: 22 dez. 2022.

HANAA, A. M. *et al.* Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods. **Annals of Agricultural Science**, Amsterdam, v. 57, p. 113-116, 2012. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.aoas.2012.08.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178312000267?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

HSU, C. C. *et al.* The inhibitory activity of linalool against the filamentous growth and biofilm formation in *Candida albicans*. **Medical Mycology**, London, v. 51, p. 473-482, 2013. DOI <https://doi.org/10.3109/13693786.2012.743051>. Disponível em: <https://academic.oup.com/mmy/article/51/5/473/952601>. Acesso em: 22 dez. 2022.

HUANG, A. C.; OSBOURN, A. Plant terpenes that mediate below-ground interactions: prospects for bioengineering terpenoids for plant protection. **Pest Management Science, Sussex**, v.75, p. 2368-2377, 2019. DOI <https://doi.org/10.1002/os.5410>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.5410>. Acesso em: 22 dez. 2022.

IJIMA, Y. *et al.* The biochemical and molecular basis for the divergent patterns in the biosynthesis of terpenes and phenylpropenes in the peltate glands of three cultivars of basil. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 136, v. 3, p. 3724-3736, 2004. DOI <https://doi.org/10.1104%2Fpp.104.051318>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/136/3/3724/6112502>. Acesso em: 22 dez. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION (ISO). **ISO 4720:2018**: essential oils: nomenclature. Geneva, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION (ISO). **ISO 9235:2013**: aromatic natural raw materials: vocabulary. Geneva, 2013.

ISHTIAQ, S. *et al.* Antioxidant potential and chemical characterization of bioactive compounds from a medicinal plant *Colebrokea oppositifolia* Sm. **Anais da Academia Brasileira de Ciências = Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 2, p. 1-15, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190387>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/PttFBrVCqS7gbnrTSfW8xtP/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

JAHANSHIRI, Z. *et al.* Inhibitory effect of eugenol on aflatoxin B1 production in *Aspergillus parasiticus* by downregulating the expression of major genes in the toxin biosynthetic pathway. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 31, p. 1071-1078, 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1857-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-015-1857-7>. Acesso em: 22 dez. 2022.

JAKUBCZYK, K.; TUCHOWSKA, A.; JANDA-MILCZAREK, K. Plant hydrolates: antioxidant properties, chemical composition and potential applications. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Amsterdam, v. 142, p. 1-7, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112033>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332221008167?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

JANZANTTI, N. S.; FRANCO, M. R. B.; LANÇAS, F. M. Identificação de compostos voláteis de maçãs (*Malus domestica*) cultivar Fuji, por cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos = Food Science and Technology**, Campinas, v. 20, p. 164-171, 2000. DOI <https://doi.org/10.1590/S0101-2061200000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/n8g3YZgsVbSvPQLBn5Q6nqy/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2022.

JAWDAT, D. *et al.* Essential oil profiling in callus of some wild and cultivated *Daucus genotypes*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 94, p. 848-855, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016306203?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

JERKOVIĆ, I.; KUS, P. M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. Volatile organic compounds as artefacts derived from natural phytochemicals sourced from plants and honey. **Phytochemistry Reviews**, Amsterdam, v. 18, p. 871-891, 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09621-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-019-09621-3>. Acesso em: 22 dez. 2022.

JÚNIOR, Dael. **Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/daeljunior/3104550163>. Acesso em: 21 dez. 2022.

JYOTI, G.; KESHAV, A.; ANANDKUMAR, J. Review on pervaporation: theory, membrane performance, and application to intensification of esterification reaction. **Journal of Engineering**, London, v. 2015, p. 1-24, 2015. DOI <https://doi.org/10.1155/2015/927068>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/je/2015/927068/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KAIPPAMANGALATH, N.; GOPALAKRISHNAPANICKER, U. Transport properties through polymer membranes. *In*: KAIPPAMANGALATH, N.; GOPALAKRISHNAPANICKER, U. **Transport properties of polymeric membranes**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 119-158. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809884-4.00008-2>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128098844000082?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

KAMATOU, G. P.; VERMAAK, I.; VILJOEN, A. M. Eugenol: from the remote Maluku Islands to the international market place: a review of a remarkable and versatile molecule. **Molecules**, Basel, v. 17, n. 6, p. 6953-6981, 2012. DOI

<https://doi.org/10.3390/molecules17066953>. Disponível em:  
<https://www.mdpi.com/1420-3049/17/6/6953>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KHAW, K. Y. *et al.* Solvent supercritical fluid technologies to extract bioactive compounds from natural sources: a review. **Molecules**, Basel, v. 22, p.1186, 2017. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules22071186>. Disponível em:  
<https://www.mdpi.com/1420-3049/22/7/1186>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KHORSHIDIAN, N. *et al.* Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 45, p. 62-72, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.020>. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856417303211?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

