



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA**

MIRELLA CARVALHO DE ARAÚJO OLIVEIRA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS DO ÓLEO
ESSENCIAL DO CAPIM-CITRONELA (*CYMBOPOGON sp*) DA CIDADE DE
ARAGUAÍNA POR ARRASTE A VAPOR E GC/MS**

**ARAGUAÍNA (TO)
2021**

MIRELLA CARVALHO DE ARAÚJO OLIVEIRA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS DO ÓLEO
ESSENCIAL DO CAPIM-CITRONELA (*CYMBOPOGON sp*) DA CIDADE DE
ARAGUAÍNA POR ARRASTE A VAPOR E GC/MS**

Monografia apresentado à UFT - Universidade
Federal do Tocantins - Campus Universitário de
Araguaína para obtenção do título de
Licenciatura em Química, sob orientação do
Prof. Dr. Joseilson Alves de Paiva

ARAGUAÍNA (TO)

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

O48e Oliveira, Mirella Carvalho de Araújo .

Extração e caracterização dos constituintes voláteis do óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon* sp) da cidade de Araguaína por arraste a vapor e GC/MS. / Mirella Carvalho de Araújo Oliveira. – Araguaína, TO, 2021.

49 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Química, 2021.

Orientador: Joseilson Alves de Paiva

1. Produtos Naturais. 2. Plantas Aromáticas . 3. Composição volátil. 4. Sazonalidade. I. Título

CDD 540

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

MIRELLA CARVALHO DE ARAÚJO OLIVEIRA

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS DO ÓLEO
ESSENCIAL DO CAPIM-CITRONELA (*CYMBOPOGON sp*) DA CIDADE DE
ARAGUAÍNA POR ARRASTE A VAPOR E GC/MS**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína TO, Curso de Licenciatura em Química para obtenção do título de estágio supervisionado IV e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 22 / 09 / 2021



Banca Examinadora

Professor Orientador

Prof. Dr. Joseilson Alves de Paiva



Professora Avaliadora 1

Profa. Dra. Flamys Lena do Nascimento Silva



Professora Avaliadora 2

Profa. Dra. Renata Ferreira Lins

Araguaína (TO), 2021

A Deus, a minha mãe Maria Marta, aos meus irmãos Mariana e Luiz Miguel, ao meu esposo Jefson Adriano, a minha enteada Emily Cristina e a todos os meus professores, amigos e familiares.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças e saúde para a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

A minha amada mãe Maria Marta e aos meus irmãos Mariana e Miguel, pelas orações, alegrias, vibrações positivas, carinho, apoio e confiança a mim dedicadas.

Ao meu esposo Jefson Adriano, pelo carinho, amor, presença, lealdade, por me incentivar em todos os momentos.

Ao meu pai Luiz por todo apoio e incentivo.

As minhas colegas da Universidade Ducilene do Carmo, Hellem Guedes e Vitória Rolim, por se tornarem minha família nos últimos quatro anos, muito obrigada.

A Wanderson Ferreira que foi mais que um colega de turma, foi um professor para mim. Obrigada por todos ensinamentos e paciência.

Ao professor Dr. Edenilson dos Santos Niculau que me fez enxergar a pesquisa com um olhar mais crítico e profissional.

As professoras Dra. Renata Ferreira Lins e Flamys Lena do Nascimento, pelo carinho, paciência e ensinamentos.

A professora Me. Natália Mariane Braz Alvarenga, por ter me proporcionado grandes momentos de conhecimento e reflexões dos quais irei levar para a minha vida profissional e pessoal.

Minha gratidão a todos os professores cuja dedicação e amor pela profissão me fizeram crescer profissionalmente e humanamente.

Ao grupo PET Ciências Naturais pelos momentos de descontrações e ensinamentos.

A Universidade Federal do Norte do Tocantins-UFNT por ter me proporcionado a experiência de cursar o ensino superior público.

As técnicas de laboratório Ana Rosa e Gildete, pela atenção e acompanhamento. A técnica de laboratório Karolina Lima Nogueira pelo apoio, atenção, amizade e conhecimentos compartilhados.

Um agradecimento especial ao meu querido orientador, professor Dr. Joseilson Alves de Paiva, minha eterna gratidão pela confiança em mim depositada, pela colaboração com o meu trabalho e, sobretudo por possibilitar reflexões que contribuíram significativamente para o meu crescimento profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. A todos vocês, meu eterno carinho e gratidão.

Não diga que a vitória está perdida.

Tenha fé em Deus, tenha fé na vida.

Tente outra vez!

Raul Seixas

RESUMO

Os óleos essenciais são compostos aromáticos produzidos pelo metabolismo secundário dos vegetais com intuito de proporcionar-lhes maior qualidade de vida. Sabe-se que mais de 3 mil tipos de OEs já foram identificados e cada um deles têm suas particularidades físico-químicas que podem ser alteradas por vários fatores, como é o caso das mudanças das estações do ano, que podem modificar tanto a composição química quanto o rendimento de um determinado óleo essencial. Visto que a sazonalidade pode influenciar na qualidade do OE, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o teor e a composição química do óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon sp*) extraído no final do período de chuva e início do período de seca da cidade de Araguaína – TO. Para o estudo, foram realizadas quatro extrações de óleo essencial das folhas do capim-citronela coletadas em quatro meses diferentes (abril, maio, junho e julho) do ano de 2021. A extração do OE deu-se através da destilação por arraste a vapor acoplada ao sistema Clevenger. O rendimento do OE obtido em cada extração foi de 0,54% no mês de abril, 0,68% em maio, 0,57% em junho e 0,68% em julho. Também, mensalmente, foi determinada a umidade foliar do vegetal coletado, para isso, as folhas passaram por um processo de secagem natural, as mesmas mostraram um teor de armazenamento médio de água de 64,15%. A análise da composição química das amostras do OE foi realizada por GC/MS, com tempo de corrida de 61 min. Para a identificação dos constituintes, foi utilizada a biblioteca Nist MS 2014 do aparelho, onde foram encontrados 15 compostos no óleo extraído das folhas coletadas nos meses de abril, maio e junho, e 16 compostos no OE extraído das folhas coletadas no mês de julho. Contudo, em todas as amostras, identificou-se os mesmos constituintes majoritários (citronelal, citronelol e geraniol). Ademais, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a interpretação de espectros de massas, foram propostas as fragmentações de seis moléculas (limoneno, linalool, citronelal, citronelol, geraniol e o citral) identificadas no OE do capim-citronela.

Palavras-Chave: Óleo essencial, Sistema Clevenger, GC/MS, Fragmentos de massas.

ABSTRACT

Essential oils are aromatic compounds produced by the secondary metabolism of plants in order to provide them with a better quality of life. It is known that more than 3 thousand types of EOs have already been identified and each one of them has its physicochemical particularities that can be altered by several factors, such as changes in the seasons of the year, which can modify both the chemical composition and the yield of a particular essential oil. Since the seasonality can influence the quality of the EO, the present work aims to evaluate the content and chemical composition of the essential oil from lemongrass (*Cymbopogon sp*) extracted at the end of the rainy season and the beginning of the dry season in the city of Araguaína - TO. For the study, four extractions of essential oil were made from the leaves of the citronella grass collected in four different months (April, May, June and July). The EO was extracted by steam distillation coupled to a Clevenger system. The EO yield obtained in each extraction was 0.54% in April, 0.68% in May, 0.57% in June, and 0.68% in July. Also, monthly, the leaf moisture of the collected plant was determined, for this, the leaves went through a natural drying process, they showed an average water storage content of 64.15%. The analysis of the chemical composition of the EO samples was performed by GC/MS, with a run time of 61 min. For the identification of the constituents, the device Nist MS 2014 library was used, where fifteen compounds were found in the oil extracted from the leaves collected in the months of April, May and June, and 16 compounds in the EO extracted from the leaves collected in the month of July. However, in all samples, the same major constituents (citronellal, citronellol and geraniol) were identified. Furthermore, in order to expand the knowledge about the interpretation of mass spectra, the fragmentations of six molecules (limonene, linalool, citronellal, citronellol, geraniol and citral) identified in the EO of lemongrass were proposed.

Keywords: Essential oil, Clevenger system, GC/MS, Mass fraction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais rotas dos fenilpropanóides e dos terpenóides no metabolismo secundário dos vegetais	18
Figura 2 - Estrutura básica dos fenilpropanóides	19
Figura 3 - Formação cabeça-calda dos esqueletos carbonados dos compostos mono e sesquiterpenóides.....	19
Figura 4 - Capim-citronela cultivada em jardim privado localizado em Araguaína (TO)	23
Figura 5 - Parte lenhosa e as pontas das folhas do Capim-citronela (<i>Cymbopogon</i> sp.)	25
Figura 6 - Sistema Clevenger utilizado para extração do óleo essencial.....	26
Figura 7 - Retirada de traços de água da solução	27
Figura 8 - Folhas frescas e folhas secas do capim-citronela.....	28
Figura 9 - Capim-citronela (<i>Cymbopogon</i> sp.)	29
Figura 10 - Composto mono e sesquiterpênicos encontrados no OE do <i>Cymbopogon</i> sp.....	32
Figura 11 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de abril	32
Figura 12 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de maio.....	33
Figura 13 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de junho.....	33
Figura 14 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de julho	33
Figura 15 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Limoneno	35
Figura 16 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 121$	36
Figura 17 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 68$	36
Figura 18 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 93$	37
Figura 19 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Linalool	38
Figura 20 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 41$	38
Figura 21 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 71$	38
Figura 22 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 136$	39
Figura 23 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citronelal.....	39
Figura 24 - Proposta de fragmentação do Citronelal para o pico íon fragmentado em $m/z = 41$	40
Figura 25 - Proposta de fragmentação do Citronelal para o pico íon fragmentado em $m/z = 69$	40
Figura 26 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citronelol.....	41
Figura 27 - Proposta de fragmentação do Citronelol para os picos íon fragmentados em $m/z = 69, 138$ e 41	41

Figura 28 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Geraniol.....	42
Figura 29 - Proposta de fragmentação do Geraniol para o pico íon fragmentado em $m/z = 69$	42
Figura 30 - Proposta de fragmentação do Geraniol para os picos íon fragmentados em $m/z = 136$ e 41	42
Figura 31 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citral.....	43
Figura 32 - Proposta de fragmentação do Citral para os picos íon fragmentados em $m/z = 137$ e 69	43
Figura 33 - Proposta de fragmentação do Citral para os picos íon fragmentados em $m/z = 123$ e 41	44

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climáticos das coletas do capim-citronela nos meses de abril, maio, junho e julho de 2021	29
Tabela 2 - Massa inicial e final e porcentagem de água presente nas amostras UFM4, UFM5, UFM6 E UFM7	30
Tabela 3 - Rendimentos de óleo essencial das amostras obtidas nos meses de abril, maio, junho e julho de 2021	30
Tabela 4 - Constituintes encontrados no óleo essencial do <i>Cymbopogon</i> sp por GC/MS, no final do período chuvoso e início do período de seca da cidade de Araguaína (TO)	31
Tabela 5 - Estudos realizadas sobre a composição química do OE do capim-citronela (<i>Cymbopogon nardus</i> e <i>Cymbopogon winterianus</i>) em três países diferentes.....	34

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Os óleos essenciais mais usados no mercado mundial.....	22
Quadro 2 - Dados do monoterpene cíclico Limoneno	35
Quadro 3 - Dados do monoterpene acíclico Linalool	37
Quadro 4 - Dados do monoterpene acíclico Citronelal	39
Quadro 5 - Dados do monoterpene acíclico Citronelol.....	40
Quadro 6 - Dados do monoterpene acíclico Geraniol	42
Quadro 7 - Dados do monoterpene acíclico Citral	43

LISTA DE SIGLAS

OE - Óleo essencial

OEs – Óleos essenciais

OECM4 – óleo essencial citronela Mirella abril

OECM5 – óleo essencial citronela Mirella maio

OECM6 – óleo essencial citronela Mirella junho

OECM7 – óleo essencial citronela Mirella julho

R – Rendimento

UFM4 – umidade foliar mês de abril

UFM5 – umidade foliar mês de maio

UFM6 – umidade foliar mês de junho

UFM7 – umidade foliar mês de julho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA	16
3 OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4 REVISÃO DA LITERATURA	17
4.1 Óleos essenciais	17
4.2 Características e composição química dos óleos essenciais.....	17
4.3 Técnicas de extração dos óleos essenciais	20
4.4 Óleos essenciais no mercado	21
4.5 Capim-citronela	23
4.6 Óleo essencial do capim-citronela	23
4.7 Cromatografia Gasosa.....	24
5 METODOLOGIA.....	24
5.1 Materiais e Reagentes	24
5.2 Material vegetal.....	25
5.3 Extração do óleo essencial	26
5.4 Identificação dos compostos químicos nas quatro amostras do óleo essencial do capim-citronela por (GC-MS).....	27
5.5 Secagem das folhas do capim-citronela para a determinação da umidade foliar...28	
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Determinação da umidade foliar	29
6.2 Análise do teor de óleo essencial presente nas folhas do <i>Cymbopogon sp</i>	30
6.3 Compostos voláteis identificados no OE do <i>Cymbopogon sp</i> por GC-MS	31
6.4 Propostas de fragmentações.....	34
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A citronela é uma planta medicinal e aromática que pertence ao gênero *Cymbopogon* da família *Poaceae*, subfamília *Pacicoideae*, a mesma apresenta duas espécies distintas, *Cymbopogon nardus* e *Cymbopogon winterianus*. A planta tem origem no sudeste da Ásia e apresenta como características botânica o caule rizomatoso, folhas verdes longas, cortantes, simples e lineares que podem atingir até 2 metros de altura. O vegetal ainda é perene, cespitosa e se adapta muito bem a climas tropicais (MARCO et al., 2007; CORAZZA, 2002).

