



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA**  
**BACHARELADO EM QUÍMICA**

**GABRIELA SILVEIRA DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO PERFIL METABOLÔMICO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS***  
**POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR E MÉTODOS**  
**CROMATOGRÁFICOS**

**FORTALEZA**

**2023**

GABRIELA SILVEIRA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DO PERFIL METABOLÔMICO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS*  
POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR E MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

Monografia apresentada ao Curso de Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Habilitação Industrial.

Orientadora Pedagógica: Dra. Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil  
Orientador Profissional: Dr. Kirley Marques Canuto

Fortaleza  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S238a Souza, Gabriela Silveira de.

Avaliação do perfil metabólico de *Cymbopogon winterianus* por ressonância magnética nuclear e métodos cromatográficos / Gabriela Silveira de Souza. – 2023.  
66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil.

Coorientação: Prof. Dr. Kirley Marques Canuto.

1. Óleo essencial. 2. *Cymbopogon winterianus*. 3. Citronela. 4. RMN. 5. CG-EM. I. Título.

CDD 540

---

GABRIELA SILVEIRA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DO PERFIL METABOLÔMICO DE CYMBOPOGON WINTERIANUS  
POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR E MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

Monografia apresentada ao Curso de Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Habilitação Industrial.

Aprovada em: 12/12/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil  
(Orientadora Pedagógica - Universidade Federal do Ceará (UFC))

---

Dr. Kirley Marques Canuto (Orientador Profissional)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
(Embrapa Agroindústria Tropical)

---

Prof. Dra. Maria Elenir Nobre Pinho Ribeiro  
Universidade a Federal do Ceará (UFC)

A minha avó,  
Graça.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a minha família por todo apoio e incentivo no decorrer do curso e nessa reta final. Gostaria de agradecer a Professora Nilce não só por toda orientação, apoio e aprendizado no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), mas também em todo o período como aluna de iniciação científica (IC), por ter me aceitado de braços abertos no seu laboratório, onde tive a oportunidade de aprender muito, ter um vivência em um laboratório de orgânica, o que por conta da pandemia acabei não tendo e descobrir um grande interesse pela área de produtos naturais.

Queria agradecer também ao Denis por todo o ensinamento e ajuda tanto no TCC como na IC. A Embrapa pela oportunidade de fazer o estágio, aprender e ter uma visão de como funciona uma indústria. Ao Dr. Kirley por ter aceitado ser meu orientador profissional e por toda a orientação. A Professora Elenir por ter aceitado participar da banca e ser examinadora, além também de todo apoio e encorajamento e que se não fosse por ela eu não teria conhecido a Professora Nilce. E por último queria agradecer aos meus amigos do curso por todo apoio, palavras de incentivo e encorajamento durante todo o curso.

## RESUMO

A espécie selecionada para estudo neste trabalho foi a citronela (*Cymbopogon winterianus*), conhecido popularmente como Citronela de java e Capim citronela. É uma erva aromática pertencente à família Poaceae, nativa de áreas tropicais e subtropicais da Ásia, Índia, Indonésia e cultivada na América do Sul. O objetivo deste trabalho foi avaliar a autenticidade dos óleos essenciais comerciais de citronela a partir da avaliação da composição química desses óleos comparada com o óleo da espécie de *Cymbopogon winterianus* identificada botanicamente, utilizando a Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (CG-EM) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN), inclusive quantitativa. A hidrodestilação das partes aéreas da de *C. winterianus* resultou em óleos essenciais, com cerca de 0,3% de rendimento. A caracterização do óleo extraído e dos óleos comerciais foi realizada por Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (CG-EM), resultando na identificação de um total de 15 compostos, cujos componentes majoritários foram: citronelal, citronelol e geraniol. Foi obtido para o OECTUFC-2 (citronelal (49,74%), geraniol (22,89%) e citronelol (9,11%)); o OECTECS (citronelal (46,91%), geraniol (21,49%) e citronelol (13,60%)); o OECTNAT (citronelal (31,15%), geraniol (25,93%) e citronelol (13,11%)) e o OECTVIA (citronelal (50,49%), geraniol (23,29%) e citronelol (10,79%)). Para a caracterização por RMN <sup>1</sup>H os sinais indicativos dos componentes majoritários foram: 3,66-3,79 e 5,06-5,30 ppm para o citronelol; 9,80 e 5,06-5,30 ppm para o citronelal, e em 4,16; 5,06-5,30 e 5,40-5,52 ppm para o geraniol. Também foi realizada a quantificação dos componentes majoritários por qRMN em mg/g e foi obtido, por exemplo, para o geraniol: OECTUFC-2 (255,8 mg/g), OECTECS (220,9 mg/g), OECTNAT (272,1 mg/g) e OECTVIA (233,1 mg/g). O óleo essencial da espécie de *C. winterianus* identificada botanicamente e os óleos comerciais estudados apresentaram dados semelhantes de composição e quantificação, o que corrobora a utilização da RMN quantitativa como método alternativo na autenticação de óleos essenciais comerciais.

**Palavras-chaves:** Óleo essencial; *Cymbopogon winterianus*; citronela; RMN; CG-EM; caracterização; quantificação, autenticação.

## ABSTRACT

The species selected for study in this work was citronella (*Cymbopogon winterianus*), popularly known as Citronella de java and Citronella grass. It is an aromatic herb belonging to the Poaceae family, native to tropical and subtropical areas of Asia, India, Indonesia and cultivated in South America. The objective of this work was to evaluate the authenticity of commercial citronella essential oils by evaluating the chemical composition of these oils compared with the oil of the *Cymbopogon winterianus* species identified botanically, using Gas Chromatography Coupled with Mass Spectrometry (GC-MS) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR), including quantitative. The hydrodistillation of the aerial parts of *C. winterianus* resulted in essential oils, with approximately 0.3% yield. The characterization of the extracted oil and commercial oils was carried out by Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), resulting in the identification of a total of 15 compounds, the majority of which were: citronellal, citronellol and geraniol. It was obtained for OECTUFC-2 (citronellal (49.74%), geraniol (22.89%) and citronellol (9.11%)); OECTECS (citronellal (46.91%), geraniol (21.49%) and citronellol (13.60%)); OECTNAT (citronellal (31.15%), geraniol (25.93%) and citronellol (13.11%)) and OECTVIA (citronellal (50.49%), geraniol (23.29%) and citronellol (10.79%)). For characterization by <sup>1</sup>H NMR, the signals indicating the majority components were: 3.66-3.79 and 5.06-5.30 ppm for citronellol; 9.80 and 5.06-5.30 ppm for citronellal, and at 4.16; 5.06-5.30 and 5.40-5.52 ppm for geraniol. Quantification of the majority components was also carried out by qNMR in mg/g and the following were obtained, for example, for geraniol: OECTUFC-2 (255.8 mg/g), OECTECS (220.9 mg/g), OECTNAT (272.1 mg/g) and OECTVIA (233.1 mg/g). The essential oil of the botanically identified species of *C. winterianus* and the commercial oils studied presented similar composition and quantification data, which corroborates the use of quantitative NMR as an alternative method in the authentication of commercial essential oils.

**Keywords:** Essential oil; *Cymbopogon winterianus*; citronella; NMR; GC-MS; characterization; quantification, authentication.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta medicinal e suas substâncias responsáveis pelo efeito medicinal .....	16
Figura 2 - Representação do metabólito primário e secundário.....	19
Figura 3 - Representação esquemática de um cromatógrafo a gás.....	23
Figura 4 - Representação esquemática de um espectrômetro de massas do tipo quadrupolo.....	25
Figura 5 - Óleos essenciais.....	27
Figura 6 - Aparelho de Clevenger de extração.....	29
Figura 7 - Espécies de <i>Cymbopogon</i> ( <i>citratu</i> s, <i>densifloru</i> s, <i>martini</i> e <i>flexuosu</i> s).....	30
Figura 8 - Imagem de espécie <i>Cymbopogon winterianu</i> s.....	42
Figura 9 - Extração do óleo essencial de <i>C. winterianu</i> s utilizando o aparelho de Clevenger.....	46
Figura 10 - Representação da caracterização dos óleos essenciais de citronela por CG-EM e RMN <sup>1</sup> H.....	48
Figura 11 - Representação da quantificação dos óleos essenciais de citronela.....	49
Figura 12 - Espectro de RMN <sup>1</sup> H do óleo essencial OECTUFC-2 (500 MHz, CDCl <sub>3</sub> ).....	54
Figura 13 - Espectro de RMN <sup>1</sup> H do óleo essencial OECTECS (500 MHz, CDCl <sub>3</sub> ).....	54
Figura 14 - Espectro de RMN <sup>1</sup> H do óleo essencial OECTNAT (500 MHz, CDCl <sub>3</sub> ).....	55
Figura 15 - Espectro de RMN <sup>1</sup> H do óleo essencial OECTVIA (500 MHz, CDCl <sub>3</sub> ).....	55
Figura 16 - Compostos majoritários do óleo de citronela.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da extração do óleo essencial OECTUFC.....	49
Tabela 2 - Composição do OECTUFC-2 e OECTECS por CG-EM.....	50
Tabela 3 - Composição do OECTNAT e OECTVIA por CG-EM.....	51
Tabela 4 - Deslocamentos químicos ( $\delta$ ) de RMN $^1\text{H}$ dos compostos majoritários dos óleos essenciais de citronela.....	56
Tabela 5 - Composição dos compostos majoritários do óleo extraído e comercial em mg/g determinada através dos sinais de RMN $^1\text{H}$ .....	58
Tabela 6 - Comparação da composição dos compostos majoritários dos óleos de citronela por CG-EM e RMN $^1\text{H}$ .....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espécies de Cymbopogon, nome comum, origem, atividades biológicas.. .....	31
Quadro 2 - Espécies de Cymbopogon no Brasil e suas distribuições geográficas....	38
Quadro 3 - Composição do óleo essencial de citronela.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C.	<i>Cymbopogon</i>
CCD	Cromatografia de camada delgada
CGAR	Cromatografia gasosa de alta resolução
CG	Cromatografia gasosa
CG-EM	Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa
CG-FID	Cromatografia gasosa com detector de ionização de chama
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
CLC	Cromatografia líquida clássica
CL-EM	Cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massa
CP	Cromatografia em papel
CSC	Cromatografia supercrítica
DAD	Detector de arranjo de diodos
EI	Electron Impact ( Impacto de elétrons)
EM	Espectrometria de massa
IK	Índice de Kovats
m/z	Relação massa/carga
OECTECS	Óleo Essencial de citronela marca ECCOS cosméticos
OECTNAT	Óleo essencial de citronela marca NatEssential
OECTUFC Ceará	Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do
OECTVIA	Óleo essencial de citronela marca ViaAroma
OMS	Organização Mundial de Saúde
Pb	Pesquisa bibliográfica
RMN <sup>1</sup> H	Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
UV	Ultravioleta
OECSCOM 4	Óleo essencial de capim santo comercial 4

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	15
3.1	Plantas Medicinais.....	15
3.2	Metabolismo.....	17
3.3	Metabolômica.....	18
3.4	Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....	19
3.5	Métodos Cromatográficos.....	20
3.6	Cromatografia gasosa.....	22
3.7	Espectrometria de massas.....	23
3.8	Óleos essenciais.....	25
3.9	Hidrodestilação.....	28
3.10	<i>Cymbopogon</i> .....	29
3.11	Espécies de <i>Cymbopogon</i> existentes no Brasil, nome comum, origem e suas atividades biológicas.....	31
3.12	Distribuição geográfica das espécies de <i>Cymbopogon</i> no Brasil.....	38
3.13	<i>Cymbopogon winterianus</i> .....	40
3.14	Composição do óleo da <i>Cymbopogon winterianus</i> .....	42
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	Materiais.....	45
4.2	Coleta da amostra da planta <i>Cymbopogon winterianus</i> .....	45
4.3	Extração do óleo essencial do <i>C. winterianus</i> .....	45
4.4	Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM)....	46
4.5	Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN <sup>1</sup> H ).....	47
4.6	Quantificação do RMN <sup>1</sup> H.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1	Extração do óleo essencial de <i>C. winterianus</i> .....	49
5.2	Caracterização por Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM).....	50
5.3	Caracterização por Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN <sup>1</sup> H).....	53
5.4	Quantificação do RMN <sup>1</sup> H.....	58
5.5	Comparação dos teores dos compostos majoritários determinados por RMN <sup>1</sup> H e CG-EM.....	59
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62

## 1 INTRODUÇÃO

A metabolômica é a ciência que estuda de forma quantitativa e qualitativa os metabólitos produzidos no metabolismo primário e secundário dos organismos (PILON et al., 2020; CANUTO et al., 2017). Por conta da grande diversidade estrutural dos compostos produzidos pelo metabolismo secundário, principalmente de plantas, técnicas como CG-EM e RMN são utilizados para fazer o estudo dessas substâncias (PILON et al., 2020). Os óleos essenciais são um exemplo de produtos do metabolismo secundário das plantas (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

O gênero de *Cymbopogon* pertence à família Poaceae (SIEBEN et al., 2017), abrangendo mais de 100 espécies, sendo 56 delas aromáticas (OLIVEIRA et al., 2011), largamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América. As plantas deste gênero apresentam um elevado teor de óleos essenciais que têm várias aplicações, como: cosméticas, farmacêuticas e de perfumaria (AVOSEH et al., 2015).

No Brasil existem 8 espécies de *Cymbopogon* (FLORA DO BRASIL, 2023), que são: *C. citratus*, *C. densiflorus*, *C. martini*, *C. nardus*, *C. flexuosus*, *C. caesius*, *C. schoenanthus* e *C. winterianus*. O *Cymbopogon citratus*, conhecido como capim-limão ou capim santo, nativo do Sri Lanka e do sul da Índia e que possui ação antimicrobiana, antifúngica, anti inflamatória etc. (SHAH et al., 2011); *Cymbopogon densiflorus*, conhecido como capim-caboclo ou capim nagô, originário da África (FONSECA; LISBOA; REGINA, 2022) e que possui ação antitumor (LUCIA et al., 2020), antioxidante e antibacteriana (PAULA et al., 2021); *Cymbopogon martini* conhecido como capim-palmarosa, originário da Índia (GUZMAN ; REGLOS, 2021) e que possui ação antimicrobiana (PRASHAR et al., 2003), anti-helmíntica (KATIKI et al., 2011), inseticida (DEVI et al., 2019) etc .