KIM; S. H.; SONG, H. Y.; CHOI, S. J. Influence of structural properties of emulsifiers on citral degradation in model emulsions. **Food Science and Biotechnology**, Amsterdam, v. 28, p. 701-710, 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0532-9>. Disponível em:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-018-0532-9>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KIMURA, K. *et al.* Deterioration mechanism of lemon flavor. 2. Formation mechanism of off-odor substances arising from citral. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Amsterdam, v. 31, p. 801-804, 1983. DOI <https://doi.org/10.1021/jf00118a030>. Disponível em:  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00118a030>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KLEIN, G.; RUBEN, C.; UPMANN, N. Antimicrobial activity of essential oil components against potential food spoilage microorganisms. **Current Microbiology**, New York, v. 67, p. 200-208, 2014. DOI <https://doi.org/10.1007/s00284-013-0354-1>. Disponível em:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00284-013-0354-1>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KPOVIESSI, B. G. H. K. *et al.* *In vitro* antitrypanosomal and antiplasmodial activities of crude extracts and essential oils of *Ocimum gratissimum* Linn from Benin and influence of vegetative stage. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v. 155, p. 1417-1423, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.07.014>. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874114005182?via%3Di> hub. Acesso em 21 dez. 2022.

KPOVIESSI, S. *et al.* Chemical composition, cytotoxicity and *in vitro* antitrypanosomal and antiplasmodial activity of the essential oils of four *Cymbopogon* species from Benin. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v. 151, n. 10, p. 652-659, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874113008210?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KULAK, M. *et al.* Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown under water stress conditions. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 161, p. 1-11, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113235>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020311523?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LABADIE, C. *et al.* Hydrosols of orange blossom (*Citrus aurantium*), and rose flower (*Rosa damascena* and *Rosa centifolia*) support the growth of a heterogeneous spoilage microbiota. **Food Research International**, Barking, v. 76, p. 576-586, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996915301009?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LABORQUIMI. **Aparelho de clevenger**. Disponível em: <https://www.laborquimi.com.br/aparelho-clevenger>. Acesso em 21 dez. 2022.

LAL, R. K. *et al.* Quantification of ursolic acid, correlations and contribution on by other traits towards accumulation of ursolic acid in six *Ocimum* species. **Trends in Phytochemical Research**, [S. l.], v. 1, p. 39-46, 2017. Disponível em: [https://tpr.shahrood.iau.ir/article\\_530404\\_40abbb891e00ff2acdac78912d36f0f.pdf](https://tpr.shahrood.iau.ir/article_530404_40abbb891e00ff2acdac78912d36f0f.pdf). Acesso em: 22 dez. 2022.

LANÇAS, F. M. **Fundamentos da cromatografia gasosa**. Campinas: Atomo, 2017.

LASTRA-BARREIRA, B. *et al.* Ruthenium (IV) catalysts for the selective estragole to trans-anethole isomerization in environmentally friendly media. **Green Chemistry**, Cambridge, v. 13, p. 307, 2011. DOI <http://dx.doi.org/10.1039/c0gc00417k>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/GC/C0GC00417K>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LAWRENCE, B.M. A further examination of the variation of *Ocimum basilicum* L. In: Lawrence, B.M.; Maokherjee, B.D.; Wills, B.J. (eds.): **Flavors and**

**fragrances:** a world perspective. Elsevier Sci. Publ. BV, Amsterdam, 1988, p. 161–170.

LEDESMA-ESCOBAR, C. A.; LUQUE DE CASTRO, M. D. Towards a comprehensive exploitation of citrus. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 63-75, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441400154X?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LEO LIRA, P. D. *et al.* Essential oil and by-products of distillation of bay leaves (*Laurus nobilis* L.) from Argentina. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 30, p. 259-264, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.04.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669009000788?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LI, C. *et al.* A comparative study on chemical compositions and biological activities of four essential oils: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, *Cinnamomum cassia* (L.) Presl, *Salvia japonica* Thunb. and *Rosa rugosa* Thunb. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v. 280, p. 1-10, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114472>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874121007017?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LINCK, V. M., *et al.* Effects of inhaled Linalool in anxiety, social interaction and aggressive behavior in mice. **Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology**, Jena, v. 17, p. 679-683, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.10.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944711309002578?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2 ed. Piracicaba: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008.