A citronela ficou conhecida e ganhou espaço no mercado após estudos demonstrarem que o seu óleo essencial apresenta ação repelente contra alguns insetos. Além disso, o óleo do vegetal contém vários constituintes químicos importantes para as indústrias farmacêuticas, alimentícia, de perfumaria e afins (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993; BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Os óleos essenciais são compostos aromáticos extraídos de plantas com inúmeras utilidades na indústria de perfumes, cosméticos e, principalmente, para o uso medicinal. Eles são substâncias voláteis naturais que evaporam à temperatura ambiente, formados de classes ésteres de ácidos graxos, mono e sesquiterpenos, fenilpropanonas, álcoois aldeidados e, podem ter hidrocarbonetos alifáticos, entre outros (NASCIMENTO; PRADE, 2020; BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; CASTRO et al., 2004).

A prática do uso de óleos essenciais é antiga, mas não se sabe ao certo o ano exato de quando eles começaram a ser usados pela humanidade, porém, de acordo com relatos e com o livro mais antigo de ervas, o *Shen-nung*, os óleos essenciais já eram usados há milhares de anos em rituais religiosos para embalsamar cadáveres, e há cerca de 2700 a.C os chineses usavam o óleo essencial de algumas plantas para fins medicinais (TRANCOSO, 2013).

Para extrair o óleo essencial de um vegetal muitos métodos podem ser empregados, contudo, em razão da eficiência, simplicidade e ainda possuir um baixo custo, a destilação por arraste a vapor é a mais utilizada no mercado (JORGE, 2009).

Diante das considerações supracitadas, o presente trabalho tem por objetivo extrair o óleo essencial do capim-citronela empregando a técnica de destilação por arraste a vapor e analisar por via GC/MS a composição química do mesmo e avaliar o seu rendimento em dois períodos climáticos diferentes.

2 JUSTIFICATIVA

Morais (2009) afirma que a composição química e o teor de um óleo essencial podem sofrer alterações positivas ou negativas durante as estações do ano. Ainda baseado no autor, em períodos úmidos, os vegetais que produzem essa substância tendem a apresentar um menor teor de OE e ainda com menos constituintes em sua composição, porém, nem toda planta se comporta desta forma.

Visto que a sazonalidade tem a capacidade de interferir no rendimento e na composição química de alguns óleos essenciais, o trabalho tem como intuito analisar a composição química e o rendimento do óleo essencial do capim-citronela em duas épocas climática diferentes da cidade de Araguaína (TO).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Extrair o óleo essencial do capim-citronela pelo procedimento de destilação por arraste a vapor acoplado ao sistema Clevenger e, analisá-lo por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS).

3.2 Objetivos específicos

- Coletar as folhas do capim-citronela no final do período de chuva e início do período de seca da cidade de Araguaína (TO);
- Obter por extração em sistema Clevenger o óleo essencial das amostras das folhas;
- Calcular o rendimento do óleo essencial obtido durante as duas épocas climáticas;
- Analisar o óleo essencial do capim-citronela por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas;
- Propor fragmentações de massas para as possíveis moléculas identificadas.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Óleos essenciais

Os óleos essenciais possuem aromas e são constituídos de moléculas orgânicas pequenas, eles ainda apresentam como característica importante a volatilidade (MORAIS et al, 2006).

Os óleos essenciais são produzidos a partir de um conjunto de reações bioquímicas que ocorrem no metabolismo secundário do vegetal com o intuito de gerar proteção e auxiliar na reprodução e adaptação ao meio em que planta está inserida (ALMEIDA, 2016).

Cada OE tem um aroma específico que está atrelado a variabilidade da volatilidade e ao acúmulo relativo dos seus componentes químicos (NASCIMENTO; PRADE, 2020). Trancoso (2013) ainda enfatiza que nem toda planta produz óleo essencial e nem todo óleo essencial possui aroma agradável.

Para as plantas, os OEs não são considerados primordiais para a sua existência, mas são fundamentais para sua qualidade de vida, uma vez que os mesmos atuam como hormônios capazes de agirem como agentes antifúngicos, antibacterianos, inseticidas e antivirais, além de protegê-las contra-ataques de herbívoros (ANDRADE, 2013).

Classificado como produto natural e conhecido como a alma da planta, os OEs apresentam baixa toxicidade para os mamíferos e não são bioacumuláveis no meio ambiente. Quando comparados aos produtos sintéticos produzidos para o mesmo fim, os óleos essenciais ganham a preferência, devido a apresentarem menos riscos à saúde humana, por isso que cada vez mais eles vêm ganhando espaço no mercado (PEREIRA; BRITO; BEZERRA, 2017).

A identidade dos OEs é baseada em suas próprias características que estão associadas ao seu aroma, cor, aplicabilidade dentro do mercado e a sua composição química (SOUZA, et al., 2010).

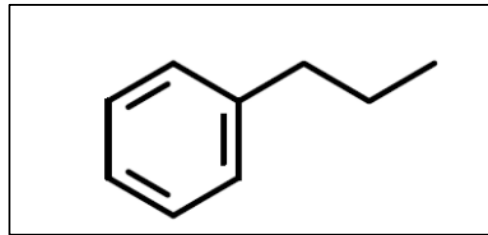
Diferentemente dos óleos fixos, os OEs não são oleosos e nem fáceis de serem absorvidos pela pele, já que, quando expostos ao ar livre, evaporam rapidamente, por isso que eles recebem também o nome de óleos voláteis (NASCIMENTO; PRADE, 2020).

4.2 Características e composição química dos óleos essenciais

Os óleos voláteis possuem solubilidade limitada e apresentam características hidrofóbicas em razão da maior parte das regiões de suas moléculas serem apolares, o que implica na baixa solubilidade dessas substâncias em água. Além do mais, esses compostos

Juntamente com seus derivados, os fenilpropanóides são os responsáveis pela presença de aroma nos óleos voláteis. Como mostra a figura 2, a estrutura química desses compostos consiste basicamente de um anel fenólico ligado a uma cadeia alquil, geralmente de três carbonos (CUNHA et al, 2018; HARMATHA et al, 2011).

Figura 2 - Estrutura básica dos fenilpropanóides

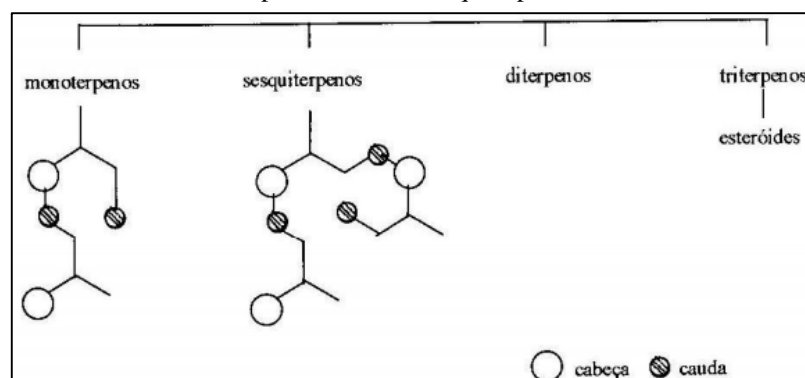


Fonte: Adaptada de CUNHA (et al., 2018, p. 51)

Com relação aos terpenóides, produzidos a partir da rota do mevalonato (Figura 1), em alguns óleos essenciais eles chegam a representar até 80% dos constituintes químicos. O grupo dos terpenóides é bem amplo e engloba funções orgânicas distintas como os álcoois, cetonas, ésteres, fenóis, éteres, aldeídos, peróxidos, óxidos, ácidos orgânicos e ainda podem ser acrescidas, raramente, de compostos como o enxofre e o nitrogênio (VALENTIM; SOARES, 2017; SOUZA et al., 2010).

Os terpenóides são estruturados basicamente em blocos de cinco carbonos, unidades de isopreno (C_5H_8), normalmente, ligadas entre si pela ordem “cabeça-a-cauda” (Figura 3), o que caracteriza a chamada regra do isopreno (SIMÕES et al., 2007).

Figura 3 - Formação cabeça-cauda dos esqueletos carbonados dos compostos mono e sesquiterpenóides



Fonte: Adaptada de SIMÕES (et al., 2007, p. 470)

Dentre os terpenóides, os monoterpenos (contém 10 átomos de carbono) e os sesquiterpenos (contém por 15 átomos de carbono) são os mais abundantes nos OEs, e na grande maioria, constituem os compostos majoritários (SIMÕES et al., 2007).

4.3 Técnicas de extração dos óleos essenciais

Baseado em relatos, desde a antiguidade, as plantas que possuíam aroma eram queimadas para exalar seus odores característicos, e a partir do período Neolítico, a extração dos óleos essenciais já acontecia por meio de utensílios de pedra, mas foram os Árabes os responsáveis pelo desenvolvimento da técnica de destilação dos OEs (ALMEIDA, 2016; SANTOS, 2011).

Contudo, com o desenvolvimento das civilizações, o progresso das tecnologias e o surgimento da necessidade de extrair OE em escala industrial e de modo mais preciso, outras técnicas foram desenvolvidas e atualmente as mais utilizadas estão descritas abaixo (SANTOS, 2011).

Extração por solventes orgânicos: É uma técnica aplicada para extrair OEs que não suportam altas temperatura. A parte procedimental consiste basicamente em colocar a matriz vegetal em contato com o solvente orgânico que seja preferencialmente seletivo, de baixo custo, quimicamente inerte e tenha baixa temperatura de ebulição (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Durante o processo de extração, a solubilização do óleo no solvente ocorre por dois mecanismos:

“A dissolução por simples contato entre as células vegetais destruídas durante a prensagem ou moagem, ou através de difusão, onde o óleo atravessa lentamente as paredes semipermeáveis das células intactas para o meio líquido” (RAMALHO; SUAREZ, 2013, p.11).

Vale ressaltar que o óleo extraído pela extração por solventes orgânicos é denominado de óleo bruto e deve passar por outros processos posteriores, antes de chegar ao consumidor, visto que o solvente também extrai da matéria prima ceras e pigmentos que contaminam o óleo e podem gerar danos à saúde (RAMALHO; SUAREZ, 2013; SILVEIRA et al.,2012).

Fluido supercrítico: Tecnologicamente é uma técnica bastante sofisticada, na qual o meio extrator é um gás (normalmente o CO₂) que em determinada temperatura e pressão fica em um estágio entre o líquido e o gasoso podendo agir como solventes de matéria-prima (CARRILHO; TAVARES; LANÇAS, 2003).

A extração por fluido supercrítico é de alta eficiência, porque ela permite um produto final sem traços de solvente, porém, o seu sistema de extração consiste de equipamentos caros, fazendo com que não seja amplamente utilizada (MAUL; WASICKY; BACCHI,1996; VALENTIM; SOARES, 2018).

Destilação por arrastamento a vapor: É uma técnica bastante eficiente, simples e de baixo custo, a mesma é comumente empregada nas indústrias e em laboratórios para extrair principalmente o OE das folhas dos vegetais (GUIMARÃES; OLIVEIRA; ABREU, 2000).

A destilação por arrastamento a vapor acontece a partir do contato da matéria prima com a água em ebulição. O vapor da água força a abertura da parede celular do vegetal e permite a evaporação do óleo que está presente nas células da planta. A mistura que evapora contendo óleo e água é resfriada ao passar por um condensador e, “como os componentes voláteis e a água são imiscíveis, ocorre a formação de duas fases líquidas que podem ser separadas” (SILVEIRA, et al., 2012, p. 2043).

Prensagem a frio: Consiste em uma técnica simples, de baixo custo, no entanto exige um pouco mais de matéria prima, pois o seu processo não apresenta bons rendimentos de extração quando comparado as outras técnicas (PAZZOTI, 2019). A prensagem a frio é mais empregada para extrair o óleo de frutas e sementes oleaginosas, seu sistema funciona com a prensagem da matéria prima (triturada ou não) e também pode ser “combinado com outros sistemas de extração, como os que utilizam solventes, originando um processo misto” (BENTO et al, 2017, p. 48),

Enfloragem: diferentemente das técnicas mencionadas acima, a enfloragem é bastante complexa e muito utilizada pelas empresas de perfumaria para extrair a essência de pétalas de flores (ELTZ, et al., 2007). Apoiado em Lupe (2007), a enfloragem funciona da seguinte forma:

As pétalas são depositadas, a temperatura ambiente, sobre uma camada de gordura, durante certo período de tempo. Em seguida essas pétalas esgotadas são substituídas por novas até a saturação total, quando a gordura é tratada com álcool. Para se obter o óleo essencial, o álcool é destilado a baixa temperatura, o produto assim possui alto valor comercial (LUPE, 2007, p. 8).

É importante destacar que cada uma das técnicas mencionadas é utilizada de acordo com a localização do OE presente no vegetal.

4.4 Óleos essenciais no mercado

Tanto os OEs quanto os seus derivados são usados mundialmente pela indústria para produzir diversos produtos, tais como sabões, detergentes, cremes, perfumes, bebidas não alcoólicas, xaropes, condimentos e conservas, sorvetes, doces, goma de mascar, fármacos, solventes, repelentes e atualmente vêm ganhando espaço como suporte terapêutico na área da aromaterapia (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993; NASCIMENTO; PRADE, 2020).