O *Cymbopogon winterianus*, conhecido como Citronela de java e Capim citronela é uma erva aromática (Secretaria de Saúde do Distrito Federal, 2019) nativa de áreas tropicais e semitropicais da Ásia, Índia, Indonésia e cultivada na América do Sul e Central (SIMIC et al., 2008)). Os compostos majoritários identificados neste gênero são: citronelol, citronelal e geraniol (CASSEL; VARGAS,

2006) e possui as seguintes atividades: antifúngica, antibacteriana (SIMIC et al., 2008), anticonvulsiva (QUINTANS-JÚNIOR et al., 2008) etc.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a autenticidade dos óleos essenciais comerciais de citronela por meio da avaliação da composição química desses óleos comparada com o óleo da espécie de *Cymbopogon winterianus* identificada botanicamente, utilizando Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (CG-EM) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN), inclusive quantitativa.

### 2.2 Objetivos específicos

- Extrair o óleo essencial da parte aérea de espécime de *Cymbopogon winterianus*;
- Analisar o óleo essencial de *C. winterianus* e os óleos essenciais comerciais selecionados para estudo por CG-EM;
- Analisar o óleo essencial de *C. winterianus* e óleos essenciais comerciais selecionados para estudo por RMN <sup>1</sup>H quantitativa (qRMN);
- Comparar os teores dos componentes majoritários dos óleos estudados determinados por RMN <sup>1</sup>H e CG-EM;
- Identificar os óleos essenciais comerciais autênticos de *C. winterianus* e os que poderiam ser considerados fraudados.

## 3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### 3.1 Plantas Medicinais

A OMS determina que planta medicinal é todo e qualquer vegetal, que uma ou mais de suas partes, possuam substâncias que possam ter uso terapêutico ou que a partir delas possam ser fabricados fármacos semi-sintéticos (VEIGA

JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005). Estas substâncias são chamadas de princípios ativos e elas têm a capacidade de atuar em várias atividades biológicas, como: atividade fungicida, anti-inflamatória, antimicrobiana, analgésica, antioxidante, entre outras (ROCHA et al., 2021).

O uso de plantas com finalidade medicinal, para tratamento, cura e prevenção de doenças, é uma prática antiga da humanidade (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005). No Brasil esse conhecimento começou a ser disseminado pelos povos primitivos, principalmente o povo indígena, que observaram os efeitos positivos do uso das plantas (ROCHA et al., 2021).

É possível observar que o avanço no conhecimento sobre produtos naturais se deve a contribuição de vários povos e culturas do mundo (ROCHA et al., 2021) e cada vez mais se vê o uso das plantas medicinais na medicina tradicional e nos procedimentos clínicos comuns (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005).

A partir das plantas se pode fabricar medicamentos, que são chamados de fitoterápicos (ANVISA, 2022). A Secretaria de Vigilância Sanitária, na portaria nº 6 de 31 de janeiro de 1995, determina que fitoterápico é todo medicamento que seja obtido somente a partir de matérias-primas vegetais que tenham objetivo preventivo, curativo ou de diagnóstico (VEIGA JUNIOR; PINTO; MACIEL, 2005).

As plantas produzem uma grande variedade de substâncias químicas, essas substâncias são divididas em metabólitos primários e secundários. Eles desempenham um grande papel na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos (BORGES; AMORIM, 2020).

Figura 1- Planta medicinal e suas substâncias responsáveis pelo efeito medicinal





Fonte: ANVISA, 2022.

### 3.2 Metabolismo

Metabolismo é definido como um conjunto de reações químicas que acontecem nas células de um organismo vivo, que levam à síntese de substâncias importantes para o seu crescimento, reprodução e desenvolvimento (ALMEIDA, 2017). O metabolismo pode ser subdividido em metabolismo primário e secundário (PILON et al., 2020) .

O metabolismo primário é o metabolismo geral dos seres vivos (animais e vegetais), ou seja, é aquele que todos os organismos vivos possuem e tem a função de sintetizar substâncias essenciais para a sobrevivência, reprodução e desenvolvimento das espécies. Esse tipo de metabolismo nas plantas está relacionado aos processos fotossintéticos que formam os ácidos carboxílicos do ciclo de Krebs, hidratos de carbono, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos gordos e  $\alpha$ -aminoácidos. Esses compostos formados pelo metabolismo primário são chamados de metabólitos primários, sendo eles comuns em todas as células vegetais e precursores dos metabólitos secundários (ALMEIDA, 2017).

O metabolismo secundário produz compostos chamados de metabólitos secundários, que diferente dos primários, não são comuns a todas as plantas, tendo uma distribuição restrita a uma espécie vegetal ou a um conjunto de espécies relacionadas e não possuem uma relação direta com o crescimento e desenvolvimento das plantas, ou seja, não estão ligados diretamente aos processos de fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, síntese de carboidratos, transporte de solutos, entre outros (TAIZ et al., 2017). Esses metabólitos são responsáveis pela adaptação e sobrevivência das espécies no meio ambiente (PILON et al., 2020) tendo funções ecológicas importantes, como: proteger as plantas contra os herbívoros e contra infecção por microrganismos patogênicos, agir como atrativos (odor, cor ou sabor) para animais polinizadores e dispersores de sementes e atuar como agentes na competição planta-planta e nas simbioses plantas-microrganismos. Os metabólitos secundários das plantas podem ser divididos em três grupos, que são diferentes quimicamente: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (TAIZ et al., 2017).

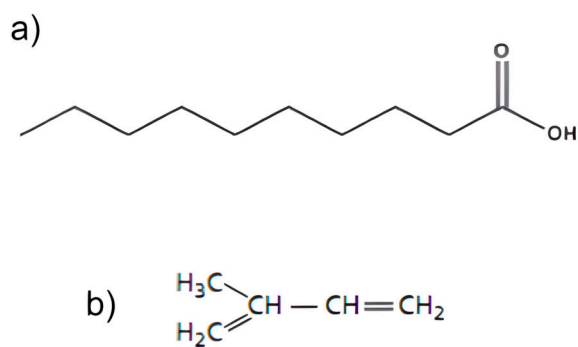
### 3.3 Metabolômica

Metabolômica é definida como a ciência que estuda de forma qualitativa e quantitativa os metabólitos produzidos no metabolismo primário e secundário dos organismos. Ela preconiza que para se entender os organismos é preciso fazer uma análise comparativa dos perfis metabólicos entre indivíduos e/ou populações sujeitas às diferentes condições ambientais, genéticas ou patológicas (PILON et al., 2020; CANUTO et al., 2018).

As análises metabolômicas são divididas em duas categorias: (I) metabolômica alvo é uma análise quantitativa, considerando que já se tem conhecimento dos componentes da amostra, onde é feita a análise dos metabólitos de interesse, seja eles da classe química de interesse ou obtidos de rotas sintéticas específicas, com a finalidade de quantificá-los; e a (II) metabolômica global é uma análise qualitativa, considerando o fato de não se conhecer os componentes da amostra, onde é feito a análise do maior número possível de metabólitos presentes na amostra com a finalidade de caracterizá-los. A metabolômica tem sido utilizada em várias áreas de grande importância e interesse, como: análises clínicas, alimentos e nutrição, ambiental, esportes, análise de organismos patogênicos (bactérias, fungos, parasitas), na toxicologia forense, entre outras (CANUTO et al., 2018).

Não existe nenhuma técnica analítica que seja capaz de fazer a medição de todos os metabólitos de um sistema biológico em um único experimento, principalmente de plantas, por conta da diversidade estrutural de compostos oriundos do metabolismo secundário. Por isso, o estudo metabolômico de plantas é realizado utilizando a combinação de técnicas analíticas de detecção e separação, como as técnicas de separação cromatográficas (cromatografia líquida ou gasosa) acopladas a detectores de ultravioleta ou espectrometria de massa, como por exemplo: CLAE-UV-DAD, CLAE-EM ou CG-EM. A Ressonância Magnética Nuclear também vem sendo usada para estudar os metabólitos das plantas (PILON et al., 2020).

Figura 2 - Representação do metabólito primário e secundário



Legenda: a- Representação de um tipo de metabólito primário (ácido graxo);  
b- Representação de um tipo de metabólito secundário (estrutura básica dos terpenos (isopentano)).

Fonte: UARROTA, 2011.

### 3.4 Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

A ressonância magnética nuclear é um método espectroscópico utilizado para análise de vários núcleos, sendo os mais estudados o hidrogênio-1 e o carbono-13. Esse método fornece informações sobre as estruturas químicas dos compostos analisados, o ambiente químico e a quantidade de núcleos magnéticos correspondentes à integração do sinal no espectro. Por exemplo, ao estudar os sinais de RMN de hidrogênio-1 (próticos), é possível determinar a quantidade de núcleos não equivalentes e obter informações sobre a natureza do ambiente no qual eles estão inseridos. O mesmo é possível ser feito para os núcleos de carbono (PAVIA et al., 2010).

O fenômeno de ressonância magnética nuclear ocorre quando núcleos alinhados a um campo magnético externo aplicado são levados a absorver energia e alterar a orientação de spin, posicionando-se em sentido contrário ao campo aplicado. O spin é uma propriedade intrínseca de muitos núcleos atômicos que faz com que os núcleos se comportem como se estivessem girando (PAVIA et al., 2010).

No processo de absorção (ressonância) é fornecido uma radiação de radiofrequência ao núcleo estudado que faz com que a orientação de spin mude. Essa energia tem que ser igual à diferença entre a energia entre os dois estados de spin envolvidos e essa diferença entre os estados de spins está diretamente ligada a

intensidade do campo magnético externo aplicado, ou seja, se o campo aplicado for forte a diferença entre os estados de spins vai ser grande e se o campo for fraco a diferença entre os estados de spin será pequena (PAVIA et al., 2010).

Para a análise por RMN, a amostra é dissolvida em um solvente que não possui nenhum núcleo que interfira no processo de ressonância e que não vai reagir com a amostra estudada, normalmente se usa tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) ou clorofórmio deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) e adiciona-se uma quantidade pequena de tetrametilsilano (TMS), que vai servir como uma referência interna (PAVIA et al., 2010).

O RMN é uma das três técnicas mais utilizadas para o estudo de metabólitos, seguida do CL-EM e CG-EM. Apesar de não ser tão sensível comparado aos outros métodos, o RMN tem ganhado cada vez mais espaço por conta de várias vantagens, como: é uma técnica não destrutiva, ou seja, é possível analisar amostras vivas (tecidos intactos, órgãos) e as amostras podem ser recuperadas; envolve uma preparação mínima da amostra; é altamente reprodutível, dentre outras (EMWAS et al., 2019).

### 3.5 Métodos Cromatográficos

Os métodos cromatográficos oferecem a possibilidade de fazer a separação, identificação e purificação de compostos presentes em uma mistura para análises qualitativas e quantitativas. Além de quantificar, a aplicação dos métodos cromatográficos têm a finalidade de obter um perfil cromatográfico que possibilita separar os componentes de uma amostra trabalhada em um intervalo de tempo adequado (DANUELLO et al., 2022).

A palavra cromatografia vem dos termos gregos *cromo*, que significa cor e *grafia*, que significa escrita e é definido como sendo um método físico-químico de separação que se baseia na forma que os componentes de uma mistura se separam levando em conta as diferentes interações deles com a fase móvel e a fase estacionária. Essa separação ocorre, uma vez que, cada componente da mistura é retido seletivamente pela fase estacionária, fazendo com que cada um tenha uma distribuição diferenciada. A fase estacionária pode ser um sólido ou um líquido que fica posto em um suporte sólido que tem uma grande área superficial, já a fase pode ser gasosa, líquida ou um fluido supercrítico (BIOLÓGICO; PAULO, 2002).

A cromatografia pode ser dividida em cromatografia em coluna e cromatografia planar. A cromatografia em coluna é dividida em cromatografia líquida, cromatografia supercrítica (CSC) e cromatografia gasosa, já a cromatografia planar é dividida em cromatografia de camada delgada (CCD), cromatografia em papel (CP) e cromatografia chromatotron. A cromatografia líquida ainda acaba sendo dividida em cromatografia líquida clássica (CLC) e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), já a cromatografia gasosa é separada em cromatografia gasosa simples (CG) e cromatografia gasosa de alta resolução (CGAR) (AMORIM, 2019).

Na cromatografia em coluna se utiliza de uma coluna cromatográfica para fazer a separação dos componentes de uma mistura. A coluna é formada de um tubo de vidro, parecido com uma bureta, que é firmada em um suporte universal de posição vertical. A extremidade superior dela fica aberta e a inferior é fina, possuindo uma torneira que tem a função de controlar a vazão do eluente (DANUELLO et al., 2022). Já a cromatografia planar utiliza uma superfície plana e uma delas é a cromatografia em papel (VALIM, 2020), que é uma técnica simples e os componentes da amostra são separados por extração líquido-líquido. Nessa técnica a celulose do papel absorve 22% de água fazendo com que a água seja a fase estacionária (DANUELLO et al., 2022).

Além dos tipos de cromatografia falados anteriormente, ainda se tem as técnicas híbridas: cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) e a cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC). A cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massas (CG-EM) é uma técnica que cada uma de suas partes realiza um determinado processo analítico, a cromatografia a gás executa a separação dos componentes de uma mistura gasosa que está sendo analisada e a espectrometria de massas faz a identificação dos compostos químicos gasosos que são separados pelo CG (BUSTILLOS, 2020).

Na cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC), o detector de ionização de chamas atua queimando o analito, que está no estado gasoso, em uma chama de hidrogênio e oxigênio produzindo assim íons e elétrons. Os íons serão coletados, formando uma corrente que vai gerar um sinal (NASCIMENTO et al., 2018).

### 3.6 Cromatografia gasosa

A cromatografia gasosa é uma técnica de separação muito usada para analisar gases e compostos voláteis e se baseia na separação dos componentes de uma amostra de acordo com a diferença na sua distribuição entre a fase estacionária e a fase móvel. Esse tipo de cromatografia é uma das mais comuns e mais utilizadas, possuindo um alto poder de resolução, podendo fazer a detecção em escala de nano a picogramas ( $10^{-9}$  a  $10^{-12}$  g), ou seja, sendo uma técnica bastante sensível. Essa alta sensibilidade da técnica de cromatografia gasosa faz com que se possa trabalhar com pequenas quantidades da amostra.