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 785-801, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011000380?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAGGIO, A. *et al.* Essential-oil variability in a collection of *Ocimum basilicum* L. (Basil) cultivars. **Chemistry & Biodiversity**, Hoboken, v. 13, p. 1357-1368, 2016. DOI <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600069>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.201600069>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAHANTA, B. P. *et al.* Thermolabile essential oils, aromas and flavours: Degradation pathways, effect of thermal processing and alteration of sensory quality. **Food Research International**, Amsterdam, v. 145, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110404>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996921003033?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAHDIEH, M.; TALEBI, S. M.; AKHANI, M. Intraspecific essential oil and anatomical variations of *Salvia nemorosa* L. (Labiatae) populations in Iran. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 123, p. 35-45, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.061>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018305703?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAHMOUD, E. *et al.* Determination of volatiles, antioxidant activity, and polyphenol content in the postharvest waste of *Ocimum basilicum* L. **Food Chemistry**, London, v. 375, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131692>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621026984?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAJEWSKA, E. *et al.* Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil: extraction, composition, bioactivity and uses for food preservations: a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Olsztyn, v. 69, n. 4, p. 327-341, 2019. DOI <https://doi.org/10.31883/pjfn/113152>. Disponível em: <http://journal.pan.olsztyn.pl/Lemongrass-Cymbopogon-citratus-essential-oil-extraction-composition-bioactivity-and,113152,0,2.html>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAKRI, O.; KINTZIOS, S. *Ocimum sp.* (basil): botany, cultivation, pharmaceutical properties and biotechnology. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Binghamton, v.13, p. 123–150, 2008. DOI [https://doi.org/10.1300/J044v13n03\\_10](https://doi.org/10.1300/J044v13n03_10). Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J044v13n03\\_10](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J044v13n03_10). Acesso em: 22 dez. 2022.

MARQUES, P. A. A. *et al.* Teores de nutrientes em folhas de manjeriço sob doses de potássio em colheitas sucessivas. **Brazilian Journal of Agriculture = Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 90, n. 3, p. 199-216, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.37856/bja.v90i3.209>. Disponível em: <http://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/209>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MARQUES, T. M.; SOUZA, F. M.; ESPINHEIRA, M. J. C. Revisão bibliográfica sobre os diferentes métodos de extração de óleo essencial. *In*: FARIA, A. N. de. (org.). **Princípios físico-químicos em farmácia**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 147-154. DOI 10.22533/at.ed.41319051113. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/revisao-bibliografica-sobre-os-diferentes-metodos-de-extracao-de-oleo-essencial>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MARTINO, L. de. *et al.* Variation in composition and bioactivity of *Ocimum basilicum* cv 'aroma 2' essential oils. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 172, p. 1-11, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114068>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669021008335?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

MARTINS, M. B. G. *et al.* Caracterização anatômica da folha de *Cymbopogon citratus* (CD) Stapf (*Poaceae*) e perfil químico do óleo essencial. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 6, n. 3, p. 20-29, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/67755>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MASWAL, M.; DAR, A. A. Formulation challenges in encapsulation and delivery of citral for improved food quality. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 37, p. 182-195, 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.035>.

MATIAS, E. F. *et al.* Seasonal variation, chemical composition and biological activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* DC (*Boraginaceae*) and the sabinene. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 87, p. 45-53, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016302400>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAURYA, R. *et al.* Investigation of monoterpenoids rich essential oils of two *Ocimum basilicum* L. varieties at different agro-climatic condition in India. **Acta Ecologia Sinica**, Amsterdam, v. 42, p. 1-10, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2020.11.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1872203220302213?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

MENDONÇA, L. A. B. M. *et al.* Toxicity and phytochemistry of eight species used in the traditional medicine of sul-mato-grossense, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 80, n. 3, p. 574-581, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/1519-6984.216406>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/wmTJqQzR5JWYqhw7PsfvXbm/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

METAQUÍMICA. **Eugenol.** Disponível em: <https://www.metaquimica.com/eugenol-100g-sigma-aldrich.html>. Acesso em: 21 dez. 2022.