Existe atualmente uma variedade enorme de OEs, mas o mercado global tem preferência por aqueles que apresentam uma ampla aplicabilidade e que não seja tão raro, como é o caso dos dezoitos OEs apresentados no quadro 1, os mesmos são usados mundialmente para vários fins (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Quadro 1 - Os óleos essenciais mais usados no mercado mundial

Óleo essencial	Espécie
Laranja (Brasil)	<i>Citrus sinensis (L.) Osbeck</i>
Menta japonesa (Índia)	<i>Mentha arvensis L. f. piperascens Malinv. ex Holmes</i>
Eucalipto (tipo cineol)	<i>Eucalyptus globulus Labill., E. polybractea R.T. Baker e Eucalyptus spp.</i>
Citronela	<i>Cymbopogon winterianus Jowitt e C. nardus (L.) Rendle</i>
Hortelã-pimenta	<i>Mentha x piperita L.</i>
Limão	<i>Citrus limon (L.) N.L. Burm.</i>
Eucalipto (tipo citronela)	<i>Eucalyptus citriodora Hook.</i>
Cravo-da-índia	<i>Syzygium aromaticum (L.) Merr. e L. M. Perry</i>
Cedro (EUA)	<i>Juniperus virginiana L. e J. ashei Buchholz</i>
Lima destilada (Brasil)	<i>Citrus aurantifolia (Christm. & Panz.) Swingle</i>
Spearmint (nativa)	<i>Mentha spicata L.</i>
Cedro (China)	<i>Chamaecyparis funebris (Endl.) Franco</i>
Lavandim	<i>Lavandula intermedia Emeric ex Loisel</i>
Sassafrás (China)	<i>Cinnamomum micranthum (Hayata) Hayata</i>
Cânfora	<i>Cinnamomum camphora (L.) J. Presl.</i>
Coentro	<i>Coriandrum sativum L.</i>
Grapefruit	<i>Citrus paradisi Macfady</i>
Patchouli	<i>Pogostemon cablin (Blanco) Benth.</i>

Fonte: Adaptada de BIZZO; HOVELL; REZENDE (2009, p. 588)

Em relação à produção desses compostos naturais no Brasil, o país faz parte do ranking dos 4 países (Índia, China, Indonésia e Brasil) que mais produzem esse tipo de substância. O Brasil ainda é considerado o maior produtor e exportador de óleos essenciais cítricos de laranja, lima e limão (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; ALMEIDA, 2017).

Considerando toda a discussão realizada sobre os óleos essenciais, destaca-se que o presente estudo tem como objeto de pesquisa o óleo essencial do capim-citronela.

4.5 Capim-citronela

O capim-citronela (Figura 4) é uma gramínea de crescimento rápido que se adapta bem ao clima tropical e subtropical (CASTRO; CHEMALE, 1995), não suporta temperaturas muito baixas. Desenvolve-se bem em solos areno-argilosos e francos, permeáveis e férteis, preferindo solos altos, secos e sem umidade excessiva. No seu período de crescimento, a planta é exigente em água. Porém, na colheita, o excesso de chuvas pode diminuir o teor de óleo essencial e afetar sua composição química (CASTRO; CHEMALE, 1995). Esta é uma cultura exigente em luz (intensidade) e em calor.

Figura 4 - Capim-citronela cultivada em jardim privado localizado em Araguaína (TO)



Fonte: Autora

A citronela ou capim-citronela apresenta duas espécies distintas, *Cymbopogon nardus* (citronela do Ceilão) e *Cymbopogon winterianus* (citronela de Java). Ambas são comumente confundidas, embora sejam morfológicamente diferentes. A citronela de Java (*Cymbopogon winterianus*) possui folhas menores e mais largas e apresenta maior rendimento de óleo essencial (CASTRO et al, 2010).

4.6 Óleo essencial do capim-citronela

Para a indústria, o OE a ser estudado está entre os óleos mais importantes (quadro 1), pois além de não ser raro, é um excelente aromatizante de ambientes, apresenta ação repelente contra insetos, tem ação antimicrobiana e acaricida e, ainda, pode ser utilizado na fabricação de perfumes e cosméticos (REIS et al., 2006).

O óleo essencial do capim citronela apresenta em sua composição vários compostos químicos, sendo os de maior concentração: citronelal, citronelol, geraniol e elemol (VELOSO et al., 2012). Este óleo pode ser extraído de sua matéria prima a partir da destilação por arraste a vapor.

Com relação à identificação dos componentes químicos e à avaliação da pureza tanto do OE do capim-citronela quanto dos demais OE, de acordo com Wolffenbuttel (2016), é realizada por cromatografia gasosa e espectrometria de massas.

4.7 Cromatografia Gasosa

A cromatografia gasosa (GC) consiste em um dos métodos físico-químico de análise amplamente utilizado para separar, identificar e quantificar compostos químicos voláteis ou volatilizáveis. Esta ainda apresenta grande aplicabilidade na área da medicina legal, química, farmacêutica, ambiental, análises clínicas e outras (PENTEADO, MAGALHÃES, MASINI, 2008).

Para aumentar o poder analítico, a cromatografia gasosa pode ser usada de forma híbrida, ou seja, acoplada a uma outra técnica, por exemplo, a espectrometria de massa (MS) que sucintamente, consiste em uma técnica que mede as razões massa/carga (m/z) dos íons vindo de uma determinada fonte (MEURER, 2020).

Quando as duas técnicas são utilizadas juntas (GC/MS), elas possibilitam novos caminhos para elucidar a estrutura da matéria, pois enquanto uma faz a separação dos componentes da mistura gasosa, a outra desempenha o papel de identificação dos componentes químicos gasosos separados (BUSTILLOS, 2020).

5 METODOLOGIA

5.1 Materiais e Reagentes

Para as extrações e identificação dos constituintes químicos do óleo essencial do capim-citronela, foram utilizados os seguintes materiais e reagentes:

- Béquer (500mL e 50mL)
- Balão de fundo redondo 2L
- Sistema Clevenger
- Suporte universal
- Garra
- Manta aquecedora
- Balança analítica (SHIMADZU AUY 220)
- Balança analítica (Marte/ AL 500 C)
- Parafilm
- Papel filtro
- Tesoura
- Espátula
- Água destilada
- Hexano P.A
- Folhas de capim-citronela

- Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (GC modelo 7890B e MS modelo 5977)
- Sulfato de sódio anidro

5.2 Material vegetal

Toda parte experimental do trabalho foi conduzida nos laboratórios de Química Inorgânica e Físico-Química, e no laboratório Central de Analítica da Universidade Federal do Tocantins – UFT, campus Araguaína-Cimba, nos meses de abril, maio, junho e julho do ano de 2021. O material utilizado para o estudo constituiu-se das folhas do capim-citronela.

Antes dos procedimentos experimentais em laboratório, houve o cultivo do vegetal que a princípio consistiu na aquisição das mudas jovens. As mesmas foram adquiridas em 22 de julho de 2020 em uma floricultura localizada na cidade de Araguaína (TO). O plantio do vegetal foi realizado na mesma cidade, em um jardim particular, um dia após a compra. As mudas foram plantadas conforme as instruções de Pereira, Brito e Bezerra (2017) e Castro (et al., 2010), onde plantou-se três perfilhos em uma cova adubada com aproximadamente 3kg de esterco bovino curtido e receberam água durante os primeiros 15 dias.

A primeira colheita para estudo ocorreu após o nono mês de plantio do vegetal. Ao todo foram realizadas quatro colheitas em épocas diferentes que abrangeram os meses de abril, maio, junho e julho de 2021.

A colheita de abril foi realizada no primeiro dia do mês, às 7h40min. O material coletado foi colocado dentro de uma sacola de papelão para proteção durante o deslocamento até a Universidade. No laboratório, foram retiradas e descartadas a parte lenhosa e as pontas do vegetal conforme mostra a figura 5. Depois, as folhas foram divididas em duas partes diferentes e pesadas. As massas obtidas foram de 109,67 g e 13,56 g. A amostra de maior massa foi destinada para o processo de extração e a de menor massa para a determinação de umidade foliar.

Figura 5 - Parte lenhosa e as pontas das folhas do Capim-citronela (*Cymbopogon sp.*)



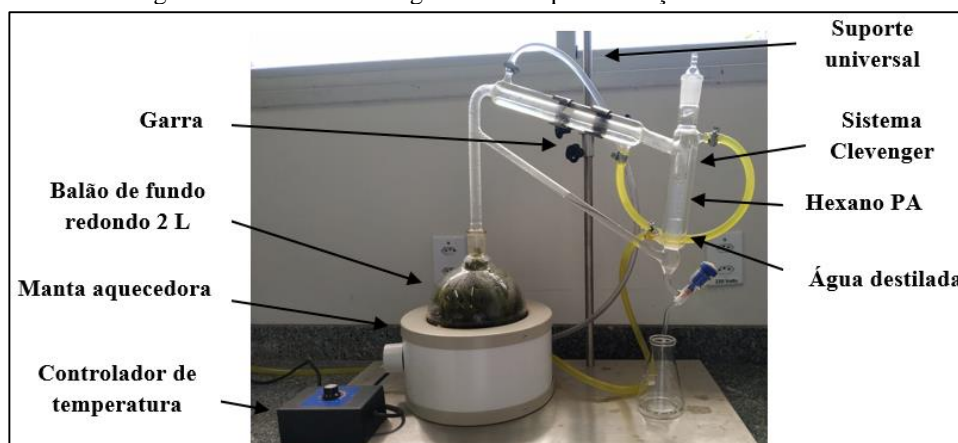
Fonte: Autora

A segunda colheita aconteceu no dia 13 de maio, a terceira no dia 9 de junho e a quarta e última colheita foi realizada no dia 8 de julho de 2021, todas no mesmo horário da manhã, às 7h30min. Os procedimentos realizados foram os mesmos do mês de abril, contudo, as massas obtidas foram de 76,54 g e 10,65 g no mês de maio, 92,41 g e 8,94 g em junho e 95,13 g e 7,98 g em julho. Ressaltando que as amostras de maior massa foram destinadas para o processo de extração do óleo essencial e a de menor massa para a determinação de umidade foliar.

5.3 Extração do óleo essencial

O óleo essencial das quatro amostras foi obtido por meio da destilação por arraste a vapor acoplada ao sistema Clevenger (Figura 6). As folhas frescas recém coletadas foram adicionadas a um balão de fundo redondo volumétrico de 2 L, acoplado ao aparelho tipo Clevenger (graduação de 10 mL) ligado a um condensador. Metade do balão foi preenchido com água destilada. Sobre o tubo graduado do aparelho Clevenger, adicionou-se o volume de 3 mL de Hexano, o solvente foi utilizado para separar a água do óleo por afinidade de polaridade. Após destilação por 2 horas com a graduação da manta térmica em 5, recolheu-se a solução em um béquer de 50mL.

Figura 6 - Sistema Clevenger utilizado para extração do óleo essencial



Fonte: Autora

A água e o Hexano foram separados do óleo essencial mediante duas etapas. A primeira consistiu na retirada de traços de água da solução obtida (Figura 7), para isso foi usado o sulfato de sódio anidro, após o tratamento fez-se a filtragem da solução em papel filtro para um outro béquer de 50mL. O segundo momento constitui-se na retirada do solvente por evaporação que ocorreu com o auxílio de uma manta térmica. Após as duas etapas, determinou-se através da equação 1 o rendimento do óleo obtido em cada mês. Depois, as amostras foram identificadas

(OECM4, OECM5, OECM6 e OECM7) e armazenadas em frascos adequadamente fechados e logo em seguida foram levadas ao refrigerador e permaneceram até o momento da análise cromatográfica para separação e identificação dos compostos químicos.

Figura 7 - Retirada de traços de água da solução



Fonte: Autora

$$R = \frac{\text{Massa}_{\text{óleo essencial}}}{\text{Massa}_{\text{folhas frescas}}} \times 100\% \quad \text{Equação 1}$$

5.4 Identificação dos compostos químicos nas quatro amostras do óleo essencial do capim-citronela por (GC-MS)

Com uma micropipeta, (20-200 μL) foi adicionada, no *vial* âmbar (tipo Aijiren HPLC Sample), uma pequena alíquota do óleo essencial do capim-citronela. Em seguida, nesse mesmo *vial*, adicionou-se com outra micropipeta (100-1000 μL) 1000 μL do solvente Hexano grau HPLC. O procedimento foi o mesmo para as quatro amostras.

A avaliação qualitativa do óleo essencial ocorreu por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (Agilent Technologies, modelo 7890B) com detector Agilent Technologies (modelo 5977B MSD) e coluna Agilent HP – 5MS com medidas (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm) e fase estacionária 5% phenylmethylsiloxan. Para o processo, utilizou-se Hélio como gás de arraste em um fluxo constante na coluna cromatográfica sob pressão de 80,0 psi na coluna. Foi injetado, no modo *Split*, o volume de 0,1 μL de óleo essencial no injetor com temperatura de 210 $^{\circ}\text{C}$. A condição inicial de temperatura do forno foi de 60 $^{\circ}\text{C}$ durante 1 minuto, com posterior elevação de 3 $^{\circ}\text{C}$ por minuto até 240 $^{\circ}\text{C}$. O tempo total de corrida para ambas amostras foi de 61min e, todas foram injetadas através do modo automático do próprio aparelho. A programação da rampa do GC/MS baseou-se em Castro (et al., 2010), porém, com

algumas otimizações realizadas por nós. A identificação dos componentes se deu por comparação dos espectros de massas obtidos com os espectros de massas disponíveis no banco de dados (NIST2014) do equipamento.

5.5 Secagem das folhas do capim-citronela para a determinação da umidade foliar

As quatro amostras de folhas destinadas para secagem foram identificadas (UFM4, UFM5, UFM6 e UFM7) e encaminhadas para processo de secagem natural, onde estas foram dispostas em camadas finas (Figura 8) à temperatura ambiente por um período de 12 dias. O teor de água nas folhas foi determinado a partir da equação 2.

Figura 8 - Folhas frescas e folhas secas do capim-citronela



Fonte: Autora

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{M_{fs}}{M_{ff}} \times 100\% \quad \text{Equação 2}$$

Onde;

M_{fs} = massa das folhas secas

M_{ff} = massa das folhas frescas

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de existirem duas espécies da planta, a do presente estudo será tratada apenas como *Cymbopogon sp*, capim-citronela ou simplesmente citronela, pois não houve identificação botânica do vegetal utilizado nessa pesquisa.

As quatro coletas das folhas do capim-citronela foram realizadas na rua dos Lírios, quadra 21, no setor Jardim Pedra Alta, município de Araguaína (TO), nos dias 01 de abril, 13 de maio, 09 de junho e 08 de julho de 2021 (Tabela 1). Das quatro coletas, duas foram feitas no final do período chuvoso (abril e maio) e duas no início do período de seca (junho e julho). De

acordo com Marcuzzo e Goularte (2012), o período chuvoso nas cidades tocantinenses se estende de setembro a maio e o período de seca (três meses) vai de junho a agosto. Os dados climáticos do dia exato de cada coleta foram obtidos a partir da rede de computadores no site www.weather.com.