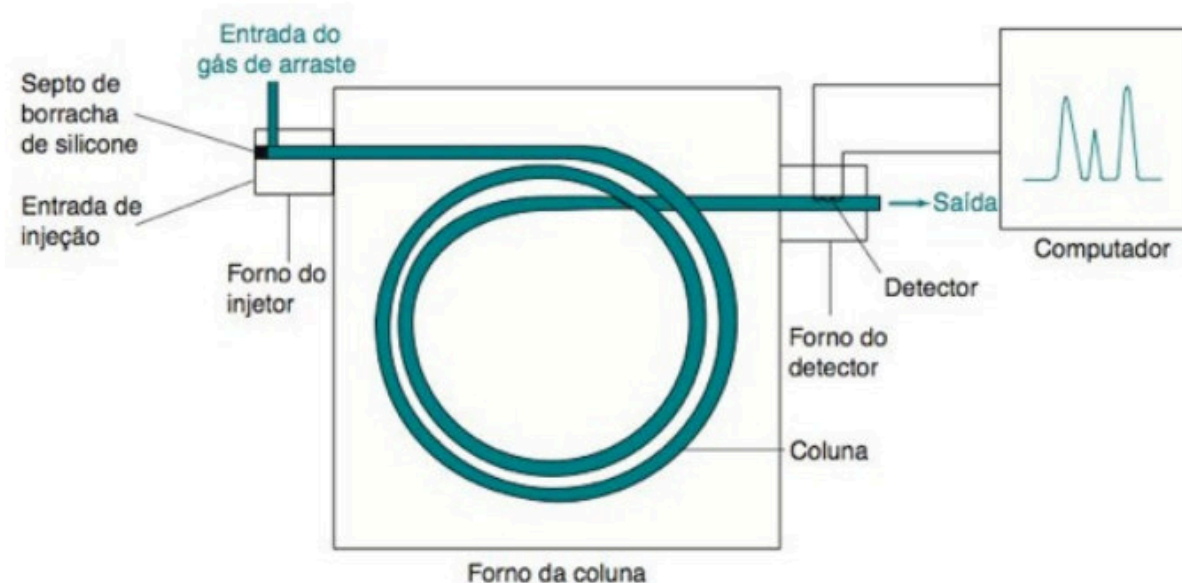
Apesar de todas as vantagens comentadas anteriormente, essa técnica tem suas desvantagens também. Para se empregá-la é necessário que as amostras sejam voláteis e termicamente estáveis; a cromatografia gasosa não é uma técnica qualitativa eficiente e por conta disso necessita de auxílio de outras técnicas para a realizar uma identificação segura dos compostos presentes em uma amostra; na maioria das vezes é necessário fazer etapas de preparo da amostra antes dela ser analisada, para retirar interferentes que possam aparecer na análise e contaminar a coluna cromatográfica e esse preparo é longo e complexo, aumentando o tempo e o custo da análise; essa técnica só pode ser utilizada como técnica preparativa apenas em faixas de microgramas e miligramas.

Diferente da cromatografia líquida, a cromatografia gasosa trabalha com colunas bem longas, por conta disso as colunas ficam dobradas em forma de espiral, e o princípio de separação é devido a pressão de vapor. Na cromatografia gasosa a amostra (gás, líquido ou sólido em solução) é injetada no interior do injetor, que também é o vaporizador, com a ajuda de uma microseringa ou válvula apropriada. É importante que o injetor esteja aquecido em uma temperatura acima do ponto de ebulição dos componentes da amostra para que ocorra a volatilização completa e instantânea deles e assim possam ser carregados ao longo da coluna.

Após a injeção e volatilização das substâncias da amostra, os seus vapores vão ser arrastados para o interior da coluna, como mostra a figura 3 abaixo, com o auxílio de um fluxo de gás chamado de fase móvel ou gás de arraste, os gases mais utilizados são o hidrogênio, nitrogênio, hélio e argônio. Após sair da coluna, os compostos separados são arrastados até o detector, que em contato com eles gera um sinal elétrico que será registrado e quantificado, uma vez que, o sinal

registrado é proporcional a quantidade de cada componente da amostra. É importante comentar que a coluna deve estar bem aquecida para se obter uma pressão de vapor que possibilite a eluição dos compostos da amostra em um tempo razoável e que o detector deve ser mantido em uma temperatura acima do que da coluna para que os analitos de interesse continuem na fase gasosa (AMORIM, 2019; COLLINS; BRAGA; BONATO, 1997; NASCIMENTO et al. , 2018; HARRIS, 2012)

Figura 3 - Representação esquemática de um cromatógrafo a gás



Fonte: HARRIS, 2012.

### 3.7 Espectrometria de massas

A espectrometria de massas foi uma das primeiras técnicas que foi utilizada para se fazer uma associação com a cromatografia gasosa, sendo tão bem sucedida que é utilizada até hoje (AMORIN, 2019). A espectrometria de massas acoplada com a cromatografia gasosa entrega um sistema que faz as análises de forma rápida, que tem alta resolução, que se torna fácil de manusear, que entrega ótimos resultados tanto qualitativamente como quantitativamente e que tem um custo moderado. A EM possui uma ampla aplicação em diversas áreas podendo ser utilizada desde a área da biotecnologia, para análise de proteínas, peptídeos até a área da geologia, para a análise de agrotóxicos no solo. Ela tende a fornecer

informações estruturais importantes dos compostos presentes nas amostras (NASCIMENTO et al., 2018).

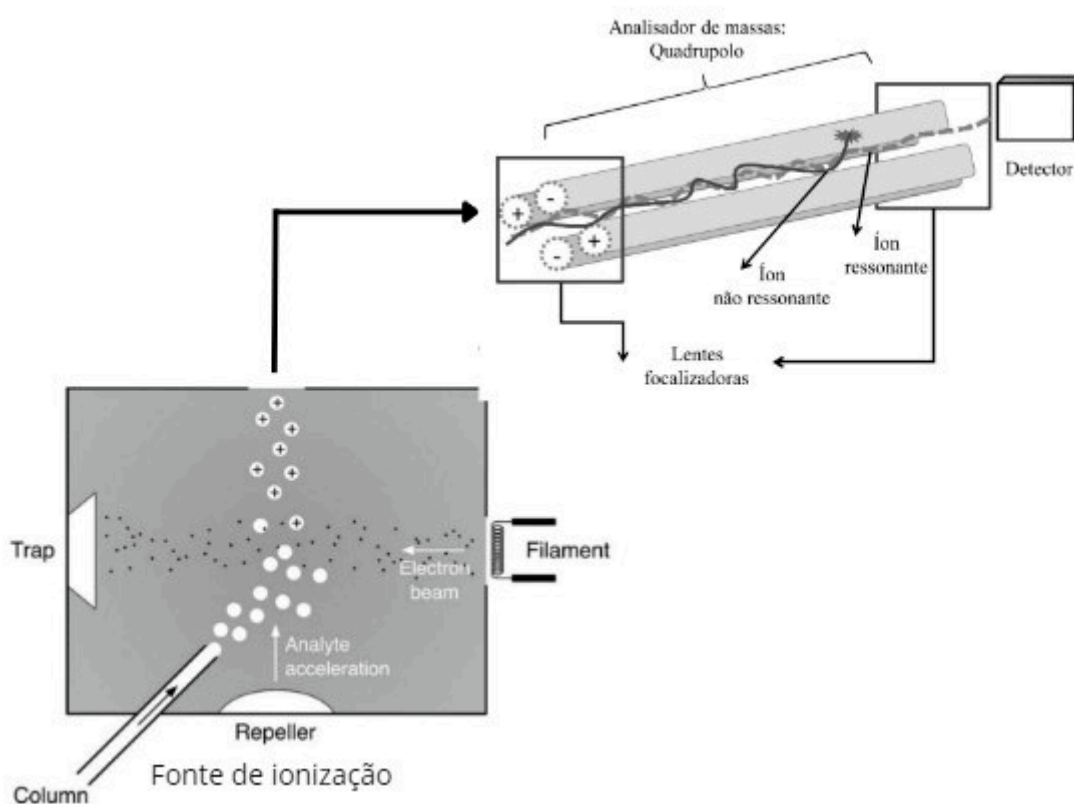
O espectrômetro de massa é composto por três partes importantes: a fonte de ionização, o analisador de massas e o detector. Tanto a fonte de ionização quanto o analisador de massas têm de vários tipos, no caso da fonte o método de ionização mais utilizado é o impacto de elétrons (EI) e do analisador é o quadrupolo (Q) (NASCIMENTO et al., 2018).

Assim que a amostra chega a fonte ela é bombardeada por um feixe de elétrons com energia de 70 eV produzido por um filamento de tungstênio. Esse feixe de elétrons vai remover um elétron das moléculas da amostra e transferir energia para elas, formando assim cátions radicais excitados, denominados de íons moleculares. Por conta do excesso de energia os íons moleculares podem se fragmentar formando assim o espectro de massa dos compostos estudados.

Após a formação dos íons, eles vão para o analisador quadrupolo, como é observado na figura 4 abaixo. O quadrupolo cria um campo elétrico, resultado da combinação de corrente contínua (DC) e radiofrequência (RF), que quando variados só permite que determinada faixa de valores de  $m/z$  possa percorrer toda a trajetória do analisador até o detector. Os íons que não conseguem, acabam colidindo uns com os outros, saindo do caminho do detector e indo em direção a superfície do quadrupolo. Assim, baseado no que foi dito anteriormente pode-se dizer que o quadrupolo funciona como um filtro, permitindo que íons com  $m/z$  diferentes, cheguem em tempos diferentes no detector e que possam ser diferenciados. Após os íons serem separados de acordo com suas  $m/z$  eles iram em direção ao detector que vai converter o sinal dos íons em uma corrente elétrica que seja mensurável. (NASCIMENTO et al., 2018; STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008)



Figura 4 - Representação esquemática de um espectrômetro de massas do tipo quadrupolo



Fonte: adaptado de NASCIMENTO et al., 2018; STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008.

### 3.8 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são definidos como sendo substâncias orgânicas de origem natural e são provenientes de várias partes das plantas, como: frutos, folhas, flores, talos, hastes, pecíolos, cascas, raízes, glândulas, caules e outras partes. Esses compostos são muito perfumados, ou seja, possuem grandes propriedades aromatizantes e flagrantes, sendo amplamente utilizados para a produção de perfumes, cosméticos, itens de higiene pessoal e até como aromatizantes para bebidas e alimentos (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Essas substâncias possuem algumas características físico-químicas importantes, como: apresentam consistência aquosa e transparente, mas que pode ser solidificada em temperaturas baixas; são solúveis em álcool, éter e outros compostos graxos; são insolúveis ou pouquíssimo solúveis em água; podem ser incolores ou apresentar tons que vão de claros até tons fortes e escuros; são

voláteis (quando expostos ao ar, em temperatura ambiente, acabam evaporando); têm densidade menor que a da água; possuem elevado índice de refração; são opticamente ativos, são sensíveis ao ar e a luz e possuem fragrâncias características (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Apesar de ter o termo óleo no seu nome, eles são diferentes dos óleos vegetais, uma vez que são muito voláteis. Os óleos essenciais são compostos de elementos orgânicos como: carbono, oxigênio e hidrogênio, que se organizam para formar moléculas de aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas, fenóis, hidrocarbonetos, terpenos entre outros. Óleos essenciais com grande quantidade de álcool e ésteres possuem propriedades curativas de intensidade moderada, sendo assim considerados seguros para o uso. Já óleos essenciais com grande quantidade de fenóis, cetonas e aldeídos são considerados muito ativos para uso terapêutico e são pouco usados na área da aromaterapia, pois eles podem gerar efeitos adversos (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Os óleos essenciais são obtidos a partir do metabolismo secundário das plantas e sua quantidade, qualidade e composição são afetados por vários fatores. Alguns desses fatores são: órgão da planta que o óleo é produzido, clima, região onde a planta foi cultivada, relevo, idade do terreno onde a planta foi cultivada, processo de colheita do material, método de extração, exposição a microrganismos, insetos e até poluentes. Essas substâncias naturais têm funções importantes na planta, como: protegê-las de parasitas e doenças, ajudar no processo de polinização, no processo de fertilização e na proteção contra raios solares (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Apesar de ter várias propriedades que fazem bem ao corpo e serem substâncias naturais, os óleos essenciais podem ser tóxicos. Eles podem ser gerados em plantas que não são consideradas tóxicas, mas o seu óleo essencial ser tóxico, uma vez que eles são 70 vezes mais concentrados do que a planta que o produziu. Por conta disso o contato constante com eles, principalmente fazendo inalação pode causar desde dores de cabeça, alergias, náuseas até efeitos psicotrópicos e convulsivos, uma vez que os óleos essenciais agem no sistema nervoso central (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Dentre as diversas espécies que desempenham um papel crucial na produção global de óleos essenciais, merecem destaque a menta (*Mentha piperita*), a citronela de Java (*C. winterianus Jowitt*), o capim-limão (*C. citratus*), o

eucalipto (*Eucalyptus sp.*), a rosa (*Rosa damacena*), o gerânio (*Pelargonium graveolens*), a lavanda (*Lavandula officinalis*), a camomila (*Chamomilla recutita*), o sândalo (*Santalum album*), a manjerona (*Origanum majorana*) e a sálvia (*Salvia officinalis*) (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Os óleos essenciais são extraídos das plantas por alguns métodos de extração, como: destilação a vapor; extração por meio de solventes ; extração por CO<sub>2</sub> em estado supercrítico, extração através de hidrofluorcarbonatos, enfleurage ou enfloragem; prensagem (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005). Os óleos, dependendo do método usado de extração, podem variar em quantidade em torno de 0,005% a 10%, sendo que a concentração de óleo essencial nas plantas frescas é 75 a 100 vezes maior do que em plantas secas (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

Além dos métodos de extração descritos anteriormente, existe outra técnica que é muito utilizada na extração de óleos essenciais, a hidrodestilação. Nessa técnica o material vegetal fica em contato com a água e os produtos voláteis são arrastados com o vapor de água (GUERRA, 2014).

Figura 5 - Óleos essenciais



Fonte: NASCIMENTO; PRADE, 2020.

### 3.9 Hidrodestilação

Os óleos essenciais têm uma característica importante que é de serem voláteis, então em contato com temperaturas elevadas eles acabam evaporando rapidamente, com isso a técnica de hidrodestilação se tornou uma forma de realizar a extração dessas substâncias (SOUZA et al., 2021; SILVEIRA et al., 2012).

A hidrodestilação é uma técnica de extração que consiste em manter o material de origem vegetal em contato com a água, que após aquecimento, o vapor gerado causa a abertura das paredes celulares do material vegetal, resultando na extração do óleo essencial. O vapor, composto de uma mistura de óleo e água é arrastado até o condensador, onde é resfriado. No final do processo são obtidos dois líquidos imiscíveis, assim é possível separar a água do óleo essencial. O processo relatado anteriormente está sendo representado na figura 6 abaixo. (SOUZA et al., 2021; SILVEIRA et al., 2012).