MISZTAL, P. K. *et al.* Large estragole fluxes from oil palms in borneo. **Atmospheric Chemistry and Physics**, Munich, v. 10, p. 4343-4358, 2010. DOI <https://doi.org/10.5194/acp-10-4343-2010>. Disponível em: <https://acp.copernicus.org/articles/10/4343/2010/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MOHAMMED, A. B. A. *et al.* Chemical profile, antiproliferative, antioxidant and enzyme inhibition activities of *Ocimum basilicum* L. and *Pulicaria undulata* (L.) C.A. Mey. grown in Sudan. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 132, p. 403-409, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.06.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629920309431?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MORAIS, L. A. S. de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

MOTA, I. *et al.* Composition variation of the essential oil from *Ocimum basilicum* L. cv. *Genovese Gigante* in response to *Glomum intraradices* and mild water stress at different stages of growth. **Biochemical Systematic and Ecology**, Amsterdam, v. 90, p. 1-14, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305197819304752?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MUALA, W. C. B.; DESOBGO, Z. S. C.; JONG, N. E. Optimization of extraction conditions of phenolic compounds from *Cymbopogon citratus* and evaluation of phenolics and aroma profiles of extract. **Heliyon**, Amsterdam, v. 7, n.4, p. 1-10, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06744>. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(21\)00847-1?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021008471%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(21)00847-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021008471%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 22 dez. 2022.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Terpenos - Alcadienos importantes em nossa vida.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/terpenosalcadienos-importantes-nossa-vida.htm>. Acesso em 21 dez. 2022.

MURÁRIKOVÁ, A. *et al.* Characterization of essential oil composition in different basil species and pot cultures by a GC-MS method. **Molecules**, Basel, v. 22, p.

1221, 2017. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules22071221>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/7/1221>. Acesso em: 22 dez. 2022.

NAGABABU, E. *et al.* Assessment of antioxidant activity of eugenol *in vitro* and *in vivo*. **Methods in Molecular Biology**, Clifton, v. 610, p. 165-180, 2010. DOI [https://doi.org/10.1007/978-1-60327-029-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-60327-029-8_10). Disponível em: [https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-60327-029-8\\_10](https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-60327-029-8_10). Acesso em: 22 dez. 2022.

NAZIR, S.; WANI, I.A. Physicochemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, Amsterdam, v. 22, p. 1-9, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100295>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214786121000048?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

OLIVEIRA, F. C. M. **Caracterização dos resíduos industriais gerados no processo de extração de óleo essenciais por arraste a vapor**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, PUC-RS, 2015. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/6056/2/469157%20Texto%20Completo.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

OLIVEIRA, M. T. R. de. **Secagem e qualidade do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata* (Gardner) Sch. Bip.** 2011. 197 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Capos dos Goyatacazes, 2011. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/09/Marcia-Oliveira.pdf> Acesso em: 21 dez. 2022.

ORTEGA-RAMIREZ, L. A. *et al.* Combination of *Cymbopogon citratus* with *Allium cepa* essential oils increased antibacterial activity in leafy vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 97, p. 2166-2173, 2017. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.8025>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.8025>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PADALIA, R. C. *et al.* Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 97, p. 79-86, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901630838X?via%3Di> ihub. Acesso em: 22 dez. 2022.

PALARETTI, L. F. *et al.* Uso de vinhaça concentrada na produção de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 5, p. 326-334, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v9n500326>. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/326>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PANDEY, A. K.; SINGH, P.; TRIPATHI, N. N. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Hainan, v. 4, p. 682-694, 2014. DOI <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221169115300897?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Estado é destaque no país na produção de plantas medicinais**. Curitiba, 2021. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Estado-e-destaque-no-Pais-na-producao-de-plantas-medicinais> Acesso em: 21 dez. 2022.

PARK, S. J.; HONG, C. R.; CHOI, S. J. Citral degradation in micellar structures formed with polyoxyethylene-type surfactants. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 170, p. 443-447, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614013144?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PAULINO, B. N. *et al.* Beyond natural aromas: The bioactive and technological potential of monoterpenes. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 128, p. 188-201, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.08.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224422003569?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PAULUS, D. *et al.* Teor e composição química do óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 203-209, 2013. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/tSnbzZvzPwsjdwWX7XTDCsC/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PEANA, A. T. *et al.* Linalool inhibits in vitro no formation: probable involvement in the anti-nociceptive activity of this monoterpene compound. **Life Science**, Amsterdam, v. 78, p. 31, 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.05.065>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320505007216?via%3DiHub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PEIXINHO, G. S. *et al.* Action of *Citronela* (*Cymbopogon nardus* L) essential oil on the pathogen *Lasiodiplodia theobromae* in bunches of grapevine cv. 'Itália'. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 45, p. 428-431, 2019. DOI <https://doi.org/10.1590/0100-5405/206511>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/LGJKDFYkzhS3FSzfRz3PpCb/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PERAZZO, M. F. *et al.* Efeito antimicrobiano do óleo essencial do *Cymbopogon citratus* sobre bactérias Formadoras do Biofilme Dentário. **Revista Brasileira Ciência e Saúde**, João Pessoa, v. 16, p. 553-558, 2012. DOI <https://doi.org/10.4034/RBCS.2012.16.04.09>. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/12532>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriço**: cultivo e utilização. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Documentos 136). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/900892/1/DOC11004.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