Tabela 1 - Dados climáticos das coletas do capim-citronela nos meses de abril, maio, junho e julho de 2021

	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta
Data da coleta	01/04/2021	13/05/2021	09/06/2021	08/07/2021
Hora da coleta	7h40min	7h30min	7h30min	7h30min
Temperatura	25 °C	23 °C	22 °C	24°C
Umidade relativa	90%	92%	92%	82%
Velocidade do Vento	8 Km/h	4 Km/h	5 Km/h	3 Km/h
Clima	Nublado	Nublado	Parcialmente nublado	Céu Aberto

Fonte: Autora

Durante os meses em que o estudo foi realizado (abril, maio, junho e julho), constatou-se que as folhas do vegetal apresentaram mudanças de cor (figura 9), nas quais foram de um verde acinzentado para um verde mais claro, o que é normal, uma vez que a planta começou a receber mais sol com a chegada do período de seca e, conseqüentemente, passou a produzir mais clorofila (KLUGE; TEZOTTO-ULIANA; DA SILVA, 2015).

Figura 9 - Capim-citronela (*Cymbopogon sp.*)



Fonte: Autora

6.1 Determinação da umidade foliar

As folhas de tecidos não lenhosos costumam apresentar um percentual de água acima dos 70% (MATOS, 2019). As folhas analisadas por nós mostraram um teor de armazenamento

médio de água de 64,15%. Apoiado em Matos (2019), as porcentagens de água armazenadas pelo capim-citronela nos meses de abril, maio, junho e julho (Tabela 2), estão dentro do estabelecido para o seu tipo foliar, visto que as folhas do *Cymbopogon sp* apresentam um tecido lenhoso e para os vegetais que têm esse tipo de tecido, o teor de água fica entre 50 e 70%.

Tabela 2 - Massa inicial e final e porcentagem de água presente nas amostras UFM4, UFM5, UFM6 e UFM7

Amostras	Data da coleta	Massa folhas frescas	Massa folhas secas	% Água
UFM4	01/04	13.56 g	4.30 g	68.29%
UFM5	13/05	10.65 g	4.11 g	61.40%
UFM6	09/06	8.95 g	3.10 g	65.36%
UFM7	08/07	7.98 g	3.07 g	61.53%

Fonte: Autora

6.2 Análise do teor de óleo essencial presente nas folhas do *Cymbopogon sp*

Encontramos na literatura que a quantidade de óleo essencial extraído das folhas frescas do capim-citronela pode variar de 0,44% a 0,97% (EHLERT et al., 2006). O valor médio de rendimento das amostras obtido por nós foi de 0,62% (Tabela 3). Observa-se ainda que os maiores teores de OE foram obtidos na segunda (OECM5) e quarta (OEMC7) época de colheita (0,68%). Na primeira época (OECM4) de colheita foi obtido o menor valor em teor de óleo essencial (0,54%) (Tabela 3). É importante evidenciar que o óleo essencial do *Cymbopogon sp* extraído nos quatro meses não mostrou alterações em suas características organolépticas, o mesmo continuou exibindo um odor agradável floral-cítrico e sem presença de coloração (incolor).

Tabela 3 - Rendimentos de óleo essencial das amostras obtidas nos meses de abril, maio, junho e julho de 2021

Amostras	Data da coleta	Peso folhas frescas	Peso óleo extraído	Rendimento óleo
OECM4	01/04	109.67g	0.59g	0.54%
OECM5	13/05	76.54g	0.52g	0.68%
OECM6	09/06	92.41g	0.53g	0.57%
OEMC7	08/07	95.13g	0.65g	0.68%

Fonte: Autora

6.3 Compostos voláteis identificados no OE do *Cymbopogon sp* por GC-MS

As análises das amostras realizadas por GC/MS mostraram que não ocorreu variação na composição química do óleo essencial do *Cymbopogon sp* extraído das folhas coletadas nos meses de abril (OECM4) e maio (OECM5) (Tabela 4, Figuras 11 e 12), porém, o mesmo resultado não se repetiu nas duas amostras referentes ao início do período de seca do estado do Tocantins, dado que o óleo extraído nos meses de junho (OECM6) e julho (OECM7) (Tabela 4, Figuras 13 e 14), apresentou alguns constituintes que não foram ao encontro dos constituintes encontrados no óleo extraído nos meses de abril e maio. Percebe-se ainda que o maior número de constituintes foi encontrado no OE extraído das folhas coletadas no mês de julho (OECM7). Ao todo, dezessete compostos foram identificados e estão exibidos na Tabela 4 e na Figura 10.

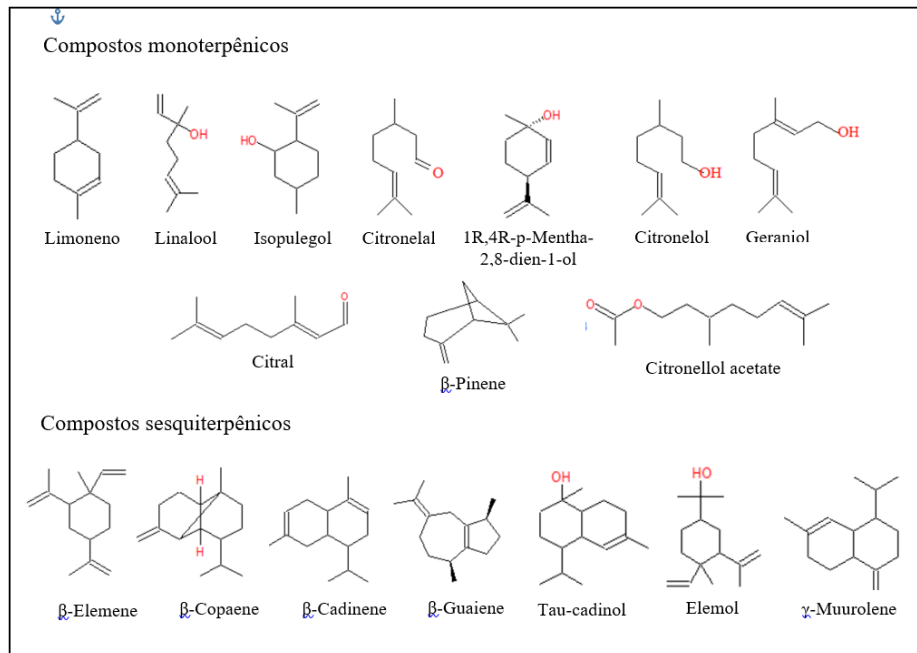
Tabela 4 - Constituintes encontrados no óleo essencial do *Cymbopogon sp* por GC/MS, no final do período chuvoso e início do período de seca da cidade de Araguaína (TO)

Compostos	Amostras e os respectivos tempo de retenção de cada composto			
	OECM4	OECM5	OECM6	OECM7
C1	8.52	8.54	8.50	8.54
C2	11.17	11.19	11.14	11.21
C3	12.97	12.99	12.95	12.99
C4	13.27	13.30	13.29	13.33
C5	16.48	16.50	16.46	16.48
C6	17.01	17.02	-	17.02
C7	17.60	17.62	17.61	17.61
C8	18.26	18.29	18.24	18.31
C9	21.80	21.80	21.78	21.83
C10	23.07	23.10	23.10	23.12
C11	26.92	26.93	26.90	26.92
C12	28.62	28.63	28.61	28.63
C13	29.61	29.62	-	-
C14	-	-	29.60	29.60
C15	-	-	30.59	30.60
C16	33.55	33.56	33.54	33.56
C17	34.01	34.02	33.96	34.03
NC	15	15	15	16

C1 = limoneno; C2 = linalol; C3 = isopulegol; C4 = citronelal; C5 = citronelol; C6 = 1R,4R-p-Mentha-2,8-dien-1-ol; C7 = geraniol; C8 = citral; C9 = citronelol acetate; C10 = pinene; C11 = copaene; C12 = β -cadinene; C13 = β -elemene; C14 = elemol; C15 = γ -muurolene; C16 = tau-cadinol; C17 = β -guaiene.

Fonte: Autora

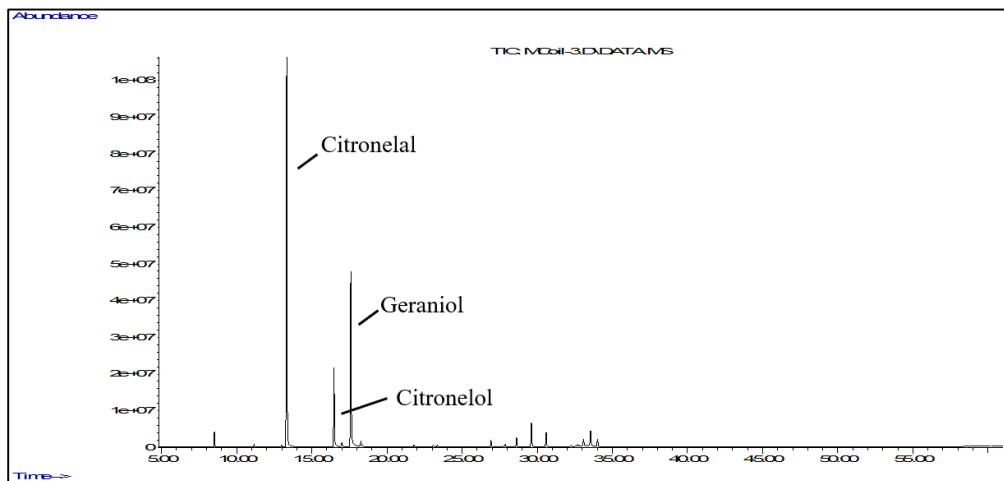
Figura 10 - Composto mono e sesquiterpênicos encontrados no OE do *Cymbopogon sp*



Fonte: Autora

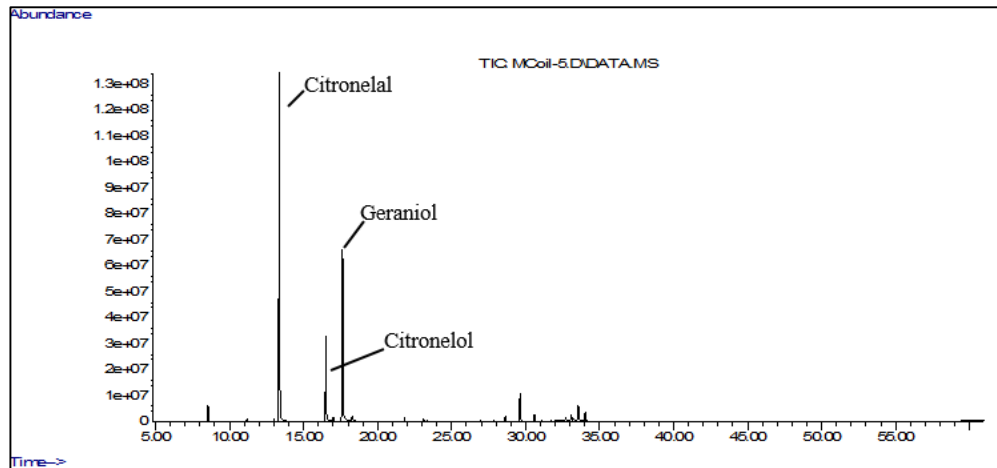
Ainda sobre a análise da composição química das quatro amostras (OECM4, OECM5, OECM6 e OECM7), constatou-se pelos cromatogramas (Figuras 11,12, 13 e 14) que durante os quatro meses, o OE do *Cymbopogon sp* apresentou os mesmos constituintes majoritários, sendo eles o citronelal, citronelol e geraniol.

Figura 11 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de abril



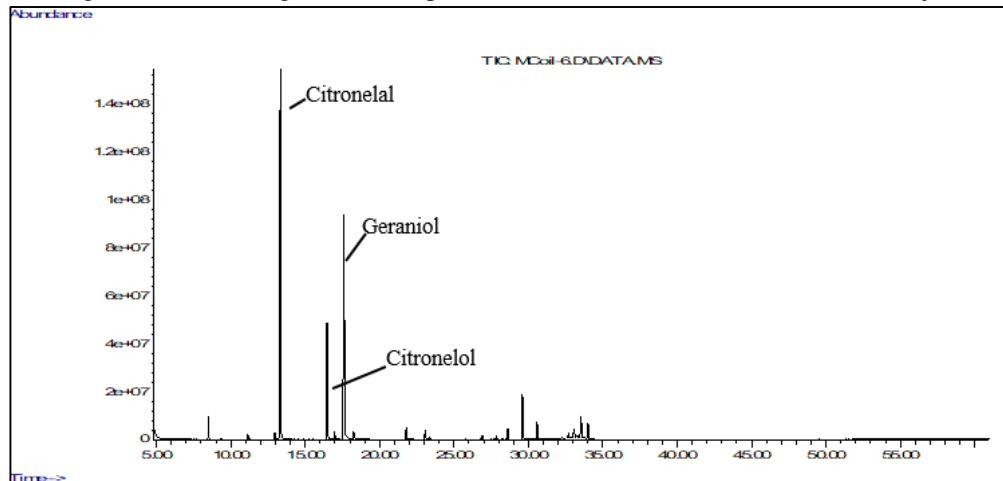
Fonte: Autora

Figura 12 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de maio



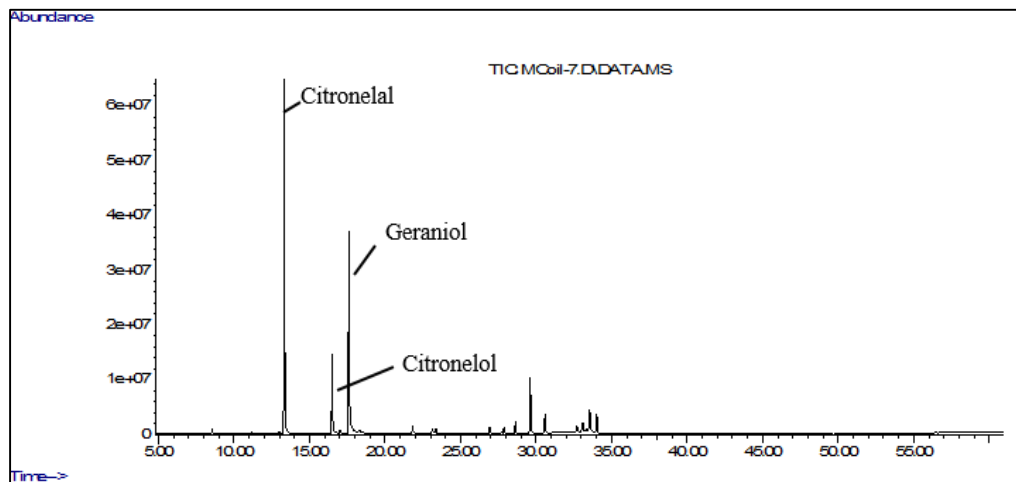
Fonte: Autora

Figura 13 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de junho



Fonte: Autora

Figura 14 - Cromatograma obtido por análise GC/MS do OE extraído no mês de julho



Fonte: Autora

Os constituintes majoritários encontrados por nós no OE do *Cymbopogon sp* corroboram com os encontrados na literatura (OLIVEIRA et al., 2010; SIMIC et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; KAKARAPARTHI et al., 2014), porém se diferenciaram em partes com os encontrados por Castro (et al., 2010), Mahalwal e Ali (2002), Veloso (et al., 2012) e Rocha (et al., 2000) (Tabela 5).