Como nesse método o material vegetal fica em contato com a água é importante que a água utilizada seja livre de impurezas, que tenha boa qualidade e também tem que se tomar cuidado com a quantidade de material vegetal que for colocado nos balões para que não ocorra problemas no processo de extração e que não danifique o equipamento. É importante que a temperatura máxima utilizada seja em torno de 100°C para evitar que tenha degradação de alguns compostos do óleo (SOUZA et al., 2021; SILVEIRA et al., 2012). A hidrodestilação possui algumas vantagens importantes, como: utilizar uma baixa temperatura para a extração, realizar uma fácil remoção de solvente, ser de baixo custo e ser uma técnica prática (MAGALHÃES, 2020).

Figura 6 - Aparelho de Clevenger de extração



Fonte: elaborado pela autora

### 3.10 *Cymbopogon*

O gênero de *Cymbopogon* pertence à família Poaceae (SIEBEN et al., 2017), abrangendo mais de 100 espécies, sendo 56 delas aromáticas (OLIVEIRA et al., 2011). Ele é largamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América e geralmente contém elevados teores de óleos essenciais que tem várias aplicações, como: cosméticas, farmacêuticas e de perfumaria (AVOSEH et al., 2015).

No Brasil existem 8 tipos de *Cymbopogon*: *C. citratus*, *C. densiflorus*, *C. martini*, *C. nardus*, *C. flexuosus*, *C. caesius*, *C. schoenanthus* e *C. winterianus* (FLORA DO BRASIL, 2023). Como foi dito anteriormente, as espécies de *Cymbopogon* possuem óleos essenciais com várias finalidades e tem um amplo uso na medicina popular, assim pode-se destacar o *C. citratus*, originário da Índia, que

tem na composição do seu óleo uma grande quantidade de citral e o *C. nardus*, originário de Ceilão e que é conhecido pelo seu poder repelente por conta do seu óleo ser rico em citronelal (OLIVEIRA et al., 2011).

Figura 7 - Espécies de *Cymbopogon* (*citratus*, *densiflorus*, *martini* e *flexuosus*)



*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf



*Cymbopogon densiflorus* (Steud.)  
Stapf



*Cymbopogon martinii* Stapf



*Cymbopogon flexuosus*  
(Nees ex Steud.)

Fonte: adaptado de TIBENDA et al., 2022.

### 3.11 Espécies de *Cymbopogon* existentes no Brasil, nome comum, origem e suas atividades

Quadro 1 - Espécies de *Cymbopogon*, nome comum, origem e atividades biológicas

continua

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. citratus</i>	Capim limão ou Capim santo	Sri Lanka e do sul da Índia	Antiamebiano Antibacteriana Antidiarreica Anti Filária Antifúngica Anti-inflamatória Antimalárica Antimutagenicidade Antimicobacteriana Antinociceptivo Antiprotozoária Acaricida Antioxidante Larvicida	(SHAH et al., 2011)

continuação

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. densiflorus</i>	Capim caboclo ou Capim nagô	África	Antitumoral Antibactericida Antioxidante Anti Drepanocítica Antimicrobiana	(FONSECA; LISBOA; REGINA, 2022);  (SEIBERT et al., 2019) ; (LUCIA et al.,2020);  (TAKAISI-KIKUNI; TSHILANDA;BABADY, 2000);  (PAULA et al., 2021);  (MPIANA et al.,2007)



continuação

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. martini</i>	Capim palmarosa	Índia	Antimicrobiana Antifúngica Anti-helmíntica Repelente Inseticida Fumigante Antibacteriana Antioxidante Larvicida Nematicida Anti-inflamatória Antidiabética	( PRASHAR et al., 2003); (KATIKI et al., 2011) (DEVI et al., 2019); (VERMA et al., 2018); (SEN et al., 2023) (GUZMAN; REGLOS, 1999)

continuação

<b>Espécies</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Origem</b>	<b>Atividades</b>	<b>Referências</b>
<i>C. nardus</i>	Capim citronela ou Citronela de ceilão	Sudeste da Ásia	Antiviral Antibacteriana Antifúngica Anti-tripanosossômico Antimalárico Antidiabético Inseticida	(DE TOLEDO et al., 2016); (TIBENDA et al., 2022); (NParks, 2022); (ARENGO, 2022)
<i>C. caesius</i>	Capim kachi	África tropical oriental e meridional, Iêmen, China, Índia, Paquistão e Sri Lanka	Anti-hipertensiva Repelente	(TIBENDA et al., 2022); (ZHANG; LAN; GAO, 2020); (HEUZÉ; THIOU, 2016)

continuação

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. flexuosus</i>	Capim limão	Índia	Antiprotozoário Anticancerígeno Anti-inflamatório Antifúngico Antimicrobiana Antibiofilme Inseticida Repelente Analgésico Anticaspa	(TIBENDA et al., 2022); (PANDEY; RAI; ACHARYA, 2003); (ADUKWU;ALLEN;PHILLIPS, 2012); (MACEDO et al.,2022); (CHANDRASHEKAR; PRASANNA, 2010); (CHAISRIPIPAT; LOURITH,2015)

continuação

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. schoenanthus</i>	Capim camelo	Região do Saara e do Sahel, do Norte e Oeste da África até a Península Arábica	Antimalárico Anti-tripanosômico Antibacteriano Antioxidante Inibe a acetilcolinesterase Anti-helmíntica Diurético Inseticida Efeito espasmolítico Antimicrobiano Anticolinesterásicas	(TIBENDA et al., 2022); (HASHIM et al., 2017); (KHADRI et al., 2010); (KATIKI et al., 2011); (AOUS et al., 2019); (AMINA et al. 2013); (KHADRI et al., 2008); (CABI, 2022)

conclusão

Espécies	Nome Comum	Origem	Atividades	Referências
<i>C. winterianus</i>	Capim citronela ou Citronela de java	Áreas tropicais e semitropicais da Ásia, Índia, Indonésia	Antifúngico Antibacteriano Antinociceptivo Anticonvulsivo Anti-inflamatório Inseticida Larvicida Moluscida Antioxidante Acaricida Antifibrótico Depressora Herbicida	(SIMIC et al, 2008); (LIMA et al., 2010); (QUINTANS- JÚNIOR et al., 2008); (RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2019); (RODRIGUES et al., 2013); (TAVARES et al., 2021); (DABA et al., 2022); (SINGH et al., 2013)

Fonte: elaborado pela autora.

### 3.12 Distribuição geográfica das espécies de *Cymbopogon* no Brasil

Quadro 2 - Espécies de *Cymbopogon* no Brasil e suas distribuições geográficas

continua

Espécies	Distribuição geográfica
<p><b><i>Cymbopogon citratus</i></b></p>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Norte:</b> Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima</p> <p><b>Nordeste:</b> Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe</p> <p><b>Centro-Oeste:</b> Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso</p> <p><b>Sudeste:</b> Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo</p> <p><b>Sul:</b> Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina</p> <p><b>Possíveis ocorrências:</b></p> <p><b>Norte:</b> Tocantins</p>
<p><b><i>Cymbopogon densiflorus</i></b></p>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Norte:</b> Amapá</p> <p><b>Nordeste:</b> Bahia, Rio Grande do Norte</p> <p><b>Centro- Oeste:</b> Distrito Federal, Goiás</p> <p><b>Sudeste:</b> Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo</p> <p><b>Sul:</b> Rio Grande do Sul</p> <p><b>Possíveis ocorrências:</b></p> <p><b>Sul:</b> Paraná</p>

continuação

Espécies	Distribuição geográfica
<i>Cymbopogon martini</i>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Bahia, Sergipe  <b>Sudeste:</b> Minas Gerais, São Paulo  <b>Sul:</b> Paraná</p>
<i>Cymbopogon nardus</i>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Alagoas, Bahia  <b>Centro-Oeste:</b> Distrito Federal, Goiás  <b>Sudeste:</b> Minas Gerais, São Paulo  <b>Sul:</b> Paraná</p> <p><b>Possíveis ocorrências:</b></p> <p><b>Sudeste:</b> Rio de Janeiro</p>
<i>Cymbopogon flexuosus</i>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Ceará  <b>Centro-Oeste:</b> Distrito Federal  <b>Sudeste:</b> São Paulo</p>
<i>Cymbopogon caesius</i>	<p><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Bahia, Maranhão  <b>Centro-Oeste:</b> Distrito Federal, Goiás  <b>Sudeste:</b> Minas Gerais</p>

conclusão

Espécies	Distribuição geográfica
<b><i>Cymbopogon schoenanthus</i></b>	<p style="text-align: center;"><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Bahia <b>Sudeste:</b> Minas Gerais</p> <p style="text-align: center;"><b>Possíveis ocorrências:</b></p> <p><b>Norte:</b> Amazonas, Pará <b>Nordeste:</b> Alagoas</p>
<b><i>Cymbopogon winterianus</i></b>	<p style="text-align: center;"><b>Ocorrências confirmadas:</b></p> <p><b>Norte:</b> Pará, Rondônia <b>Nordeste:</b> Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe <b>Centro-Oeste:</b> Distrito Federal, Mato Grosso <b>Sudeste:</b> Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo <b>Sul:</b> Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina</p> <p style="text-align: center;"><b>Possíveis ocorrências</b></p> <p><b>Nordeste:</b> Alagoas <b>Centro-Oeste:</b> Goiás, Mato Grosso do Sul</p>

Fonte: FLORA DO BRASIL. 2023.

### 3.13 *Cymbopogon winterianus*

O *Cymbopogon winterianus*, conhecido como Citronela de java e Capim citronela é uma erva aromática (Farmácia Viva do Cerpis, 2019) nativa de áreas tropicais e semitropicais da Ásia, Índia, Indonésia e cultivada na América do Sul e



Central (SIMIC et al., 2008). Ele tem como compostos majoritários: citrionelol, citrionelal e geraniol (CASSEL; VARGAS, 2006) e possui as seguintes atividades: antifúngica, antibacteriana (SIMIC et al., 2008), anticonvulsiva (QUINTANS-JÚNIOR et al., 2008), antioxidante, antiinflamatório, antinociceptivo (LIAM, 2010), dentre outras.

*Cymbopogon winterianus* é uma planta perene, aromática que pode atingir até 1 metro de altura, apresenta folhas planas e longas, com bordas cortantes e tem uma coloração verde-clara. Quando suas folhas são cortadas ou amassadas ocorre a liberação de um aroma que lembra muito o eucalipto-limão (*Eucalyptus citriodora*). A citronela é uma grande fonte de óleo essencial, possuindo um rendimento em torno de 0,6 e 1%, por conta disso é utilizada na área de estética e cosmética, para a produção de perfumes e cosméticos e na área da saúde, sendo utilizada na produção de medicamentos (FARMÁCIA VIVA DE CERPIS, 2019; SIEBEN et al., 2017).

Por conta do seu óleo essencial ter um alto rendimento o *C.winterianus* vem ao longo do tempo sendo mais explorado para a produção de óleo, tomando um espaço importante no mercado de produtos naturais, tendo uma grande demanda tanto no mercado interno como no externo, que antes era ocupado pelo *C.nardus*, outra espécie de citronela, denominada citronela do ceilão (BARBOSA,2011). Essa grande demanda do óleo de citronela faz com que anualmente mais de 2000 t do óleo sejam comercializados por todo o mundo (CERCEAU et al., 2020).

Uma consequência negativa dessa grande demanda do óleo de citronela é o aumento da adulteração desses óleos, por conta disso, a verificação da autenticidade desses óleos é crucial para assegurar a segurança do consumidor e preservar a reputação comercial. As formas mais frequentes de adulteração envolvem a mistura com óleos de menor valor (de origem mineral ou vegetal) e a utilização de solventes sintéticos para maximizar os ganhos. Por exemplo, foi documentada a adição de polietilenoglicol ao óleo de sândalo (*Santalum ssp*) (CERCEAU et al., 2020).

Figura 8 - Imagem da espécie *Cymbopogon winterianus*

Fonte: SIQUEIRA, 2022.

### 3.14 Composição do óleo da *Cymbopogon winterianus*

Quadro 3 - Composição do óleo essencial de citronela

continua

Constituintes	Teor (%)
Citronelal	26,5 – 45,0
Geraniol	16,2 – 22,78
Citronelol	5,2 -14,49
Isopulegol	0,29 – 3.67
Elemol	1,24 – 14,5
Limoneno	1,8 – 3,91
Geranial	0,67 – 1,5
Linalol	0,66 – 0,76
Neral	0,31 – 0,65
Eugenol	0,8 – 1,06
Acetato de citronelila	1,46 – 2,9

continuação

<b>Constituintes</b>	<b>Teor (%)</b>
Acetato de geranila	1,40 – 5,50
Acetato de nerila	0,1- 3,21
Germacreno D	0,57 – 1,52
$\beta$ -Elemeno	0,5 – 4,4
$\alpha$ -Cardinol	1,29 – 8,0
Germacreno D-4-ol	0,25 – 2,79
$\alpha$ -Muroleno	0,38 – 0,92
$\gamma$ -Cadineno	0,4 – 0,57
$\delta$ -Cadineno	1,27 – 2,5
$\alpha$ -Cadineno	0,1 – 0,82
$\gamma$ -Eudesmol	0,13 – 1,2
$\gamma$ -Muroleno	0,1– 0,38
Germacreno A	0,8
Germacreno B	6,8
$\beta$ -Eudesmol	0,2-0,34
Cubenol	1,0
1-epi-Cubenol	0,1-1,9
$\alpha$ -Murolol	2,0
1,10-di-epi-Cubenol	2,0
$\tau$ -Murolol	0,87
( <i>E,E</i> )-Farnesol	0,21
<i>cis</i> -Dihidrocarvona	1,25
$\tau$ -Cadinol	0,77
$\beta$ -Cudesmol	1,06
Mirceno	3,3

conclusão

<b>Constituintes</b>	<b>Teor (%)</b>
( <i>E</i> )- $\beta$ -Ocimeno	0,7
allo-Ocimeno	0,2
( <i>E</i> )-Isocitral	0,2
Nerol	0,4
$\beta$ -Ylangeno	0,3
$\beta$ -Gurjuneno	0,2
Aromadendreno	0,1
Propanoato de nerila	0,1
$\alpha$ -Humuleno	0,1
<i>cis</i> -Cadina- 1,(6),4- dieno	0,1
<i>cis</i> -Murola- 4,(14),5- dieno	0,1
<i>trans</i> -Murola- 4,(14),5- dieno	0,1
Viridifloreno	0,1
Zonareno	0,1
10-epi- $\gamma$ -Eudesmol	0,1
epi- $\alpha$ -Cadinol	0,5
epi- $\alpha$ -Murolol	0,7
$\alpha$ -Eudesmol	0,2
(2 <i>E</i> ,6 <i>Z</i> )-Farnesol	0,2
Monoterpenos hidrocarbonados	2,89 – 6,4
Monoterpenos oxigenados	58,5 – 82,36
Sesquiterpenos hidrocarbonados	2,99 – 10,3
Sesquiterpenos oxigenados	7,98 – 20

Fonte: RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2019; CASSEL; VARGAS, 2006; SIMIC et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; SCHERER et al., 2009).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Materiais

Sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) da marca Vetec Química Fina. Foram obtidos 3 óleos comerciais de marcas diferentes (Nat Essential, Via Aroma e ECCOS cosméticos) em lojas de produtos naturais.