PÉRINO-ISSARTIER, S. *et al.* A comparison of essential oils obtained from *lavandin* via different extraction processes: Ultrasound, microwave, turbohydrodistillation, steam and hydrodistillation. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1305, p. 41-47, 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.07.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967313010443?via%3DiHub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PETROVIĆ, J.; STOJKOVIĆ, D.; SOKOVIĆ, M. Terpene core in selected aromatic and edible plants: Natural health improving agents. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v. 90, p. 423-451, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043452619300245?via%3DiHub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PICOT-ALLAIN, C. *et al.* Conventional versus green extraction techniques – a comparative perspective. **Current Opinion in Food Science**, Amsterdam, v. 40, p. 144-156, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221479932100031X?via%3DiHub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PINO-OTÍN, M. R. *et al.* Impact of *Artemisia absinthium* hydrolate extracts with nematicidal activity on non-target soil organisms of different trophic levels.

**Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 180, p. 565-574, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.055>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319305962?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PINTO, Z. T. *et al.* Chemical composition and insecticidal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil from Cuba and Brazil against housefly. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 36–44, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612015006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/9kyBxdYdqCnsLXR8nxG8mmw/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PLATA-RUEDA, A. *et al.* Insecticidal and repellent activities of *Cymbopogon citratus* (*Poaceae*) essential oil and its terpenoids (citral and geranyl acetate) against *Ulomoides dermestoides*. **Crop Protection**, Guildford, v. 137, p. 1-8, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105299>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219420302325?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PNGWING. Molécula de Linalol Terpeno png. Disponível em: <https://www.pngwing.com/pt/free-png-triji>. Acesso em: 21 dez. 2022.

PODSTAWCZYK, D.; MITKOWSKI, P.; DAWIEC-LIŚNIEWSKA, A. Concentration of natural aroma compounds from fruit juice hydrolates by pervaporation in laboratory and semi-technical scale. Part 2. **Economical analysis. Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 165, p. 509-519, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.118>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617315615?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

POLITEO, O.; JUKIC, M.; MILOS, M. Chemical composition and antioxidante capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum* L.) compared with its essential oil. **Food Chemistry**, London, v. 101, p. 379-385, 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.045>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606001051?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

POLITI, M. *et al.* Reconsidering hydrosols as main products of aromatic plants manufactory: The lavandin (*Lavandula x intermedia*) case study in Tuscany. **Molecules**, Basel, v. 25, p. 1-19, 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules25092225>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/9/2225>. Acesso em: 22 dez 2022.

PRUSINOWSKA, R. *et al.* Hydrolates from lavender (*Lavandula angustifolis*) – their chemical composition as well as aromatic, antimicrobial and antioxidant properties. **Natural Product Research**, Abingdon, v. 30, p. 386-396, 2016. DOI <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1016939>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786419.2015.1016939>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PUBCHEM. **Explore chemistry**. Bethesda, 2022. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

QUINARI. **Citral**. Disponível em: <https://www.quinari.com.br/loja/citral/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

RAFIA, N.; AROUJALIAN, A.; RAISI, A. Pervaporative aroma compounds recovery from *lemon* juice using poly (octyl methyl siloxane) membrane. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Oxford, v. 86, p. 534-540, 2011. DOI <https://doi.org/10.1002/jctb.2547>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jctb.2547>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RAISI, A.; AROUJALIAN, A.; KAGHAZCHI, T. Multicomponent pervaporation process for volatile aroma compounds recovery from pomegranate juice. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 322, p. 339-348, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.06.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738808005504?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. Lemon Grass. **International Journal of Pharmaceutical Science Review and Research**, Jeedimetla, v. 35, p. 162-167, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Shruti-Ranade/publication/290390651\\_Lemon\\_grass/links/57a6ba6708aefe6167b6ef54/Lemon-grass.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Shruti-Ranade/publication/290390651_Lemon_grass/links/57a6ba6708aefe6167b6ef54/Lemon-grass.pdf). Acesso em: 22 dez. 2022.

REYES-JURADO, F. *et al.* Essential oils: antimicrobial activities, extraction methods, and their modeling. **Food Engineering Reviews**, Berlin, v. 7, p. 275-297, 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9099-2>.