Tabela 5 - Estudos realizadas sobre a composição química do OE do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* e *Cymbopogon winterianus*) em três países diferentes

Autor (es)	<i>Cymbopogon nardus</i>			CM
	CI	SF	LC	
Mahalwal e Ali (2002)	35	Parcialmente secas	Índia	Citronela, geraniol e γ -Terpineol
Castro et al (2010)	23	Secas	Gurupi/TO	Citronelal, geraniol e elemol
Oliveira et al (2010)	13	Frescas	Lavras/MG	Citronela, geraniol e citronelol
Veloso et al (2012)	24	Secas	Gurupi/TO	Citronelal, geraniol, citronelol e elemol
<i>Cymbopogon winterianus</i>				
Rocha et al (2000)	13	Secas	Unesp/SP	Citronela, citronelol, neral e elemol
Simic et al (2008)	23	-	Alemanha	Citronela, geraniol e citronelol
Silveira et al (2012)	20	Frescas	Concordia/SC	Citronela, geraniol e citronelol
Kakaraparthi et al (2014)	20	Frescas	Índia	Citronela, geraniol e citronelol

CI = compostos identificados; SF = situação das folhas; LC = local de colheita; CM = compostos majoritários
Fonte: Autora

Verificamos ainda nos estudos realizados pelos autores apresentado na tabela 5, o quanto a composição química do OE da citronela se diversifica de uma espécie para a outra (*nardus* e *winterianus*) e também dentro da mesma espécie cultivada na mesma região, isso é normal acontecer, já que a variação dos constituintes químicos não está atrelada apenas a fatores genéticos e ambientais, mas também aos fenológicos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

6.4 Propostas de fragmentações

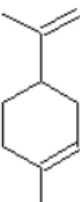
Antes de serem analisadas e detectadas pelo espectro de massas (EM), as moléculas identificadas no óleo essencial do capim-citronela foram, a princípio, transformadas em partículas carregadas por uma fonte de ionização que ocorreu pelo método de ionização por impacto de elétrons (EI), onde as moléculas neutras fragmentaram-se significativamente em

íons moleculares, e suas fragmentações reproduziram-se gerando seus espectros de massas, que foram comparados com os espectros de referência disponíveis na acervo de dados da biblioteca NIST MS 2014 (PAVIA et al., 2015).

Como este trabalho trata-se de uma introdução à pesquisa em óleos essenciais, e observa-se que os mesmos são bastante estudados, buscou-se, então, na literatura trabalhos que sanassem as dúvidas das fragmentações dos compostos identificados. Entretanto, foram encontrados poucos trabalhos que discutissem as fragmentações. Neste sentido, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a interpretação destes espectros, o trabalho aqui apresentado vem trazer para o público iniciante em pesquisa, propostas de fragmentações dos seis terpenos (limoneno, linalool, citronelal, citronelol, geraniol e o citral) identificados no óleo essencial do *Cymbopogon sp* mais utilizados no mercado.

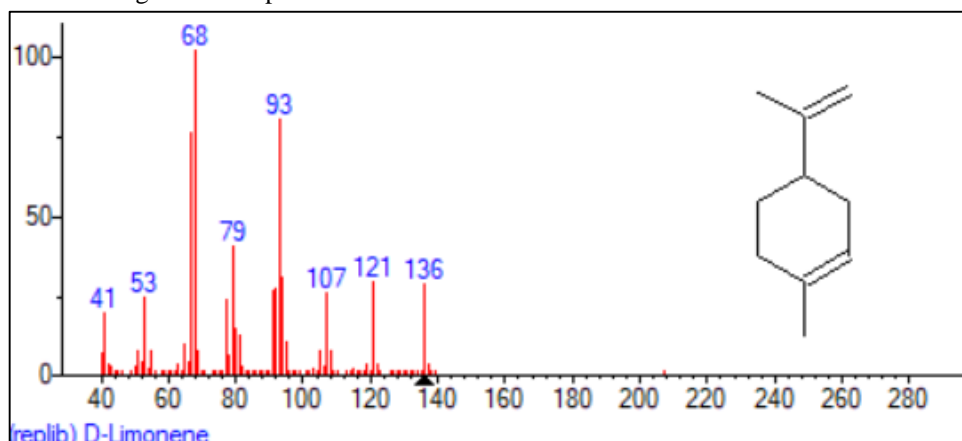
As fragmentações propostas foram feitas utilizando o programa *Chem Windows*. No Quadro 2, encontram-se os dados obtidos a partir da biblioteca NIST MS 2014 do aparelho sobre a molécula do Limoneno. O espectro de massas do Limoneno é apresentado na Figura 15, e nas Figuras 16, 17 e 18 são apresentadas as fragmentações da molécula que foram feitas com base no trabalho de Mazzinghy (2021).

Quadro 2 - Dados do monotерpeno cíclico Limoneno

	Nomenclatura IUPAC: 1-metil-4-isopropenilciclohex-1-eno
	Nome usual: Limoneno, limonene
	Fórmula molecular: C ₁₀ H ₁₆
	Peso molecular aproximado: 136 g/mol

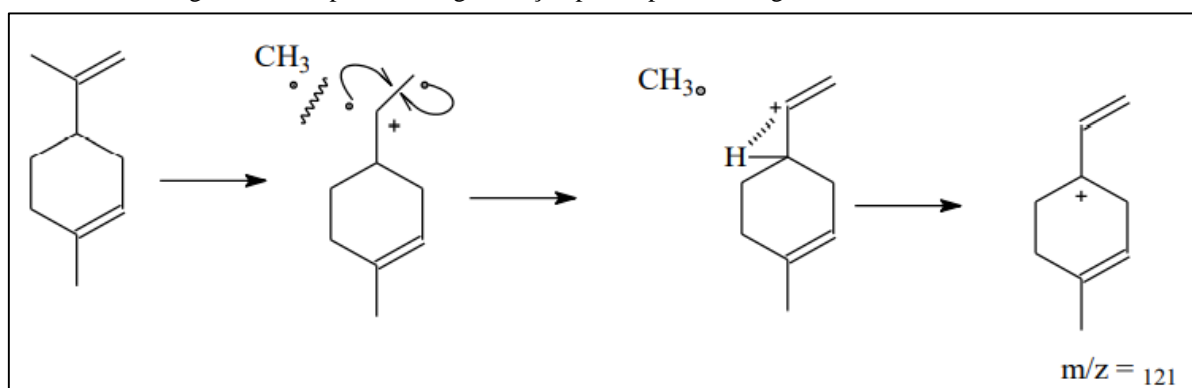
Fonte: Autora

Figura 15 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Limoneno



Fonte: Autora

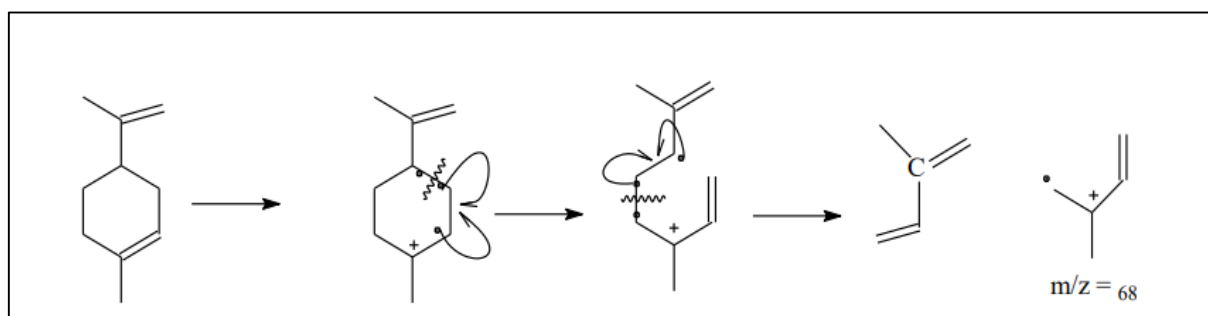
Figura 16 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 121$



Fonte: Adaptada de MAZZINGHY (2021, p. 36)

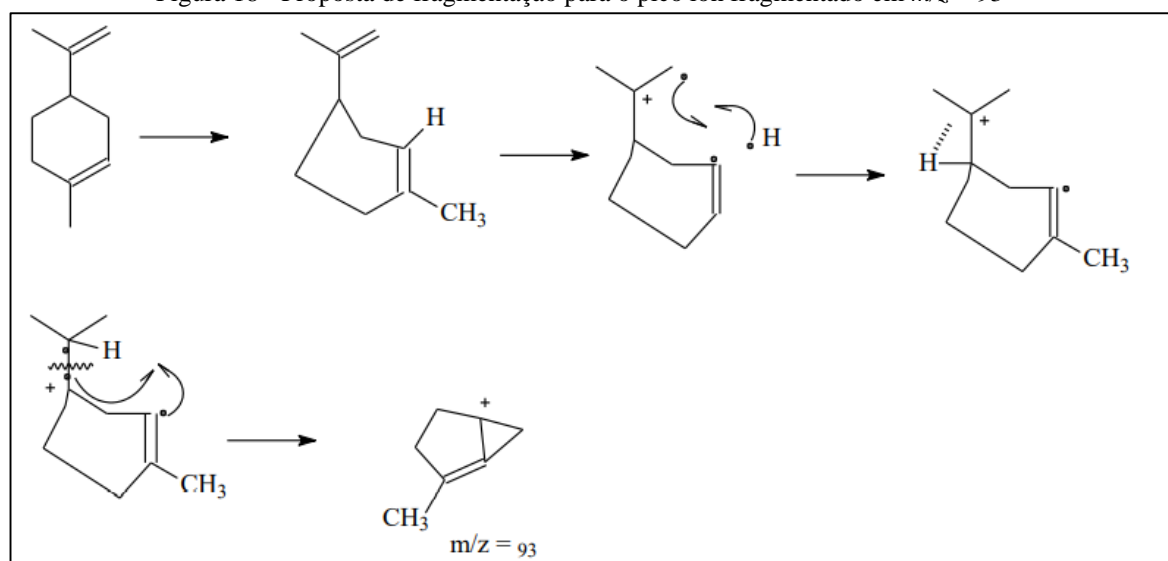
O pico $m/z = 121$ (Figura 16) trata-se de um clássico da literatura, onde ocorre a formação de um carbocátion secundário após a retirada do radical metila. Porém, para dar maior estabilidade ao fragmento formado, o mesmo sofreu um rearranjo e gerou um carbocátion terciário, diminuindo assim a sua energia de ionização.

Figura 17 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 68$



Fonte: Adaptada de MAZZINGHY (2021, p. 37)

Baseado em Pavia (2015), o pico $m/z = 68$ (Figura 17), corresponde ao fragmento dieno que surge da fragmentação retro Diels-Alder. A fragmentação resultou na separação da molécula em duas unidades isoprênicas, no entanto, das duas unidades, somente o cátion radicalar $m/z = 68$ será detectado pelo espectro de massas.

Figura 18 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 93$ 

Fonte: Adaptada de MAZZINGHY (2021, p. 37)

Na figura 18, observa-se que a proposta de fragmentação para o pico $m/z = 93$, foi necessário a princípio o rearranjo de McLafferty, que por meio de uma ruptura homolítica (movimentação de um elétron) ocorreu a migração do hidrogênio gama para o carbono radicalar e conseqüentemente, acabou facilitando a fragmentação da molécula.

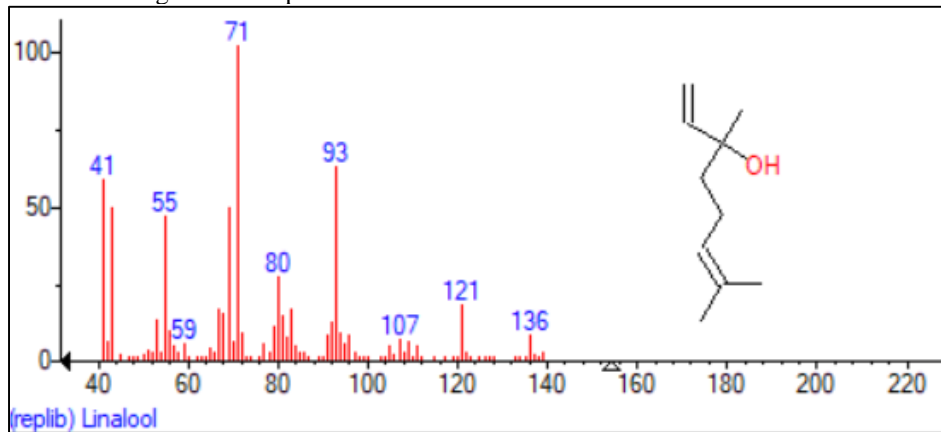
No quadro 3 encontram-se os dados referente a molécula Linalool, o espectro de massas da mesma na Figura 19, e nas Figuras 20, 21 e 22 são apresentadas as fragmentações da molécula que foram feitas com base no trabalho de Silva (2018).