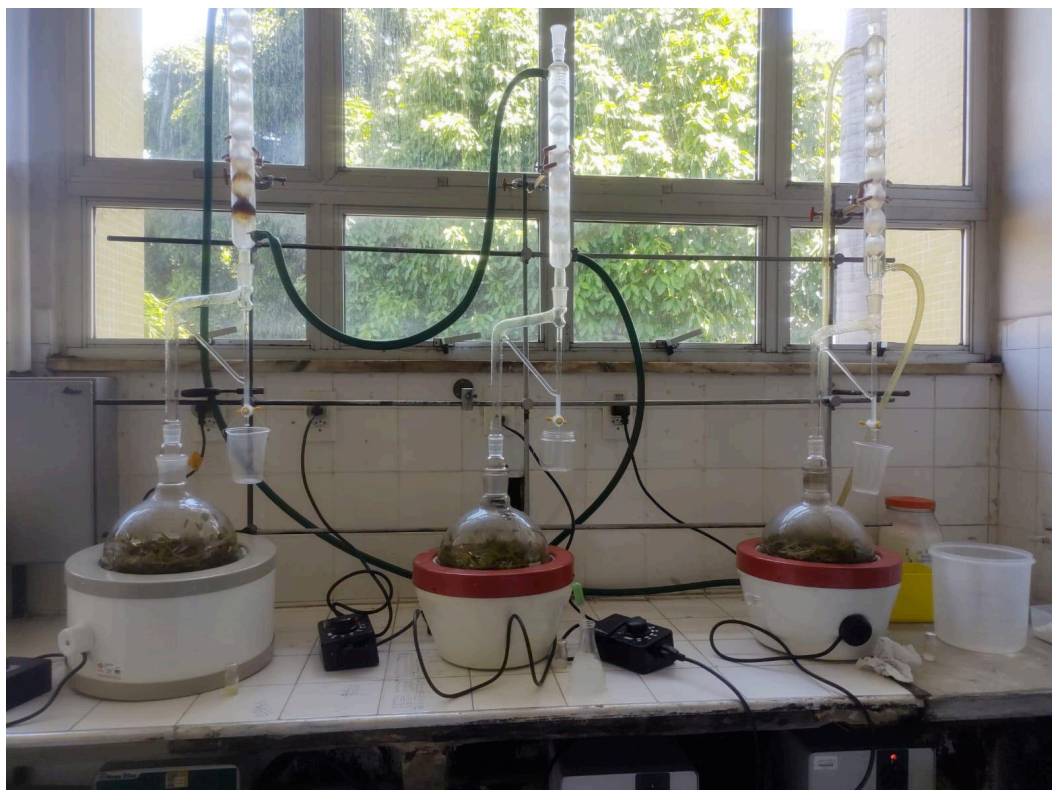
### 4.2 Coleta da amostra da planta *Cymbopogon winterianus*

As partes aéreas da planta foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais Prof. Francisco José de Abreu(-3.7455946542116934, -38.5775903183122) da Universidade Federal do Ceará em (09/02/23) e (31/08/23), aproximadamente às 8h.

### 4.3 Extração do óleo essencial do *C.winterianus*

Na extração em (09/02/23) as partes aéreas da planta foram cortadas em pedaços pequenos, pesadas (1,375 kg) e esse material foi dividido em 3 balões de fundo redondo de 5 litros contendo cerca de 455 g, já na extração em (31/08/23) foi feita o mesmo processo, mas pesando (1,300kg) e dividindo cerca de 430 g em cada balão. Para as duas extrações dos óleos essenciais foi utilizado o método de hidrodestilação e em cada balão foram colocados 2 litros de água destilada. Utilizando o aparelho de Clevenger a extração ocorreu num período de 2h. Após a extração as amostras foram secas com sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), filtradas e armazenadas na geladeira em vidrinhos etiquetados e longe da luz. A partir dos resultados obtidos foram calculados as densidades e os rendimentos(v/m) das amostras.

Figura 9 - Extração do óleo essencial de *C. winterianus* utilizando o aparelho de Clevenger



Fonte: elaborada pela autora.

#### 4.4 Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM)

As análises foram realizadas de acordo com FREITAS et al.(2018). As amostras foram preparadas como soluções de 10  $\mu\text{L}$  dos óleos essenciais e 990  $\mu\text{L}$  de hexano grau CG e foram transferidas para vials. Depois as soluções foram levadas para serem analisadas por um cromatógrafo a gás da marca Agilent GC7890B acoplado a um espectrômetro de massas da marca Agilent MSD-5977A. A separação foi efetuada em uma coluna HP-5MS com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 $\mu\text{L}$  de espessura do filme, sendo a fase estacionária o metilpolisiloxano. A ionização ocorreu através de impacto de elétrons a 70 eV.

Os parâmetros da injeção foram: injeção de 1 $\mu\text{L}$  das amostras, razão de divisão de 1:100, hélio como sendo o gás de arraste, com uma vazão de 1,00 mL/min e uma velocidade linear constante de 36,8 cm/s, injetor na temperatura de 250°C, detector na temperatura de 150°C e linha de transferência na temperatura de 280°C. A programação de temperatura consistiu em uma temperatura inicial de 70°C

com uma rampa de temperatura de  $4^{\circ}\text{C. min}^{-1}$  até  $180^{\circ}\text{C}$ , seguida de uma rampa de  $10^{\circ}\text{C. min}^{-1}$  até  $250^{\circ}\text{C}$ .

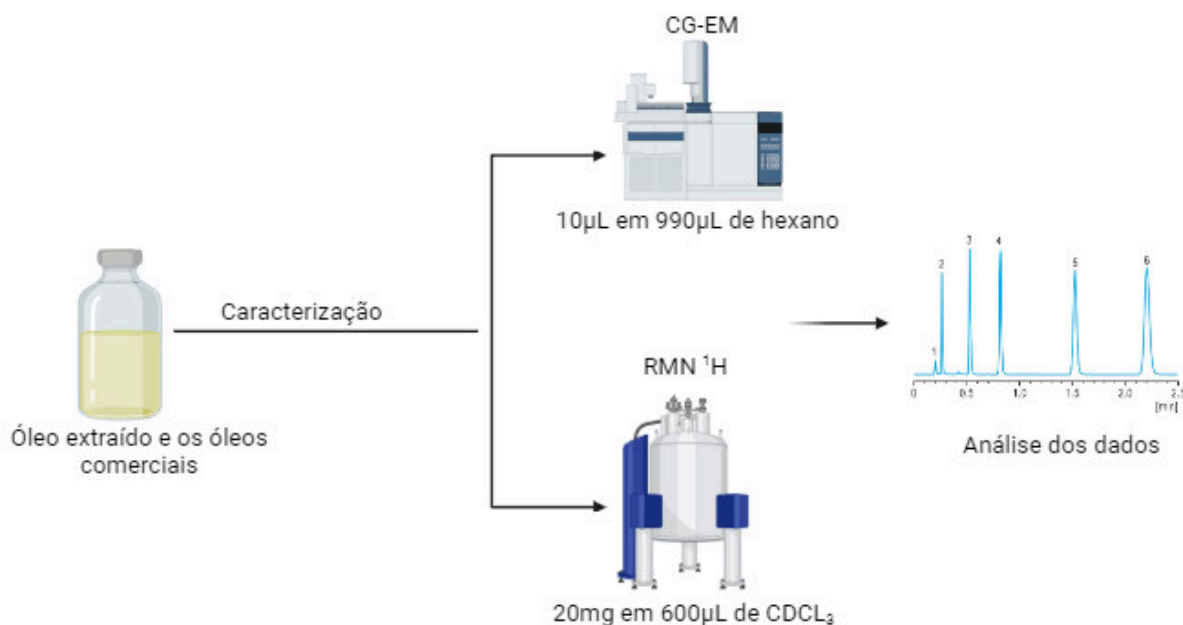
A identificação dos compostos da amostra foi obtida comparando seus índices de retenção com o de compostos conhecidos obtidos da injeção de uma mistura de n-alcenos homólogos  $\text{C}_7\text{-C}_{30}$  analisados na mesma coluna e nas mesmas condições cromatográficas. Foi feita a comparação dos padrões de fragmentação com os fornecidos na biblioteca de espectros NIST (versão 2.0 de 2008- 287.324 componentes) e foi utilizado também os espectros dispostos na literatura (ADAMS, 2017).

#### **4.5 Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN $^1\text{H}$ )**

Para a caracterização por RMN de  $^1\text{H}$  foi utilizado aproximadamente 20 mg dos OE's e 600  $\mu\text{L}$  de  $\text{CDCl}_3$  (clorofórmio deuterado 99%) contendo TMS (tetrametilsilano) e colocados em tubos de RMN de 5mm. Para as análises de RMN foi utilizado um equipamento da marca Bruker DRX 500 ( 11,7 T; 499,6 MHz) que operou em uma frequência de hidrogênio a 499,80 MHz, equipado com uma sonda de detecção inversa de 5 mm com gradiente z blindado a 298 K.

Os dados foram obtidos em triplicatas com pulsos calibrados a  $90^{\circ}$  de 9,87 us, 16 transientes e 97k de pontos de domínio de tempo com uma janela espectral de 15,0 ppm e com tempo de aquisição de 5,0 s. Os espectros foram processados pela multiplicação exponencial dos FIDs por um fator de 0,3 Hz e uma transformação de Fourier de 64 k pontos. Foi feita a correção de fase de forma manual e a correção de linha de base, sendo aplicada em toda extensão espectral. Para fazer a caracterização foi utilizado o programa MestreNova para fazer o processamento do FIDs, realizar as análises dos espectros e obter os seus deslocamentos(FREITAS et al., 2018).

Figura 10 - Representação da caracterização dos óleos essenciais de citronela por CG-EM e RMN  $^1\text{H}$



Fonte: elaborado pela autora.

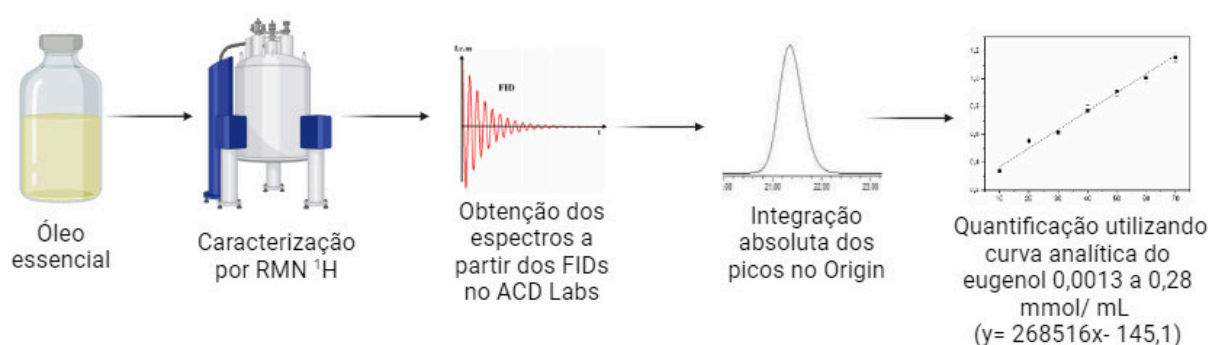
#### 4.6 Quantificação do RMN $^1\text{H}$

Para as quantificações via RMN  $^1\text{H}$ , os espectros foram obtidos sob as mesmas condições das caracterizações dos compostos seguindo a metodologia de quantificação a ser publicada pelo grupo. Os espectros foram processados pela multiplicação exponencial dos FIDs por um fator de 0,3 Hz e uma transformada de Fourier de 64 k pontos, foi feita a correção de fase de forma manual junto com a correção de linha de base, sendo aplicada em toda extensão espectral. Após isso, os espectros foram processados no programa Origin, onde foi feita a integração absoluta das áreas dos deslocamentos químicos de interesse e por último foi utilizada uma curva analítica para realizar a quantificação relativo a cada deslocamento. O método analítico foi avaliado pela seletividade, precisão, exatidão, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ), faixa dinâmica e linearidade obtidas a partir de uma curva de calibração com eugenol (ReagentPlus™, 99%, Sigma). A curva analítica foi construída através das áreas dos hidrogênios do grupo metoxílico do eugenol ( $\delta_{\text{H}} = 3,89$  ppm) com faixa de trabalho 0,0013 a 0,28 mmol  $\text{mL}^{-1}$  em que apresentou  $R^2$  de 0,998, ( $y=268516x - 145,1$ ). Quanto ao LD e LQ foram determinados como 2.0  $\mu\text{mol mL}^{-1}$  (0.30 mg  $\text{mL}^{-1}$  de citral) e 6.0  $\mu\text{mol mL}^{-1}$



(0.91 mg mL<sup>-1</sup> de citral), respectivamente. Já precisão, o DPR foi de 0,6% utilizando a amostra de óleo essencial de capim santo comercial 4 (OECSCOM4) com massa média das sextuplicatas de 2,52 mg de Geranial ( $d$ ,  $\delta_H = 9,99$  ppm, 1H). Em relação à exatidão, o Er foi de 1,8% para as médias das sextuplicatas da amostra de Citral PA com massa teórica média de 20,9 mg. Os resultados foram avaliados com um nível de significância de 0.05 usando o programa GraphPad Prism 8.0.

Figura 11 - Representação da quantificação dos óleos essenciais de citronela



Fonte: elaborado pela autora.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Extração do óleo essencial de *C.winterianus*

Os resultados da extração são apresentados abaixo:

Tabela 1 - Resultados das extrações do óleo essencial OECTUFC

Amostras	Massa(g)	Volume(mL)	Densidade(g/mL)	Rendimento(%v/m)
OECTUFC-1	3,4716	3,87	0,90	0,85±0,03
OECTUFC-2	1,2385	1,5	0,84	0,34±0,03

Legenda: OECTUFC-1 - Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do Ceará em (09/02/23); OECTUFC-2 - Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do Ceará em (31/08/23).