RÍOS, J. L. Essential oils: what they are and how the terms are used and defined. *In*: PREEDY, V. R. (ed.). **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. Cambridge: Academic Press, 2016. p. 3-10. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000018?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RIVEROS, C. G.; NEPOTE, V.; GROSSO, N. R. Thyme and basil essential oils included in edible coatings as a natural preserving method of oilseed kernels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 96, n. 1, p. 183-191, 2016. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.7080>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.7080>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RIYANTO, *et al.* Direct synthesis of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil-silver nanoparticles (EO-AgNPs) as biopesticides and application for lichen inhibition on stones. **Heliyon**, Amsterdam, v. 8, p. 1-11, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09701>. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(22\)00989-6?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844022009896%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(22)00989-6?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844022009896%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 22 dez. 2022.

RODRIGUES, L. *et al.* Food ingredients derived from lemongrass byproduct hydrodistillation: essential oil, hydrolate and decoction. **Molecules**, Basel, v. 27, p. 1-13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27082493>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/8/2493>. Acesso em: 24 dez. 2022.

ROSTAGNO, M. A.; PRADO, J. M. **Natural product extraction: principles and applications**. London: Royal Society of Chemistry, 2013.

RUBAB, S. *et al.* Biomedical description of *Ocimum basilicum* L. **Journal of Islamic International Medical College**, Rawalpindi, v. 12, p. 57-69, 2017. Disponível em: <https://www.bibliomed.org/?mno=234949>. Acesso em: 22 dez. 2022.

RUNYORO, D. *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of four *Ocimum* species growing in Tanzania. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 1, p. 311-316, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609008401?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SADOWSKA, U. *et al.* The effect of drying methods on the concentration of compounds in sage and thyme. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S. l.], v. 41, p. 1-11, 2017. DOI <https://doi.org/10.1111/jfpp.13286>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.13286>. Acesso em: 21 dez. 2022.

SAĞDIÇ, O. Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie = Food Science and Technology = Science et Technologie Alimentaire**, London, v. 36, n. 5, p. 467-473, 2003. DOI [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00037-9](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00037-9). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643803000379?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SAKKAS, H.; PAPADOPOULOU, C. Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, Seoul, v. 27, n. 3, p. 429-438, 2017. DOI <https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>. Disponível em: <https://www.jmb.or.kr/journal/view.html?doi=10.4014/jmb.1608.08024>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SANTORO, G. F. *et al.* *Trypanosoma cruzi*: Acitivity of essential oils from *Achillea millefolium* L., *Syzygium aromaticum* L. and *Ocimum basilicum* L. on epimastigotes and trypomastigotes. **Experimental Parasitology**, Amsterdam, v. 116, p. 283-290, 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2007.01.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014489407000422?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SANTOS, A. da S. **Óleos essenciais: uma abordagem econômica e industrial**. Rio de Janeiro: Inter ciências, 2011.

SARKIC, A.; STAPPEN, I. Essential oils and their single compounds in cosmetics - a critical review. **Cosmetics**, Basel, v. 5, p. 1-21, 2018. DOI <https://doi.org/10.3390/cosmetics5010011>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9284/5/1/11>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SCHIEBERLE, P.; GROSCH, W. Identification of potent flavor compounds formed in an aqueous lemon oil/citric acid emulsion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Amsterdam, v. 36, p. 797-800, 1988. DOI <https://doi.org/10.1021/jf00082a031>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00082a031>. Acesso em: 21 dez. 2022.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Como montar uma fábrica de óleos naturais e essências**. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-oleos-naturais-e-essencias,c2387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD#mercado>. Acesso em 21 dez 2022.

SEMEN, E.; HIZIROGLU, S. Production, yield and derivatives of volatile oils from Eastern Redcedar (*Jeniperus virginiana* L.). **American Journal of Environmental Sciences**, Dubai, v. 1, n. 2, p. 133-138, 2005.

SHAH, G. *et al.* Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (*Lemongrass*). **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology &**

**Research**, Noida, v. 2, p. 3-8, 2011. DOI <https://doi.org/10.4103/2231-4040.79796>. Disponível em: <https://www.japtr.org/article.asp?issn=2231-4040;year=2011;volume=2;issue=1;spage=3;epage=8;aulast=Shah>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SHARMA, K. S.; PARIKH, A. P.; JASRA, R. V. Ruthenium containing hydrotalcite as a solid base catalyst for >C=C< double bond isomerization in perfumery chemicals. **Journal of Molecular Catalysis A: chemical**, Amsterdam, v. 317, p. 27-33, 2010. Disponível em: <http://ir.csmcri.org/handle/1968424/900>. Acesso em: 20 dez. 2022.