Quadro 3 - Dados do monoterpene acíclico Linalool

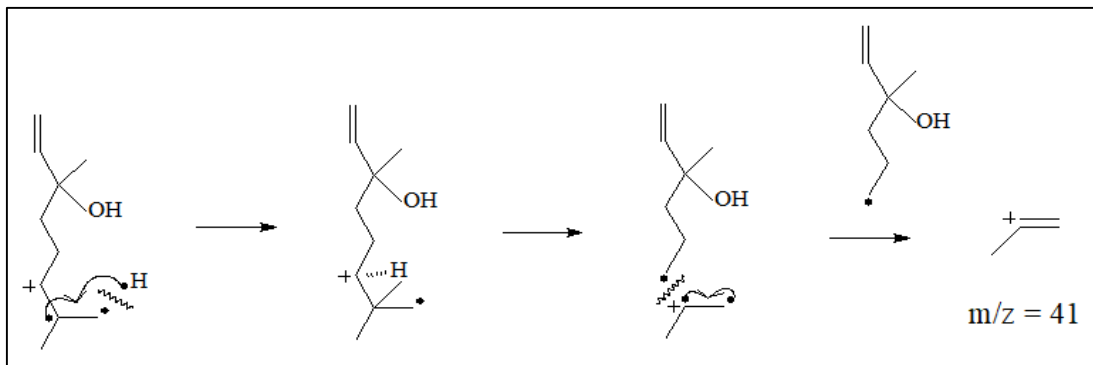
	Nomenclatura IUPAC: 3,7-dimetil-octa-1,6-dien-3-ol
	Nome usual: Linalool, Linaol
	Fórmula molecular: C ₁₀ H ₁₈ O
	Peso molecular aproximado: 154 g/mol

Fonte: Autora

Figura 19 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Linalool



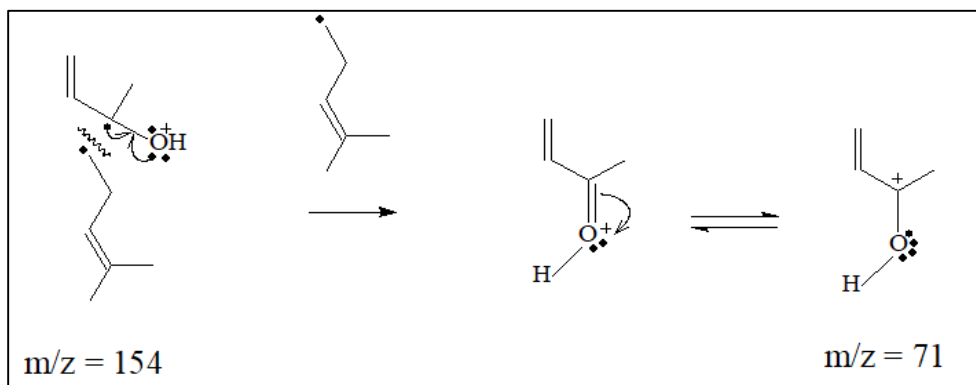
Fonte: Autora

Figura 20 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 41$ 

Fonte: Adaptada de SILVA (2018, p. 26)

Em decorrência do rearranjo de um elétron desemparelhado com um hidrogênio do carbono vizinho (Figura 20), foi possível propor novas fragmentações ao carbocátion radicalar.

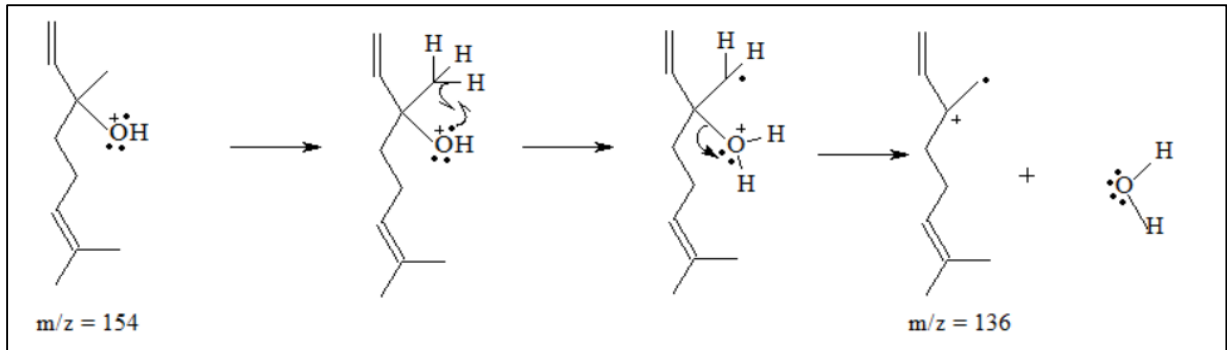
O fragmento $m/z = 71$ (Figura 21) foi originado a partir da formação da ligação π que ocorreu com a clivagem da ligação entre carbono alfa e carbono beta com o elétron radical, porém, para dá maior estabilidade ao fragmento $m/z = 71$, houve a clivagem dos dois elétrons da ligação π formada entre carbono e oxigênio para o oxigênio que estava protonado.

Figura 21 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 71$ 

Fonte: Adaptada de SILVA (2018, p. 27)

A fragmentação do pico $m/z = 136$ (Figura 22) trata-se de um clássico da orgânica, onde ocorreu a saída de água e o pico fragmentado formado é um carbocátion radicalar.

Figura 22 - Proposta de fragmentação para o pico íon fragmentado em $m/z = 136$



Fonte: Autora

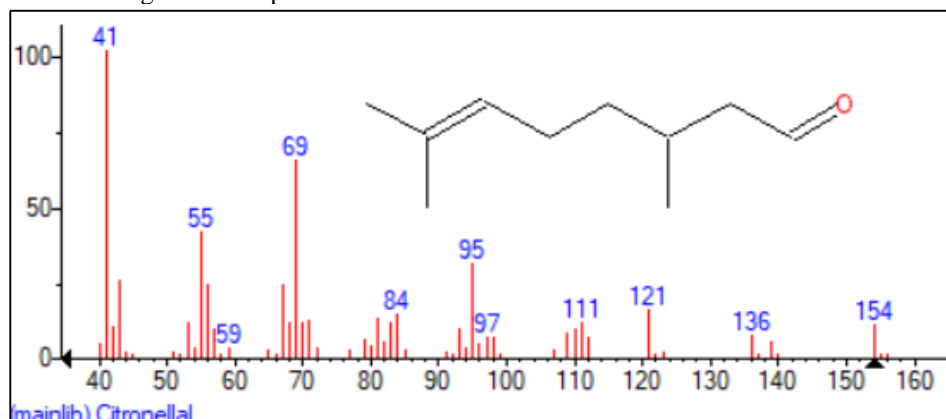
No quadro 4 encontram-se os dados referente a molécula Citronelal e o espectro de massas da mesma na Figura 23.

Quadro 4 - Dados do monoterpeno acíclico Citronelal

	Nomenclatura IUPAC: 6-Octenal, 3,7-dimethyl
	Nome usual: Citronelal
	Fórmula molecular: $C_{10}H_{18}O$
	Peso molecular aproximado: 154 g/mol

Fonte: Autora

Figura 23 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citronelal

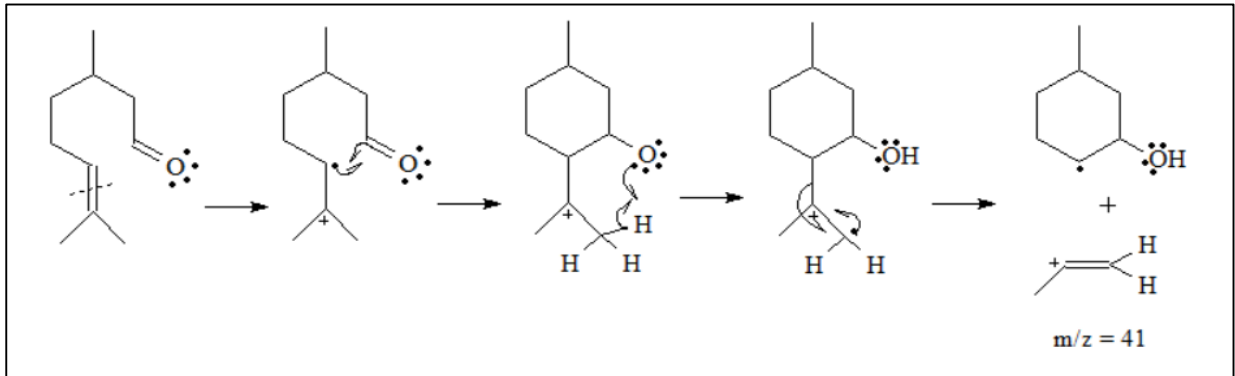


Fonte: Autora

O citronelal é o principal componente do óleo essencial do capim-citronela, ele é o responsável pelo aroma acentuado de limão no óleo (CARNEIRO et al., 2015). Atualmente, o citronelal é usada para muitos fins, inclusive como material básico para a síntese de importantes compostos químicos denominados iononas e para a síntese de vitamina A. Na literatura foram

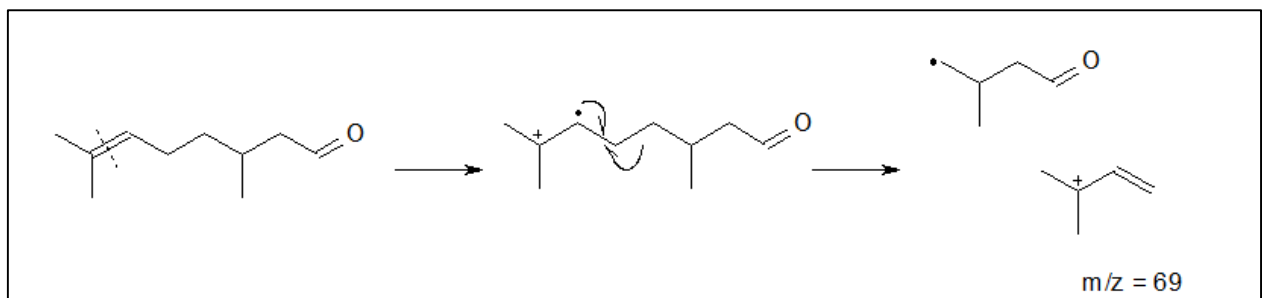
encontrados vários estudos sobre o composto (SEIXAS et al., 2011; CAVALCANTI et al., 2011; BRITO et al., 2012; TOMAZ et al., 2014; SCHERER et al., 2009; ANDRADE et al., 2012; BRITO et al., 2012; CHAGAS et al., 2002), no entanto, em nenhum deles foi apresentado a fragmentação da molécula. Diante disso, as figuras 24 e 25, trazem para o leitor a fragmentação dessa molécula nos seus picos mais intensos ($m/z = 41$ e $m/z = 69$).

Figura 24 - Proposta de fragmentação do Citronelol para o pico íon fragmentado em $m/z = 41$



Fonte: Autora

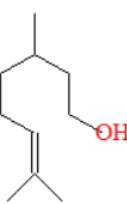
Figura 25 - Proposta de fragmentação do Citronelol para o pico íon fragmentado em $m/z = 69$



Fonte: Autora

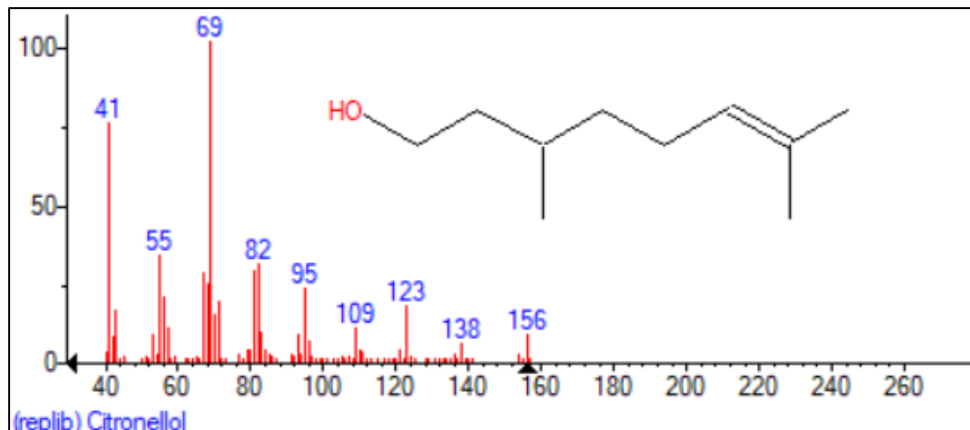
No quadro 5 encontram-se os dados referente a molécula Citronelol, o espectro de massas da mesma na Figura 26, e na Figura 27 são apresentadas as propostas de fragmentações da molécula em três picos ($m/z = 69$, 138 e 41).