Fonte: elaborada pela autora.

Obteve-se um rendimento em torno de 0,3% na amostra de óleo trabalhada em (31/08/23) utilizando-se uma massa de 430 g. Em um dos artigos usados como referência foi obtido um rendimento percentual médio (v/m) no procedimento de hidrodestilação de 1,0%, utilizando uma massa de 350 g da planta (WANY et al., 2013). No segundo artigo utilizado, o rendimento obtido extraído por meio da hidrodestilação e utilizando 650 g de folhas frescas foi de 0,5% (GONÇALVES et al., 2010). Foi possível perceber que o rendimento obtido do óleo extraído foi menor do que o da literatura e menor também comparada com outra extração da mesma planta feita 6 meses antes (09/02/23), onde foi utilizado uma massa de 455 g.

Considerando que as duas extrações foram realizadas pelo método de hidrodestilação e que as amostras foram coletadas na mesma hora, ficamos com o fato de terem sido extraídas em períodos diferentes. Assim podemos deduzir que o período do ano tenha sido um dos fatores que motivaram o baixo rendimento observado. SCHERER (2007) relata que em épocas do ano específicas as plantas tendem a ter uma quantidade maior de óleo essencial.

## 5.2 Caracterização por Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM)

Os dados da caracterização do óleo extraído e dos óleos comerciais adquiridos estão dados abaixo:

Tabela 2 - Composição do OECTUFC-2 e OECTECS por CG-EM

continua

Compostos	IK(cal)	IK(lit)	Composição(%)	
			OECTUFC-2	OECTECS
1 Limoneno	1035	1029	1,14±0,11	2,23±0,11
2 Isopulegol	1156	1149	—	—
3 Citronelal	1161	1153	49,74±3,74	46,91±2,30
4 NI	1166	—	—	—

conclusão

Compostos	IK(cal)	IK(lit)	Composição(%)	
			OECTUFC-2	OECTECS
5 Citronelol	1234	1225	9,11±0,32	13,60±0,25
6 Geraniol	1259	1252	22,89±0,68	21,49±0,52
7 Acetato de citronelila	1352	1352	0,95±0,27	2,13±0,24
8 β-Elemeno	1383	1390	1,48±0,47	4,40±0,56
9 2-epi-trans-β-cariofileno	1464	1466	0,66±0,00	0,82±0,05
10 Germacreno D	1480	1481	—	0,50±0,04
11 α-Muroleno	1491	1500	—	0,51±0,03
12 γ-Cadineno	1499	1513	1,85±0,31	3,54±0,16
13 Elemol	1523	1549	4,14±0,51	3,82±0,14
14 Khusimone	1603	1604	1,42±0,19	—
15 1,10-de-epi-cubenol	1615	1619	3,32±0,74	0,57±0,06
TOTAL			96,70	100

Legenda: IK - Índice de Kovats; (cal) - Índice calculado através de n-alcanos homólogos (C<sub>8</sub>-C<sub>18</sub>); (lit) - Índice da literatura (ADAMS, 2017; CASSEL; VARGAS, 2006; SIMIC et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; SCHERER et al., 2009); OECTUFC-2 - Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do Ceará EM (31/08/23); OECTECS - Óleo essencial de citronela marca ECCOS cosméticos.

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 3 - Composição do OECTNAT e OECTVIA por CG-EM

continua

Compostos	IK(cal)	IK(lit)	Composição(%)	
			OECTNAT	OECTVIA
1 Limoneno	1035	1029	2,32±0,24	4,96±0,18
2 Isopulegol	1156	1149	1,12±0,06	—
3 Citronelal	1161	1153	31,15±1,98	50,49±0,81

conclusão

Compostos	IK(cal)	IK(lit)	Composição(%)	
			OECTNAT	OECTVIA
4 NI	1166	—	7,07±0,78	—
5 Citronelol	1234	1225	13,11±1,19	10,79±0,38
6 Geraniol	1259	1252	25,93±1,74	23,29±0,70
7 Acetato de citronelila	1352	1352	—	1,91±0,29
8 $\beta$ -Elemeno	1383	1390	3,38±0,19	4,06±0,56
9 2-epi-trans- $\beta$ -cariofileno	1464	1466	0,52±0,04	—
10 Germacreno D	1480	1481	0,54±0,06	—
11 $\alpha$ -Muroleno	1491	1500	0,64±0,06	—
12 $\gamma$ -Cadineno	1499	1513	2,99±0,23	1,37±0,03
13 Elemol	1523	1549	7,18±0,41	1,34±0,06
14 Khusimone	1603	1604	0,70±0,10	—
15 1,10-de-epi-cubenol	1615	1619	2,01±0,19	—
TOTAL			98,66	98,21

Legenda: IK - Índice de Kovats; (cal) - Índice calculado através de n-alcanos homólogos(C<sub>8</sub>-C<sub>18</sub>); (lit) - Índice da literatura (ADAMS, 2017; CASSEL; VARGAS, 2006; SIMIC et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; SCHERER et al., 2009); OECTNAT - Óleo essencial de citronela da marca NatEssential; OECTVIA - Óleo essencial de citronela marca ViaAroma.

Fonte: elaborado pela autora.

A partir dos dados acima foi observado que foi caracterizado um total de 15 compostos e que os compostos majoritários, tanto do óleo extraído quanto dos óleos comerciais, foram o citronelol, citronelal e geraniol, como foi observado por CASSEL; VARGAS (2006). Foi obtido para o OECTUFC-2 (citronelal (49,74%),

geraniol (22,89%) e citronelol (9,11%)); o OECTECS ( citronelal (46,91%), geraniol (21,49%) e citronelol (13,60%)); o OECTNAT (citronelal (31,15%), geraniol (25,93%) e citronelal (13,11%)) e o OECTVIA (citronelal (50,49%), geraniol (23,29%) e citronelal (10,79%)). Para o OECTUFC-2 foi caracterizado 96,70% dos compostos, para o OECTECS 100%, para o OECTNAT 91,59%, já que um dos seus compostos não foi possível identificar e para o OECTVIA 98,21%. Analisando os resultados anteriores foi possível constatar que o OECTNAT teve uma porcentagem de citronelal menor do que os outros óleos.

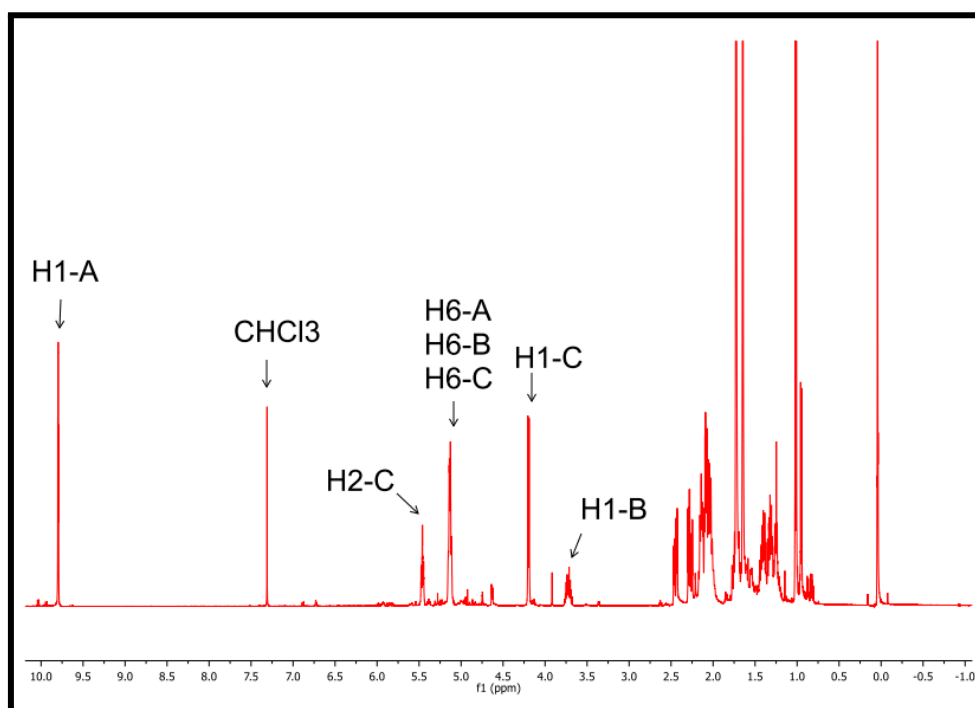
Nas tabelas 2 e 3 foram colocados os IK calculados e da literatura e foi observado que eles estavam próximos uns dos outros ou com uma diferença de pelo menos 10 para cima ou 10 para baixo entre eles. Um dos compostos acabou fugindo da situação dita anteriormente, no caso o Elemol, que teve um IK calculado muito distante do IK da literatura. Apesar da diferença grande entre os IK, a comparação do espectro com a biblioteca espectral do ADAMS (2017) mostrou que realmente o composto era o Elemol.

Também foi possível observar analisando as tabelas 2 e 3 que o óleo extraído e os óleos comerciais tiveram uma composição parecida entre si e de acordo com as informações encontradas na literatura sobre a composição de outros óleos de citronela, ou seja, foi possível verificar a autenticidade dos óleos comerciais com o auxílio do óleo extraído (OECTUFC-2), que foi utilizado como uma amostra padrão, uma vez que, ela é isenta de adulteração e se tem conhecimento de onde e como foi extraída.

### **5.3 Caracterização por Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN $^1\text{H}$ )**

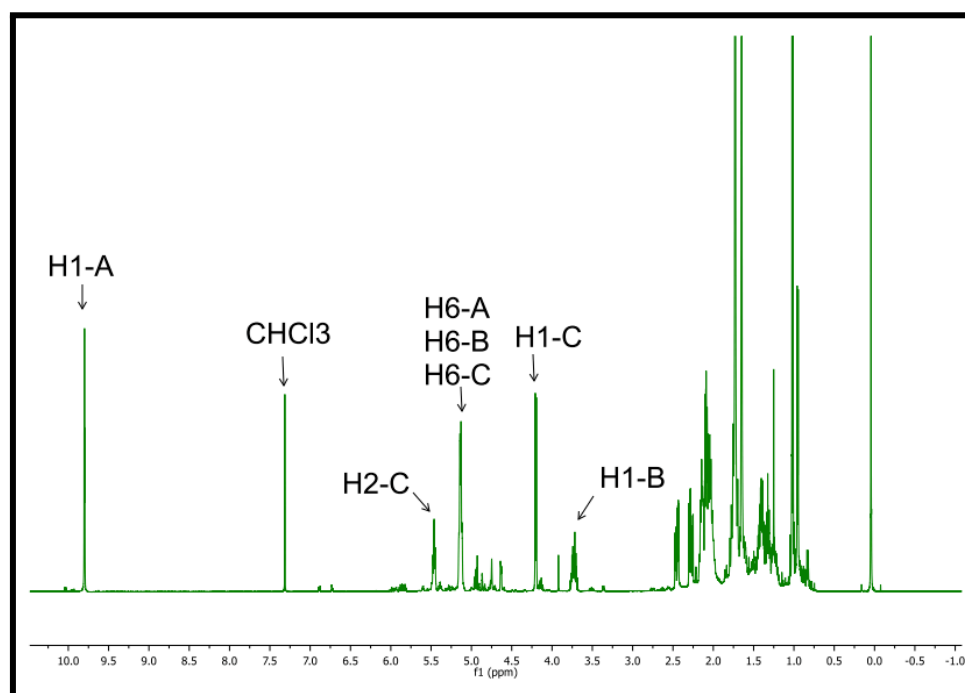
Os espectros de RMN de  $^1\text{H}$  dos óleos trabalhados, a figura dos compostos majoritários dos óleos e a tabela de deslocamentos referentes aos hidrogênios caracterizados por RMN  $^1\text{H}$  são exibidos abaixo.

Figura 12 - Espectro de RMN  $^1\text{H}$  do óleo essencial OECTUFC-2 (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )



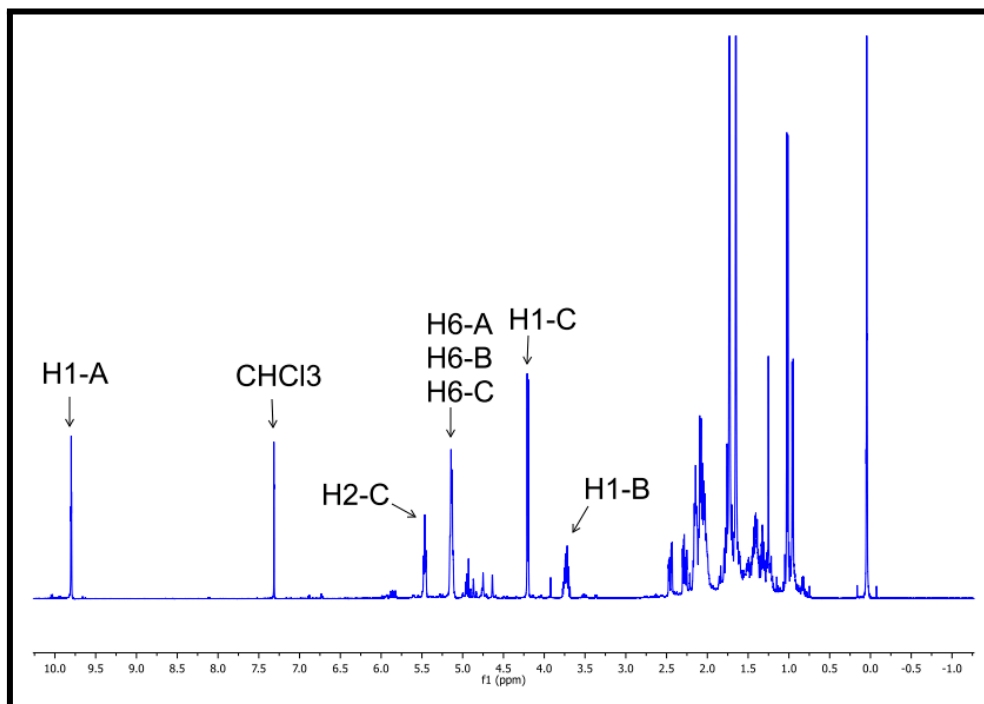
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 13 - Espectro de RMN  $^1\text{H}$  do óleo essencial OECTECS (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )



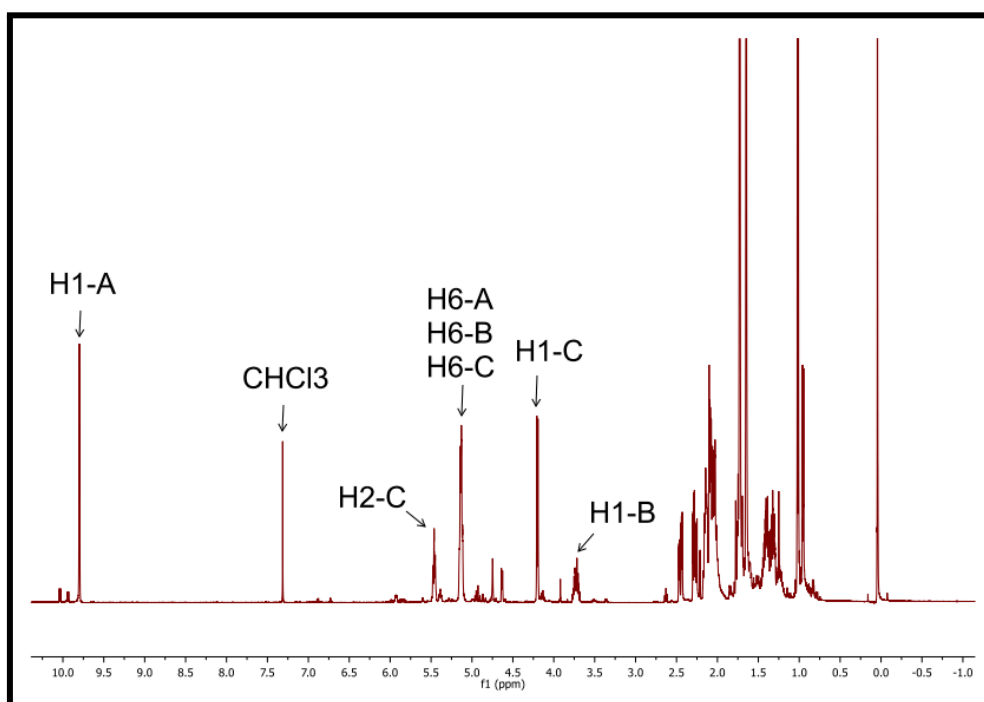
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 14 - Espectro de RMN  $^1\text{H}$  do óleo essencial OECTNAT  
(500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )



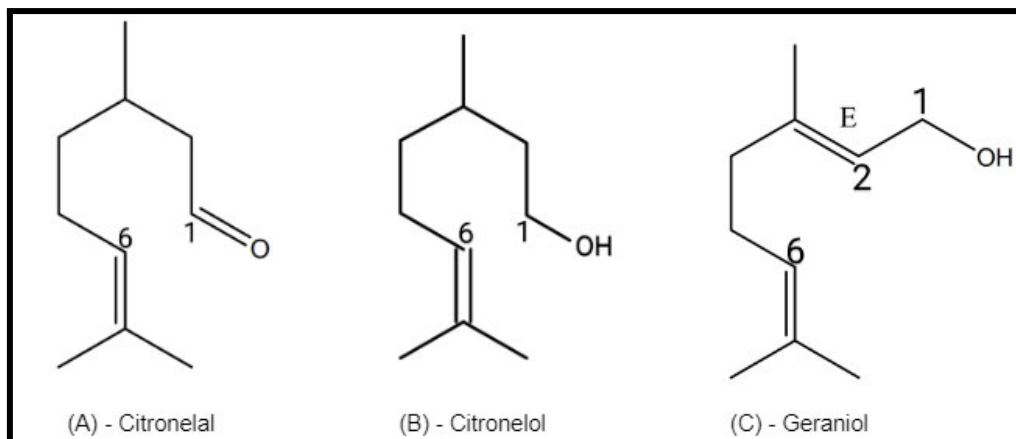
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 15 - Espectro de RMN  $^1\text{H}$  do óleo essencial OECTVIA  
(500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 16 - Compostos majoritários do óleo da citronela



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4 - Deslocamentos químicos ( $\delta$ ) de RMN  $^1\text{H}$  dos compostos majoritários dos óleos essenciais de citronela

Compostos		
Citronelol	Geraniol	Citronelal
$\delta$ (ppm)		
	4,16 (d,1H)	
3,66-3,79 (m,1H)	5,06-5,30 (m,6H)	9,80 (t,1H)
5,06-5,30 (m,6H)	5,40-5,52 (m,2H)	5,06-5,30 (m,6H)

Fonte: elaborado pela autora.

Estudando os espectros acima e de acordo com a tabela 4 foi obtido, para os 4 óleos trabalhados, os seguintes resultados: para o citronelol, os principais deslocamentos químicos foram em 3,66-3,79 ppm (m, 1H) pertencente ao hidrogênio



ligado ao C-1 e em 5,06-5,30 ppm (m, 6H) pertencente ao hidrogênio ligado ao C-6 da dupla. Para o citronelal, os principais deslocamentos químicos foram em 9,80 ppm (t, 1H) pertencente ao hidrogênio aldeídico e em 5,06-5,30 ppm (m, 6H) pertencente ao hidrogênio ligado ao C-6 da dupla. Para o geraniol, os principais deslocamentos químicos foram em 4,16 ppm (d, 1H), 5,41-5,51 ppm (m, 2H) pertencentes respectivamente aos hidrogênios ligados aos C-1 e C-2 e em 5,06-5,30 ppm (m, 6H) pertencente ao hidrogênio ligado ao C-6 da dupla.

Utilizando um artigo de referência que tinha os seguintes resultados: para o citronelol o deslocamento químico principal foi em um multipletto de 3,61-3,74 ppm pertencente ao hidrogênio ligado a C-1, para o citronelal o deslocamento principal foi em um tripleto de 9,75 ppm pertencente ao hidrogênio aldeídico e para o geraniol, os deslocamentos principais foram em um dupletto de 4,13 ppm e um multipletto de 5,36-5,42 ppm, pertencentes respectivamente aos hidrogênios ligados aos C-1 e C-2. Também foi observado um multipletto em 5,04-5,12 ppm pertencente ao hidrogênio ligado ao C-6 da dupla do citronelal, geraniol e citronelol, que foram encontrados sobrepostos. (CERCEAU et al., 2020).

Comparando os resultados obtidos experimentalmente e os do artigo foi possível perceber que, apesar de se observar uma variação dos deslocamentos obtidos experimentalmente em relação aos da literatura, que pode ser explicada pela diferença de aquisição dos espectros do experimento e da literatura, os deslocamentos atribuídos aos hidrogênios ligados aos carbonos de cada composto majoritário do experimento estão de acordo com os encontrados no artigo utilizado. Então foi possível observar que os deslocamentos encontrados nos espectros de RMN dos óleos são realmente dos átomos de hidrogênio ligados aos carbonos numerados na figura 16.

Assim por meio da técnica de RMN  $^1\text{H}$  foi possível avaliar que os óleos comerciais de citronela eram autênticos, uma vez que os espectros do óleo extraído e dos óleos comerciais estavam parecidos, não foi identificado picos relativos a outros compostos que não fossem os dos monoterpenos majoritários, os componentes majoritários estavam presentes e foi possível identificá-los, o que provavelmente não seria possível se os óleos estivessem adulterados, como foi observado por CERCEAU et al. (2020) em seu trabalho, onde por conta da presença do composto dipropilenoglicol nos óleos de citronela não foi possível quantificar o citronelal, citronelol e o geraniol pela técnica de RMN  $^1\text{H}$ , uma vez que a adulteração

fez com que os teores do citronelal ficassem abaixo do limite de quantificação do método e os sinais de dipropilenoglicol ficassem sobrepostos aos sinais do citronelol e do geraniol.

#### 5.4 Quantificação do RMN $^1\text{H}$

Os dados de quantificação do RMN  $^1\text{H}$  dos óleos de citronela estão dados abaixo:

Tabela 5 - Composição dos compostos majoritários do óleo extraído e comercial em mg/g determinada através dos sinais de RMN  $^1\text{H}$

Óleos	Composição (mg/g)		
	Citronelol 3.66-3.79 ppm (m,1H)	Citronelal 9.80 ppm (t,1H)	Geraniol 4.16 ppm (d,1H)
OECTUFC-2	110,1	424,5	255,8
OECTECS	143,2	363,4	220,9
OECTNAT	149,5	268,8	272,1
OECTVIA	125,7	444,8	233,1

Legenda: OECTUFC-2 - Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do Ceará em (31/08/23); OECTECS - Óleo essencial de citronela marca ECCOS cosméticos; OECTNAT - Óleo essencial de citronela da marca NatEssential; OECTVIA - Óleo essencial de citronela marca ViaAroma.

Fonte: elaborado pela autora.

A partir dos picos identificados nos espectros de RMN  $^1\text{H}$  relativos aos compostos majoritários foi possível realizar a integração absoluta deles e obter suas quantidades em mg/g. Foi possível observar que o óleo extraído e os óleos comerciais tiveram uma concentração parecida entre si, sendo o OECTVIA o mais próximo ao óleo extraído em quantidade.

A quantificação do óleo extraído e dos óleos comerciais e a comparação entre os resultados, foi outro método utilizado para confirmar a autenticidade dos óleos comerciais estudados. Assim foi observado que os 3 óleos comerciais estudados não tiveram índices de adulteração.

### 5.5 Comparação dos teores dos compostos majoritários determinados por RMN <sup>1</sup>H e CG-EM

Os teores dos compostos majoritários dos óleos essenciais obtidos pelas técnicas de CG-EM e RMN <sup>1</sup>H estão dados abaixo:

Tabela 6 - Comparação da % dos compostos majoritários dos óleos essenciais de citronela por CG-EM e RMN <sup>1</sup>H

Óleos	Composição (%)		
	Citronelol	Citronelal	Geraniol
		<b>CG-EM</b>	
OECTUFC-2	9,11±0,32	49,74±3,74	22,89±0,68
OECTECS	13,60±0,25	46,91±2,30	21,49±0,52
OECTNAT	13,11±1,19	31,15±1,98	25,93±1,74
OECTVIA	10,79±0,38	50,49±0,81	23,29±0,70
		<b>RMN <sup>1</sup>H</b>	
OECTUFC-2	11,01±0,95	42,45±6,68	25,58±0,97
OECTECS	14,32±0,44	36,34±1,16	22,09±0,79
OECTNAT	14,95±0,79	26,88±1,13	27,21±1,44
OECTVIA	12,73±0,50	47,19±2,66	22,55±2,75

Legenda: OECTUFC-2 - Óleo essencial de citronela extraído na Universidade Federal do Ceará em (31/08/23); OECTECS - Óleo essencial de citronela marca ECCOS cosméticos; OECTNAT - Óleo essencial de citronela da marca NatEssential; OECTVIA - Óleo essencial de citronela marca ViaAroma.

Fonte: elaborado pela autora.

Foi possível obter os teores dos compostos majoritários por meio das duas técnicas utilizadas e analisando a tabela 6 foi possível observar que os valores entre as técnicas foram relativamente parecidos. Por meio dos resultados acima foi possível demonstrar que, além da técnica de CG-EM que é frequentemente utilizada

para a análise quantitativa e qualitativa dos metabólitos secundários das plantas (PILON et al., 2020; EMWAS et al., 2019; CERCEAU et al., 2020), a técnica de RMN  $^1\text{H}$  também é uma técnica capaz de fazer simultaneamente a identificação e quantificação dos compostos majoritários dos óleos essenciais, como foi concluído por CERCEAU et al. (2020) em seu trabalho.

No trabalho de CERCEAU et al. (2020) ele obteve para os dois óleos de citronela (*C. winterianus*) pela técnica de RMN  $^1\text{H}$ , os seguintes resultados: para o citronelal (32,44% e 24,35%), citronelol (11,01% e 11,50%) e geraniol (27,51% e 33,27%). Já pela técnica de CG-EM ele obteve: citronelal (23,74- 34-20%), citronelol (11,48-21,92%) e geraniol (16,26-34,38%). Os resultados obtidos neste trabalho foram parecidos com os de CERCEAU et al. (2020), apesar de se observar algumas diferenças nos teores obtidos pros compósitos majoritários em cada trabalho. Essa diferença pode está atrelada a diversos fatores que afetam a qualidade, quantidade e composição dos óleos, como foi comentado no início deste trabalho, como: região onde a planta foi cultivada, processo de colheita do material, método de extração utilizado, dentre outros (SCHERER, 2007; ANDREI; DEL COMUNE, 2005).

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos neste trabalho foi possível caracterizar os óleos essenciais comerciais de citronela utilizando a Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (CG-EM) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN), bem como, quantificar os componentes majoritários por RMN quantitativa.

Os óleos essenciais comerciais de citronela analisados por CG-EM e RMN  $^1\text{H}$  mostraram ser semelhantes ao óleo essencial obtido da planta identificada botanicamente como *Cymbopogon winterianus* e não apresentaram perfis com produtos de adulteração, sendo assim foram considerados como autênticos.

Este é o primeiro relato na literatura da quantificação dos componentes majoritários: citronelal, citronelol e geraniol em óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* por RMN quantitativa.

Sendo assim, é possível propor que a RMN  $^1\text{H}$  pode ser utilizada como método alternativo às técnicas cromatográficas para contribuir com a verificação da autenticidade de óleos essenciais.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, P. R. Biology Department Baylor University. **IDENTIFICATION OF ESSENTIAL OIL COMPONENTS BY GAS CHROMATOGRAPHY/ MASS SPECTROMETRY**. 4. ed. Baylor, 2017.
- ADUKWU, E. C.; ALLEN, S. C. H.; PHILLIPS, C. A. The anti-biofilm activity of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) essential oils against five strains of *Staphylococcus aureus*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 113, n. 5, p. 1217–1227, 21 ago. 2012.
- ALMEIDA, D. F. L. S. Estudo das Vias Metabólicas das Plantas na Síntese de Pigmentos Naturais. UFP – Faculdade de Ciências da Saúde. Porto, Portugal, 2017.
- AMINA, R.M. *et al.* Phytochemical screening and oil yield of a potential herb, camel grass (*Cymbopogon schoenanthus* Spreng.). **Central European Journal of Experimental Biology**. Sokoto (Nigéria), p. 15-19. jul. 2013.
- AMORIM, Antônia Fádía Valentim de. Métodos Cromatográficos. Fortaleza: Uece, 2019.
- ANDREI, P.; DEL COMUNE, A. P. Aromaterapia e suas aplicações. Centro Universitário São Camilo, v. 11, n. 4, p. 57-68, 2005.
- ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **ORIENTAÇÕES SOBRE O USO DE FITOTERÁPICOS E PLANTAS MEDICINAIS**, ©2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/publicacoes-sobre-medicamentos/orientacoes-sobre-o-uso-de-fitoterapicos-e-plantas-medicinais.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2023.
- AOUS, W. *et al.* Essential oils of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. from Algerian Sahara: chemical variability, antioxidant, antimicrobial and insecticidal properties. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 6, p. 562–572, 8 maio 2019.
- ARENDO, E. *Cymbopogon nardus* (citronella grass). **CABI Compendium**, v. CABI Compendium, 7 jan. 2022.
- AVOSEH, O. *et al.* *Cymbopogon* Species; Ethnopharmacology, Phytochemistry and the Pharmacological Importance. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 7438–7453, 23 abr. 2015.
- BARBOSA, Danilo Batista Martins. ESTUDO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DA ASSOCIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Cymbopogon winterianus* Jowitt (CITRONELA) COM ANTIFÚNGICOS SINTÉTICOS SOBRE ESPÉCIES DE *Aspergillus*. 2011. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6632>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- BIOLÓGICO, S.; PAULO. NOÇÕES BÁSICAS DE CROMATOGRAFIA. v. 64, n. 2, p. 227–229, 2002.