SIANO, F. *et al.* Determination of estragole, safrole and eugenol methyl ether in food products. **Food Chemistry**, London, v. 81, p. 469-475, 2003. DOI [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00004-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00004-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814603000049?via%3Di>hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVA, N. B. *et al.* Anti-biofilm and hemolytic effects of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf essential oil. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada = Brazilian Research in Pediatric Dentistry and Integrated Clinic**, João Pessoa, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2019. DOI <https://doi.org/10.4034/PBOCI.2019.191.103>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pboci/a/5Fj75YHYRbYZCsZ47j4PRg/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVEIRA, J. C. *et al.* Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 8, n. 15, p. 2038, 2012. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3767>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVESTRE, W. P. *et al.* Pervaporation in the separation of essential oil components: A review. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 93, p. 42-52, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419304212?via%3Di>hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. *In*: SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. cap. 18, p. 467.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010.

SIMON, J. E. **Basil**. West Lafayette: Purdue University, 1995.

SINGH, A. K. Seedling morphology of four species of *Ocimum L.* (*Lamiaceae*) and its taxonomic significance. **Bangladesh Journal of Plant Taxonomy**, Dhaka, v. 19, p.89-92, 2012. DOI <https://doi.org/10.3329/bjpt.v19i1.10946>. Disponível em: <https://www.banglajol.info/index.php/BJPT/article/view/10946>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SINGH, S. *et al.* Genetic diversity and chemotype selection in genus *Ocimum*. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, Amsterdam, v. 9, p. 19-25; 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.11.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214786117300980?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SMIGIELSKI, B. K.; PRUSINOWSKA, R.; BEMSKA, J. E. Comparison of the chemical composition of essential oil and hydrolates from Basil (*Ocimum basilicum L.*). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, London, v. 19, p. 492-498, 2016. DOI <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.960273>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0972060X.2014.960273>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SOLÓRZANO-SANTOS, F.; MIRANDA-NOVALES, M. G. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. **Current opinion in biotechnology**, London, v. 23, n. 2, p. 136-141, 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166911006732?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

SOUCHON, I. *et al.* Pervaporation as a deodorization process applied to food industry effluents: recovery and valorisation of aroma compounds from cauliflower blanching water. **Desalination**, Amsterdam, v. 148, p. 79-85, 2002. DOI [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(02\)00657-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00657-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916402006574>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SOUZA, E. M. *et al.* *Cymbopoton flexuosus* essential oil as an additive improves growth, biochemical and physiological responses and survival against *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências = Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Rio de Janeiro, v. 92, p.1-12, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190140>.

SOUZA, S. A. M. *et al.* Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 6, n. 10, p.1-10, 2010. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/oleos.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ŠOVLJANSKI, O. *et al.* Biological profiling of essential oils and hydrolates of *Ocimum basilicum* var. *Genovese* and var. *Minimum* originated from Serbia. **Processes**, Basel, v. 10, p. 1-15, 2022. DOI <http://dx.doi.org/10.3390/pr10091893>. Disponível em: <http://cherry.chem.bg.ac.rs/handle/123456789/5645>. Acesso em: 24 dez. 2022.

SPEER, K.; KURZROCK, T.; KOLLING-SPEER, I. Effect of controlled storage on the lipid fraction of green *Arabica coffee* beans. *In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ*, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings[...]** Bangalore: Association Scientifique Internationale du Café, 2005. CD-ROM.

STRATAKOS, A. C.; KOIDIS, A. Methods for extracting essential oils. *In: PREEDY, V. R. (ed.). Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Cambridge: Academic Press, 2016. p. 31-38. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000043?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SUPPAKUL, P. *et al.* Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging. **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, v. 51, n. 11, p. 3197-3207, 2003. DOI <https://doi.org/10.1021/jf021038t>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf021038t>. Acesso em: 22 dez. 2022.

TAVARES, C. S. *et al.* Bioproducts from forest biomass: Essential oils and hydrolates from wastes of *Cupressus lusitanica* Mill. and *Cistus ladanifer* L. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 144, p. 1-13, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112034>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669019310441?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos = Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, 2000.

TOGNOLINI, M. *et al.* Comparative screening of plant essential oils: Phenylpropanoid moiety as basic core for antiplatelet activity. **Life Sciences**, AAmsterdam, v. 78, n. 23, p. 1419-1432, 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.07.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320505009392?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

TORNUK, F. *et al.* Efficacy of various plant hydrosols as natural food sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium on fresh cut carrots and apples. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 148, p. 30-35, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.04.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160511002455?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

TREVISAN, M. T. S. *et al.* Characterization of the volatile pattern and antioxidante capacity of essential oils from 80iferente species of the genus *Ocimum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 12, p. 4378-4382, 2006. DOI <https://doi.org/10.1021/jf060181+>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf060181%2B>. Acesso em: 22 dez. 2022.