Quadro 5 - Dados do monoterpeno acíclico Citronelol

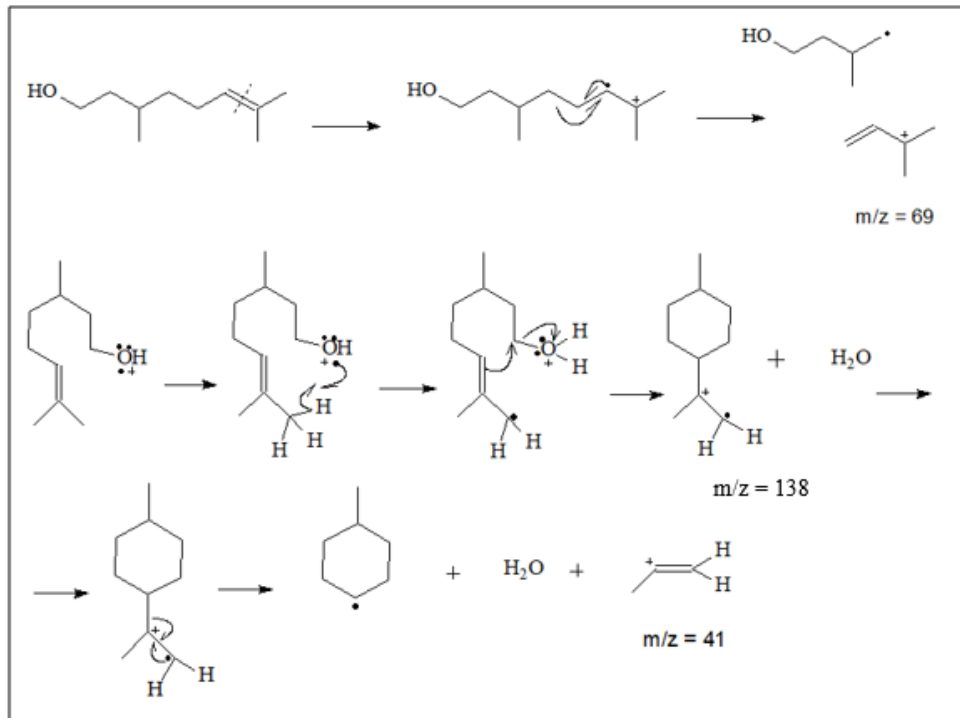
	Nomenclatura IUPAC: 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl
	Nome usual: Citronelol
	Fórmula molecular: $C_{10}H_{20}O$
	Peso molecular aproximado: 156 g/mol

Fonte: Autora

Figura 26 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citronelol



Fonte: Autora

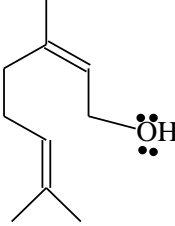
Figura 27 - Proposta de fragmentação do Citronelol para os picos íon fragmentados em $m/z = 69$, 138 e 41

Fonte: Autora

Observa-se que as fragmentações propostas para os picos $m/z = 69$ dos compostos Citronelal (Figura 25) e Citronelol (Figura 27) seguem os mesmos passos, uma vez que as moléculas se assemelham em certas partes.

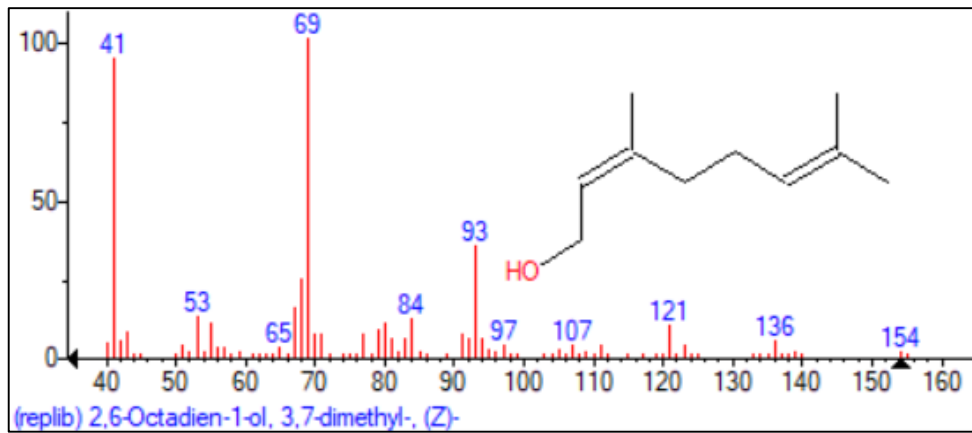
Nos Quadros 6 e 7 encontram-se os dados das moléculas do Geraniol e Citral, e nas figuras 28 e 31 são apresentados os espectros de massas das mesmas, e nas figuras 29, 30, 32 e 33 são apresentadas as fragmentações das moléculas que foram feitas com base no trabalho de Moreira (2018).

Quadro 6 - Dados do monoterpene acíclico Geraniol

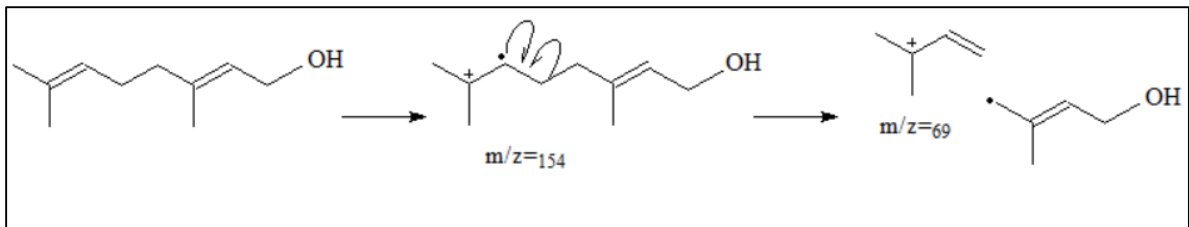
	Nomenclatura IUPAC: 2,6-octadieno-1-ol, 3,7-dimetil-,(E)
	Nome usual: Geraniol
	Fórmula molecular: C ₁₀ H ₁₈ O
	Peso molecular aproximado: 154 g/mol

Fonte: Autora

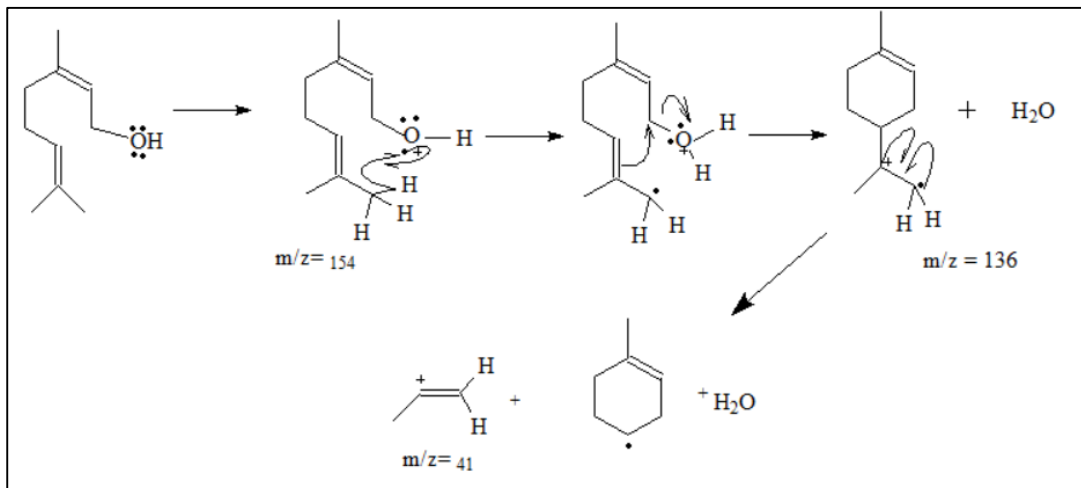
Figura 28 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Geraniol



Fonte: Autora

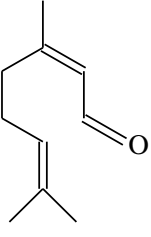
Figura 29 - Proposta de fragmentação do Geraniol para o pico íon fragmentado em $m/z = 69$ 

Fonte: Adaptada de MOREIRA (2018, p. 32)

Figura 30 - Proposta de fragmentação do Geraniol para os picos íon fragmentados em $m/z = 136$ e 41

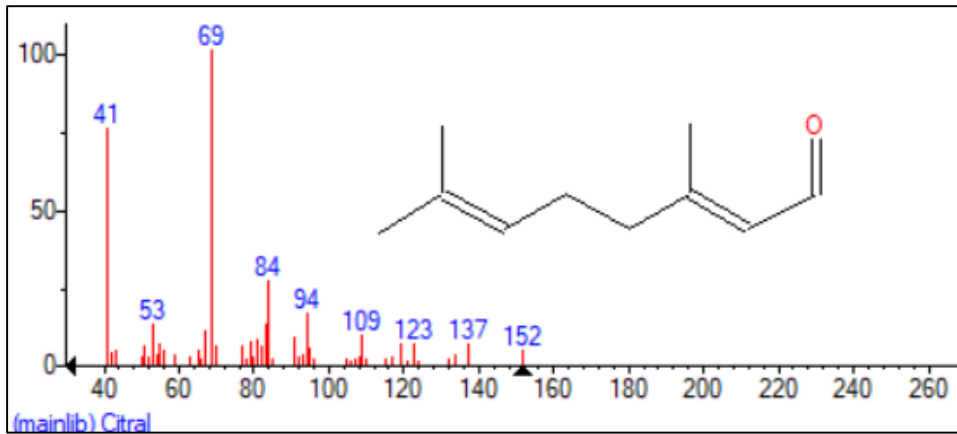
Fonte: Adaptada de MOREIRA (2018, p. 32)

Quadro 7 - Dados do monoterpene acíclico Citral

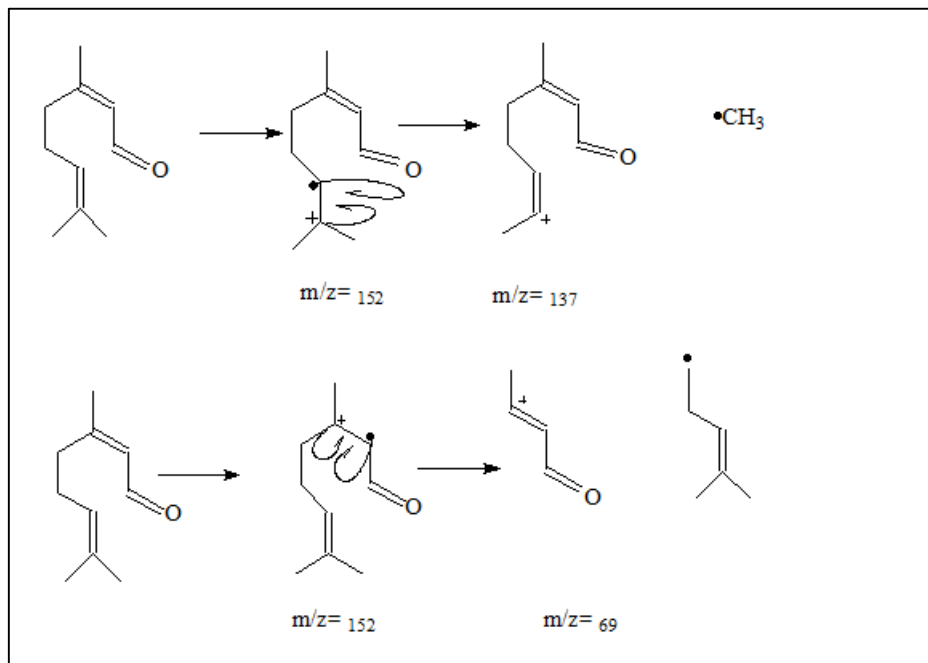
	Nomenclatura IUPAC: 2,6-octadienal, 3,7-dimetil-,(E)
	Nome usual: Citral/ Lemonal
	Fórmula molecular: C ₁₀ H ₁₆ O
	Peso molecular aproximado: 152 g/mol

Fonte: Autora

Figura 31 - Espectro de massas e a estrutura molecular do Citral

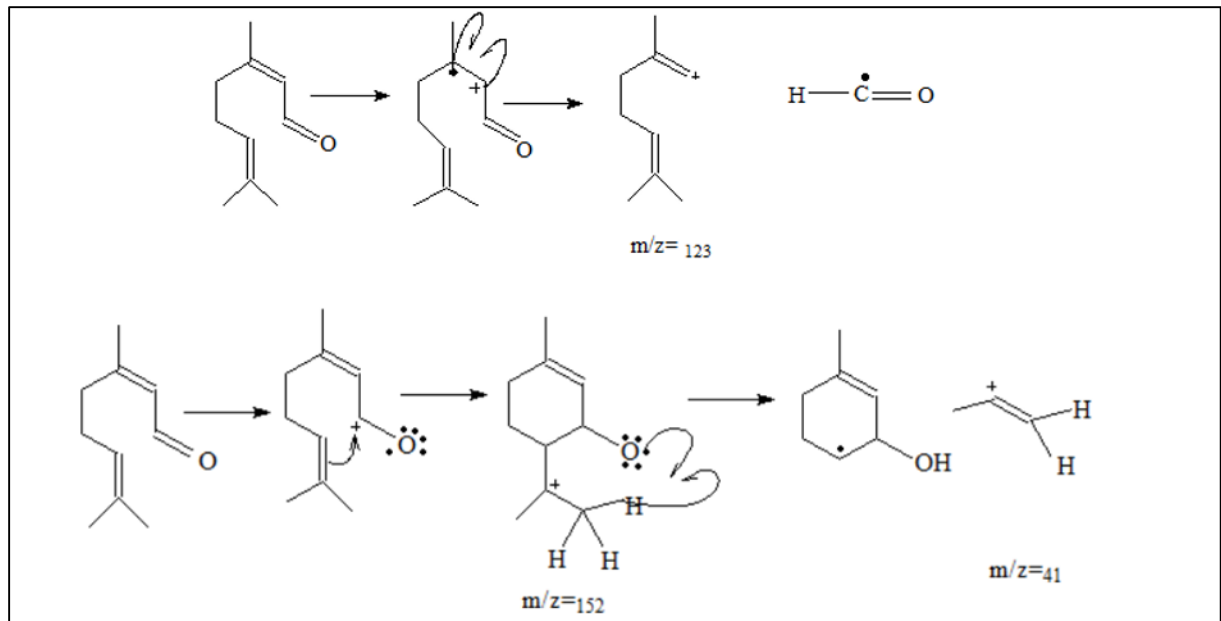


Fonte: Autora

Figura 32 - Proposta de fragmentação do Citral para os picos íon fragmentados em $m/z = 137$ e 69 

Fonte: Adaptada de MOREIRA (2018, p. 34)

Figura 33 - Proposta de fragmentação do Citral para os picos íon fragmentados em $m/z = 123$ e 41



Fonte: Adaptada de MOREIRA (2018, p. 34)

As fragmentações das duas últimas moléculas (Geraniol e Citral) foram semelhantes as fragmentações do Citronelal e do Citronelol, onde houveram rearranjo de hidrogênio, clivagem homolítica, heterolítica e clivagem induzida.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de extração do óleo essencial do Capim-citronela (*Cymbopogon sp*) por destilação por arraste a vapor acoplado ao sistema Clevenger apresentou-se como um processo acessível e de baixo custo, porém, necessita do pesquisador bastante cautela no procedimento, para que não haja decomposição das substâncias por excesso de temperatura durante a extração e manipulação do óleo.