UENO, T.; MASUDA, H.; HO, C. T. Formation mechanism of p-menthylacetophenone from Citral via a *tert-Alkoxy* radical intermediate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, p. 5677-5684, 2004. DOI <https://doi.org/10.1021/jf035517j>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf035517j>. Acesso em: 22 dez. 2022.

UNITED STATES OF AMERICA. Food and Drug Administration (FDA). Silver Spring, 2022. CRF – **Code of Federal Regulations Title 21**. Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=182.20>. Acesso em: 19 dez. 2022.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. A Generalization of the Retention Index System including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 11, p. 463-471, 1963. DOI [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002196730180947X?via%3Di> ihub. Acesso em: 21 dez. 2022.

VARGA, F. *et al.* Morphological and biochemical intraspecific characterization of *Ocimum basilicum* L. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 109, p. 611-618, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669017306167?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

VERONEZI, C. M.; COSTA, T.; JORGE, N. Basil (*Ocimum basilicum* L.) as a natural antioxidant. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 38, p. 255-261, 2012. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00771.x>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4549.2012.00771.x>. Acesso em: 22 dez. 2022.

VIEIRA, R. F. *et al.* Genetic diversity of *Ocimum gratissimum* L. based on volatile oil constituents, flavonoids and RAPD markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 29, p. 287-304, 2001. DOI [https://doi.org/10.1016/s0305-1978\(00\)00062-4](https://doi.org/10.1016/s0305-1978(00)00062-4). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11152947/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

WAN, J.; ZHONG, S. *et al.* Physical properties, antifungal and mycotoxin inhibitory activities of five essential oil nanoemulsions: Impact of oil compositions and processing parameters. **Food Chemistry**, Easton, v. 291, p. 199-206, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.032>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619306818?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

WANG, M. *et al.* *Piper nigrum* oil – determination of selected terpenes for quality evaluation. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 85, n. 3, p. 185-194, 2019. DOI <https://doi.org/10.1055/a-0782-0548>. Disponível em: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/a-0782-0548>. Acesso em: 22 dez. 2022.

WIJMANS, J. G.; BAKER, R. W. The solution-diffusion model: a review. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 107, p. 1-21, 1995. DOI [https://doi.org/10.1016/0376-7388\(95\)00102-l](https://doi.org/10.1016/0376-7388(95)00102-l). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037673889500102l?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

WOLFFENBUTTEL, A. N. **Base química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo: Roca, 2010.

XAVIER, M. N. **Estudo da composição química, variação sazonal e atividade biológica do óleo essencial de *Cardiopetalum calophyllum***. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2015.

XU, J. *et al.* Probing of the plasticity of the active site in pinene synthase elucidates its potential evolutionary mechanism. **Phytochemistry**, Amsterdam, v. 181, p. 1-10, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112573>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942220311882?via%3Di> hub. Acesso em: 22 dez. 2022.

YANG, T. *et al.* Enantiomeric analysis of linalool in teas using headspace solid-phase microextraction with chiral gas chromatography. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 83, p. 17-23, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.025>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015306166?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

YANG, X. *et al.* Inhibition of citral degradation by oil-in-water nanoemulsions combined with antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 6113-6119, 2011. DOI <https://doi.org/10.1021/jf2012375>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf2012375>. Acesso em: 22 dez. 2022.

YIKRAZUUL. **Citral A / Geranial**. 2010. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Citral#/media/Ficheiro:Geranial\\_Citral\\_A.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Citral#/media/Ficheiro:Geranial_Citral_A.svg). Acesso em 21 dez. 2022.

ZANGENEH, M. M. *et al.* Protection of phenylhydrazine-induced hematotoxicity by aqueous extract of *Ocimum basilicum* in Wistar male rats. **Comparative Clinical Pathology**, Amsterdam, v. 28, p. 331-338, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00580-018-2845-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00580-018-2845-8>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ZHELJAZKOV, V. D.; ASTATKIE, T. Effect of residual distillation water of 15 plants and three plant hormones on Scotch spearmint (*Mentha gracilis* Sole). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 704-709, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011000306?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ZLOTEK, U.; MICHALAK-MAJEWSKA, M.; SZYMANOWSKA, U. Effect of jasmonic acid elicitation on the yield, chemical composition, and antioxidant and anti-inflammatory properties of essential oil of lettuce leaf basil (*Ocimum basilicum* L.). **Food Chemistry**, Eason, v. 213, p. 1-7, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.052>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616309451?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2022.