A partir dos teores de OE obtidos nas quatro épocas diferentes do ano de 2021, observou-se que houve uma oscilação no rendimento do óleo entre a primeira (abril) e a terceira (junho) colheita, mas o rendimento foi mesmo na segunda (maio) e última colheita (julho). O óleo essencial da citronela ainda manteve as mesmas características organolépticas durante os quatro meses.

A técnica de GC/MS proporcionou a identificação de dezessete compostos químicos no óleo essencial do *Cymbopogon sp*, entre monoterpenos e sesquiterpenos. Quando comparadas as amostras entre si, constatou-se que não houveram alterações na composição química das duas primeiras extrações realizadas no final do período chuvoso, mas, nas amostras de junho e julho, foi possível observar o desaparecimento de alguns constituintes e o aparecimento de outros, apesar disso, os compostos majoritários foram os mesmo em todas as amostras analisadas.

A composição química do OE obtido por nós apresentou algumas diferenças com relação aos perfis químicos do mesmo óleo em trabalhos anteriores. Isso é consequência do método, lugar de coleta e o órgão da planta empregado para extrair o óleo volátil.

A partir dos espectros de massas obtidos propôs-se fragmentações para o Limoneno (Pico molecular $m/z = 136$, picos base $m/z = 121$, $m/z = 93$ e $m/z = 68$), Linalool (Pico molecular $m/z = 154$, picos base $m/z = 136$, $m/z = 71$ e $m/z = 41$), Citronelal (Pico molecular $m/z = 154$, picos base $m/z = 69$ e pico $m/z = 41$), Citronelol (Pico molecular $m/z = 156$, picos base $m/z = 138$, $m/z = 69$ e $m/z = 41$), Geraniol (Pico molecular $m/z = 154$, picos base $m/z = 136$, $m/z = 69$ e $m/z = 41$) e Citral (Pico molecular $m/z = 152$, picos base = 137 , $m/z = 123$, $m/z = 69$ e $m/z = 41$).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. A. Óleos essenciais e desenvolvimento sustentável na Amazônia: uma aplicação da matriz de importância e desempenho. **Reflexões Econômicas**, Ilhéus (BA). v. 2, n.2, p.136-158, abr./set., 2016.
- ANDRADE, M. A.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, abr./jun., 2012.
- ANDRADE, M. **Óleos essenciais de *Cinnamodendron dinisii* Schwacke e *Siparuna guianensis* Aublet: composição química, caracterização**. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013, p. 227, 2013.
- BENTO, J. A. C.; SILVA, M. O. M.; SILVA, N. P.; GONÇALVES, M. A. B.; EVANGELISTA, A. W. P.; MOURA, C. J.; NOGUEIRA, R. G. Avaliação das Metodologias de Prensagem a Frio, Soxhlet e Bligh Dyer, na Extração do Óleo de Pinhão Manso. **Revista Processos Químicos**, v. 11, n. 21, p. 47-50, 2017.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p.588-594, 2009.
- BRITO, D.V. et al. Effect of citronella oil, eucalipto and citronellal compound of mycoflora and development of maize plants. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, p. 184-192, 2012.
- BUSTILLOS, O. V.; A cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas – GC/MS. **Revista Analytica**. v. 18, n. 105, fev. /mar., 2020.
- CARNEIRO, J. N. P.; ALBUQUERQUE, R. S.; LEITE, D. F.; MACHADO, A. J. T.; BRITO, D. I. V.; ROLÓN, M.; VEGA, C.; CORONEL, C.; COUTINHO, H. D. M.; MORAIS-BRAGA, M. F. B. Avaliação da atividade tripanocida, leishmanicida e citotóxica do geraniol e citronelal. **Caderno de Cultura e Ciência**, v. 13, n. 2, mar/2015.
- CARRILHO, E.; TAVARES, M. C.H.; LANÇAS, F. M. Fluidos supercríticos em química analítica. II. Cromatografia com fluido supercrítico: instrumentação. **Revista Quim. Nova**, v. 26, n. 5, p.687-693, 2003.
- CASTRO, H. G.; OLIVEIRA, L. O.; BARBOSA, L. C. A.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIN, P. R.; NASCIMENTO, E. A. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. **Quim. Nova**, v. 27, n. 1, p. 55-57, 2004.
- CASTRO, H. G.; PERINI, V. B. M.; SANTOS, G. R.; LEAL, T. C. A. B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 41, n. 2, p. 308-314, abr./jun., 2010.
- CASTRO, L. O; CHEMALE, V. M; **Plantas Medicinais, condimentares e aromáticas: descrição e cultivo**. Guaíba, RS Livraria e Editora Agropecuária p.177-179, 1995.

CAVALCANTI, Y. M.; ALMEIDA, L.F.D.; PADILHA, W.W.N. Screening of essential oils antifungal activity on Candida strains. **Odontologia Clínica-Científica**, Recife, p. 243-246, 2011.

CHAGAS, A. C. S. PASSOS, W. M.; PRATES, H. T.; LEITE, R. C.; FURLONG, J.; FORTES, I. C. P. Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de Eucalyptus spp em Boophilus microplus. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 39, p. 247- 253, 2002.

CORAZZA, S. **Aromacologia: uma ciência de muitos cheiros**. São Paulo: SENAC, 2002.

CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. D. Óleos essenciais e química fina. **Rev. Quim. Nova**. v. 16, n. 3, 1993.

CUNHA F. V. M.; COÊLHO A. G.; NUNES, C. C.; OLIVEIRA, F. A. Fenilpropanóides: ferramentas para promoção da estabilidade genômica. **Boletim Informativo Geum**, v. 9, n. 2, p. 50-58, abr./jun. 2018.

EHLERT, P. A. D.; BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; PAULA, J. W. A.; CAMPOS, D. A.; ALVIANO, C. S. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécie de plantas medicinais. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.8, n.2, p.79-80, 2006.

ELTZ, T.; ZIMMERMANN, Y.; HAFTMANN, J.; TWELE, R.; FRANCKE, W.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; LUNAU, K. Enflourage, lipid recycling and the origin of perfume collection in orchid bees. **Proc Royal Soc B: Biol Sci** **274**: p. 1843-1848, 2007.

FARIA, P.; RETONDO, C.G. **Química das Sensações**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2006.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GUIMARÃES, P. I. C.; OLIVEIRA, R. E. C.; ABREU, R. G. Extrairdo óleos essenciais de plantas. **Rev. Quim. Nova na Esc.** n. 11, maio/ 2000.

HARMATHA, J; ZÍDEK, Z; KMONÍČKOVÁ, E; ŠMIDRKAL, J. Immunobiological properties of selected natural and chemically modified phenylpropanoids. **Interdisciplinary Toxicology**. vol. 4, n. 1, p. 5–10, 2011.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica - Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2009, 165p.

KAKARAPARTHI, P. S.; SRINIVAS, K. V. N. S.; KUMAR, J. K.; KUMAR, A. N.; RAJPUT, D. K.; SARMA, V. U. M. Variação no teor e composição do óleo essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) Em relação à época de colheita e às condições climáticas. **Culturas e produtos industriais**, v. 61, p. 240-248, 2014.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Rev. Virtual Quim**. v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

LUPE, F. A. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MAHALWAL, V.S.; ALI, M. Volatile constituents of *Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendle. **Flavor and Fragrance Journal**, v.18, n.1, p.73-6, 2002.

MARCO, C. A.; INNECCO, R.; MATTOS, S. H.; BORGES, N. S. S.; NAGAO, E. O. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. **Hortic. Bras.**, v. 25, n. 3, jul. /set. 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do estado do Tocantins. **Revista Eletrônica do Curdo de Geografia**, n. 19, jul. /dez., 2012.

MATOS, F. S. **Folha seca: Introdução a fisiologia vegetal**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019.

MAZZINGHY, R. L. **Caracterização do perfil dos voláteis constituintes do óleo essencial do citrus sp da cidade de Araguaína por arraste a vapor e CG/EM**. 2021. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Tocantins, 2021.

MEURER, E. C. **Espectrometria de massa para iniciantes**. 1. ed. Curitiba: Appris, p. 165, 2020.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Hortic. Bras.**, v. 27, n. 2, ago. / 2009.

MORAIS, S. M.; CATUNDA JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R.A.; NETO, S. M. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de croton do nordeste do Brasil. **Revista Quim. Nova**, v. 29, n. 5, p. 907-910, 2006.

MOREIRA, R. D. B. **Caracterização dos constituintes voláteis do óleo essencial de capim santo (*Cymbopogon sp*) da cidade de Araguaína por arraste a vapor e CG/EM**. 2018. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Tocantins, 2018.

NASCIMENTO, A.; PRADE, A. C. K. Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais. Recife: FioCruz-PE; **ObservaPICS**, 2020. 1 recurso online (33 p.): PDF. — (Cuidado integral na Covid; n. 2).

OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; CARDOSO, M. G.; ALVES, E. PICCOLI, R. H. Disinfectant action of *Cymbopogon sp.* essential oils in different phases of biofilm formation by *Listeria monocytogenes* on stainless steel surface. **Food Control**, v. 21, n. 4, p. 549-553, 2010.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à Espectroscopia**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

PAZZOTI, G. S. O. **Avaliação da estabilidade oxidativa de compostos bioativos em óleos especiais extraídos por prensagem a frio**. 2019. 173 f. Tese (Doutorado) - Universidade

Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2019.

PENTEADO, J. C. P.; MAGALHÃES, C.; MASINI, J. C. Experimento didático sobre cromatografia gasosa: uma abordagem analítica e ambiental. **Quim. Nova**, v. 31, n. 8, p. 2190-2193, 2008.

PEREIRA, R. C. A.; BRITO, F. N.; BEZERRA, M. G. A. **Cultivo de plantas aromáticas**. - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Rev. Virtual Quim.** v. 5, n. 1, p. 2-15, jan./fev., 2013.

REIS, G. G.; PEISINO, A. L.; ALBERTO, D. L.; MENDES, M. F.; CALÇADA, L. A. Estudo do efeito da secagem em convecção natural e forçada na composição do óleo essencial da citronela (*Cymbopogon nardus*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, p. 47-55, 2006.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus jowitt*). **Rev. Bras. PL. MED.**, Botucatu, v. 3, n. 1, p. 73-78, 2000.

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

SCHERER, R. et al. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.4, p.442-449, 2009.

SEIXAS, T.L.; CASTRO, H.C.; SANTOS, G.R.; CARDOSO, D.P.; Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, Especial, pp. 523-526, 2011.

SILVA, D. S. **Extração de Óleo Essencial da Planta Alfavaca (*Ocimum sp*) e Identificação de Constituintes Voláteis Através de CG/EM**. 2018. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Tocantins, 2018.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N. V.; COSTA, A. O. S.; COSTA JUNIOR, E. F. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, 2012.

SIMIC, A.; RANCIC, A.; SOKOVIC, M.D.; RISTIC, M.; GRUJIC-JOVANOVIC, S.; VUKOJEVIC, J.; MARIN, P.D. Essential Oil Composition of *Cymbopogon winterianus* and *Carum carvi* and Their Antimicrobial Activities. **Pharmaceutical Biology**, v. 46, n. 6, p. 437–441, 2008.

SIMÕES, C. M. O.; SCBENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

SIMÕES, C.M.O, SCHENKEL, E. P., GOSMANN, G., MELLO, J.C.P, MENIS, L.A, PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. Editora da UFSC, 2003.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química Orgânica**. Volume 1. Tradução: LIN. W. O, Rio de Janeiro: LTC, 7ª ed., p. 645, 2000.

SOUZA, S. A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.10, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TOMAZ, M.A. et al. Chemical Composition and Allelopathic Activity of the Eucalyptus Essential Oil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 475-483, 2014.

TRANCOSO, M. D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Revista Práxis**, v. 5, n. 9, jun./2013.

VALENTIM, J. A.; SOARES, E. C. **Extração de óleos essenciais por arraste a vapor: Sequência Didática para proporcionar aprendizagem de conceitos de Química**. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais LabPEQ - Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química, 2017.

VALENTIM, J. A.; SOARES, E. C. Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor: Um Kit Experimental para o Ensino de Química. **Revis. Quim. Nova Esc.** v. 40, n, 4, p. 297-301, nov. /2018.

VELOSO, R. A.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; SANTOS, G. R.; BARBOSA, L. C. A.; SILVA, K. P. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.47, n.12, p.1707-1713, dez. /2012.

VIZZOTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2010. 16 p. – (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 316), 2010.

WANY, A.; JHA, A.; NIGAM, V. K.; PANDEY, D. M. Chemical analysis and therapeutic uses of citronella oil from *Cymbopogon winterianus*: a short review. **International Journal of Advanced Research**, v.1, n. 6, p.504-521, 2013.

WOLFFENBUTTEL, A. N. **Bases químicas dos óleos essenciais e aromaterapia**: Abordagens técnica e científica. Belo Horizonte: Ed. Laszlo, p.494, 2016.