BORGES, Larissa Pacheco; AMORIM, Vítor Alves. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS. **Agrotecnologia**, Goiás (Ipameri), v. 11, n. 1, p. 54-67, fev. 2020.

BUSTILLOS, Oscar Vega. A cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas – GC/MS. *Revista Analytica*, São Paulo, v. 105, n. 0, p. 28-30, 2020. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/a-cromatografia-a-gas-acoplada-a-espectrometria-de-massas-gc-ms/>. Acesso em: 21 nov. 2023.

CABI, *Cymbopogon schoenanthus* (camel grass). **CABI Compendium**, v. CABI Compendium, 7 jan. 2022.

CANUTO, Gisele *et al.* METABOLÔMICA: definições, estado-da-arte e aplicações representativas. **Química Nova**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 75-91, jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170134>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CASSEL, E.; VARGAS, R. M. F. Experiments and Modeling of the *Cymbopogon winterianus* Essential Oil Extraction by Steam Distillation. **Journal of the Mexican Chemical Society**, v. 50, n. 3, p. 126–129, 1 set. 2006.

CERCEAU, Cristiane I. *et al.* <sup>1</sup>H-NMR and GC for detection of adulteration in commercial essential oils of *Cymbopogon* ssp. **Phytochemical Analysis**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 88-97, 29 jul. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pca.2869>. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pca.2869>. Acesso em: 06 dez. 2023.

CHAISRIPIPAT, W.; LOURITH, N.; KANLAYAVATTANAKUL, M. Anti-dandruff Hair Tonic Containing Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) Oil. **Complementary Medicine Research**, v. 22, n. 4, p. 226–229, 2015.

CHANDRASHEKAR, K. S.; PRASANNA, K. S. Analgesic and Anti-inflammatory Activities of the Essential oil from *Cymbopogon flexuosus*. **Pharmacognosy Journal**, v. 2, n. 14, p. 23–25, set. 2010.

COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberto L.; BONATO, Pierina S.. Introdução a métodos cromatográficos. 7. ed. Campinas-Sp: Editora da Unicamp, 1997.

DABA, A. *et al.* Phytochemical composition of essential oils from aromatic plants inherited with bioherbicidal activity in arabica coffee production system of Ethiopia. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100368, 1 dez. 2022.

DANUELLO, A. *et al.* TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PRINCÍPIOS, CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES: TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS. **Fitoquímica: potencialidades biológicas dos biomas brasileiros - Volume 2**, p. 200–214, 2022.

DE TOLEDO, L. *et al.* Essential Oil of *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle: A Strategy to Combat Fungal Infections Caused by Candida Species. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 8, p. 1252, 9 ago. 2016.

DEVI, M. A. et al. Toxicity, repellency and chemical composition of essential oils from *Cymbopogon* species against red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 15, n. 2, p. 181–191, 17 dez. 2019.

EMWAS, A.-H. et al. NMR Spectroscopy for Metabolomics Research. *Metabolites*, v. 9, n. 7, 27 jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/metabo9070123>. Acesso em: 21 nov. 2023.

FLORA DO BRASIL. Flora e Funga do Brasil. [S. l.], 2023. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>. Acesso: 18 nov. 2023

FONSECA, S.; LISBOA, J.; REGINA, S. Avaliação química e microbiológica do óleo essencial de *Cymbopogon densiflorus* (Poaceae). v. 15, n. Supl 1, p. 35–43, 31 jan. 2022.

FREITAS, J. V. B. et al. Chemometric analysis of NMR and GC datasets for chemotype characterization of essential oils from different species of *Ocimum*. *Talanta*, v. 180, n. October 2017, p. 329–336, 2018.

GONÇALVES, T. B. et al. Chemical Composition and Antibacterial Evaluation of the Essential Oil from *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Gramineae). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 13, n. 4, p. 426–431, jan. 2010.

GUERRA, Ana Paula. **OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Schinus terebenthifolius Raddi* (AROEIRA)**. 2014. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Química- Bacharelado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Utfpr), Pato Branco, 2014.

GUZMAN, C. C.; REGLOS, R. A. ***Cymbopogon martini* (PROSEA) - PlantUse English**, 1999. Disponível em: [https://uses.plantnet-project.org/en/Cymbopogon\\_martini\\_\(PROSEA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Cymbopogon_martini_(PROSEA))>. Acesso em: 28 set. 2023.

HARRIS, Daniel C.. **Análise Química Quantitativa**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, 2012.

HASHIM, Gasal M. et al. Biological activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil. **Saudi Journal Of Biological Sciences**. Riade ( Arábia Saudita), p. 1458-1464. nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.06.001>. Acesso em: 06 dez. 2023.

HEUZÉ, H.; THIOLLET, H.; TRAN, G. Kachi frass (*Cymbopogon caeissus*), 2016. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/470>. Acesso em: 5 dez. 2023.

KATIKI, L. M. et al. Anthelmintic activity of *Cymbopogon martinii*, *Cymbopogon schoenanthus* and *Mentha piperita* essential oils evaluated in four different in vitro tests. **Veterinary Parasitology**, v. 183, n. 1-2, p. 103–108, dez. 2011.



KHADRI, A. et al. Antioxidant, antiacetylcholinesterase and antimicrobial activities of *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng (lemon grass) from Tunisia. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 331–336, mar. 2010.

KHADRI, A. et al. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of essential oils from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. Determination of chemical composition by GC–mass spectrometry and <sup>13</sup>C NMR. **Food Chemistry**, v. 109, n. 3, p. 630–637, ago. 2008.

LIMA, B. et al. Assessment of antinociceptive, anti-inflammatory and antioxidant properties of *Cymbopogon winterianus* leaf essential oil. **Pharmaceutical Biology**, v. 48, n. 10, p. 1164–1169, 25 ago. 2010.

LUCIA et al. Antitumor effect of *Cymbopogon densiflorus* (Linne) essential oil in bladder cancer cells. v. 35, n. 23, p. 5238–5242, 2 abr. 2020.

MACEDO, M. et al. Chemical composition of *Cymbopogon flexuosus* (Poaceae) essential oil, its insecticidal and repellency activity against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:Curculionidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, n. 3, p. 2701–2708, 16 maio 2022.

MAGALHÃES, Carlos Henrique Agra. **EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE AROEIRA DA PRAIA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS RADDI*)**. 2020. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió- Alagoas, 2020.

MPIANA, P. T. et al. In vitro antidrepanocytary activity (anti-sickle cell anemia) of some congolese plants. **Phytomedicine**, v. 14, n. 2-3, p. 192–195, fev. 2007.

NASCIMENTO, Alexsandra; PRADE, Ana Carla Koetz. **AROMATERAPIA: O PODER DAS PLANTAS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**. Pernambuco (Recife), n. 2, p.1-33, 2020. Disponível em: <https://observapics.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/06/Cuidado-integral-na-Covid-Aromaterapia-ObservaPICS.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2023.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. **Cromatografia gasosa**: aspectos teóricos e práticos. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2018.

**NParks** | *Cymbopogon nardus*, 2022. Disponível em: <<https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/3/8/3891>>. Acesso em: 22 set. 2023.

OLIVEIRA, M. M. M. et al. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 08-16, 2011.

PANDEY, A. K.; RAI, M. K.; ACHARYA, D. Chemical Composition and Antimycotic Activity of the Essential Oils of Corn Mint (*Mentha arvensis*) and Lemon Grass (*Cymbopogon flexuosus*) Against Human Pathogenic Fungi. **Pharmaceutical Biology**, v. 41, n. 6, p. 421–425, jan. 2003.

PAULA et al. Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities of Essential Oil From *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf Flowers. v. 24, n. 1, p. 40–52, 2 jan. 2021.

PAULA et al. Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities of Essential Oil From *Cymbopogon densiflorus* (Steud.) Stapf Flowers. v. 24, n. 1, p. 40–52, 2 jan. 2021.

PAVIA, D. L. et al. **Introdução à espectroscopia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PILON, A. et al. METABOLÔMICA DE PLANTAS: MÉTODOS E DESAFIOS. **Química Nova**, São Paulo (Ribeirão Preto), v. 43, n. 3, p. 329-354, mar. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170499>. Acesso em: 26 dez. 2023.

PRASHAR, A. et al. Antimicrobial action of palmarosa oil (*Cymbopogon martinii*) on *Saccharomyces cerevisiae*. **Phytochemistry**, v. 63, n. 5, p. 569–575, jul. 2003.

QUINTANS-JÚNIOR, L. J. et al. Phytochemical screening and anticonvulsant activity of *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) leaf essential oil in rodents. **Phytomedicine**, v. 15, n. 8, p. 619–624, 1 ago. 2008.

ROCHA, L. P. B. DA et al. Uso de plantas medicinais: Histórico e relevância. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e44101018282–e44101018282, 5 ago. 2021.

RODRIGUES, K. A. DA F. et al. Molluscicidal and larvicidal activities and essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*. **Pharmaceutical Biology**, v. 51, n. 10, p. 1293–1297, 16 jul. 2013.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Á. et al. Insecticidal Properties of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon winterianus* against *Acanthoscelides obtectus*, Insect Pest of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Insects**, v. 10, n. 5, p. 151, 25 maio 2019.

SCHERER, Luciani Marcia. CITRONELA DE JAVA(*Cymbopogon winterianus* Jowitt):EFEITO DA SAZONALIDADE E DE REGULADORES VEGETAIS SOBRE A MULTIPLICAÇÃO IN VITRO E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

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**, v. 11, n. 4, p. 442–449, 2009.

**Secretaria de Saúde do Distrito Federal**. Folheto informativo sobre a Citronela. Brasília: Secretaria de Saúde do Distrito Federal, nov. 2019. Disponível em:<https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/1118391/FOLHETO-CITRONELA.pdf/4351d5ea-b3c7-0422-bdc4-8799c4ae6c71?t=1652136749541>. Acesso em: 28 de setembro de 2023.

SEIBERT, J. B. et al. Nanostructured Systems Improve the Antimicrobial Potential of the Essential Oil from *Cymbopogon densiflorus* Leaves. **Journal of Natural Products**, v. 82, n. 12, p. 3208–3220, 9 dez. 2019.

SEN, S. et al. Pharmaceutical, cosmeceutical, food additive and agricultural perspectives of *Cymbopogon martini*: A potential industrial aromatic crop. v. 158, p. 277–291, 1 jul. 2023.

SHAH, G. et al. Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemon grass). **Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research**, v. 2, n. 1, p. 3, 2011.

SIEBEN, R. C. et al. **Anápolis (GO)**, v. 10, n. 5a, dez**REVISTA MIRANTE**, 2017. Disponível em: <<https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/7122/4879>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N.; COSTA, A.; COSTA JUNIOR, E. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS. ENCICLOPEDIA BIOSFERA, [S. l.], v. 8, n. 15, 2012. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3767>. Acesso em: 27 out. 2023.

SILVEIRA, S. M. DA et al. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 3, p. 471–480, 1 mar. 2012.

SIMIC, A. et al. Essential Oil Composition of *Cymbopogon winterianus*. and *Carum carvi*. and Their Antimicrobial Activities. **Pharmaceutical Biology**, v. 46, n. 6, p. 437–441, jan. 2008.

SINGH, N. K. et al. Acaricidal activity of *Cymbopogon winterianus*, *Vitex negundo* and *Withania somnifera* against synthetic pyrethroid resistant *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. **Parasitology Research**, v. 113, n. 1, p. 341–350, 1 nov. 2013.

SIQUEIRA, J. **Afaste os insetos com citronela; conheça o método natural**, 2022. Disponível em: <<https://independente.com.br/afaste-os-insetos-com-citronela-conheca-o-metodo-natural/>>. Acesso em: 28 set. 2023.

SOUZA, A. M. DE; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. *Química Nova*, v. 35, n. 1, p. 223–229, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000100039>. Acesso: 19 nov. 2023.

SOUZA, Antônio Barros de et al. EXTRAÇÃO ESSENCIAL DO CAULE VANILLOSMOPSIS ARBOREA BAKER E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE SUAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS. *Revista Científica Multidisciplinar, Chapada do Araripe*, v. 2, n. 4, p. 1-29, 02 maio 2021.

STAUFFER, E.; DOLAN, J. A.; NEWMAN, R. Gas Chromatography and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Fire Debris Analysis*, p. 235-293, 2008.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-012663971-1.50012-9> . Acesso em: 19 nov. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre: Artmed, 6ª ed. 2017.

TAKAISI-KIKUNI, N. B.; TSHILANDA, D.; BABADY, B. Antibacterial activity of the essential oil of *Cymbopogon densiflorus*. **Fitoterapia**, v. 71, n. 1, p. 69–71, fev. 2000.

TAVARES, L. A. et al. *Cymbopogon winterianus* Essential Oil Attenuates Bleomycin-Induced Pulmonary Fibrosis in a Murine Model. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 5, p. 679–679, 9 maio 2021.

TIBENDA, J. J. et al. Review of phytomedicine, phytochemistry, ethnopharmacology, toxicology, and pharmacological activities of *Cymbopogon* genus. **Frontiers in Pharmacology**, v. 13, 29 ago. 2022.

UARROTA, Virgílio Gavicho. **PERFIL METABÓLICO PRIMÁRIO (PROTEÍNAS, AMIDO E LIPÍDEOS) E SECUNDÁRIO [CAROTENÓIDES, ANTOCIANINAS E ÁCIDOS (POLI)FENÓLICOS] DE GRÃOS DE OITO VARIEDADES CRIOULAS DE MILHO**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

VALIM, P. P. Tipos de Cromatografia, 2020. Disponível em: <<https://cienciaemacao.com.br/tipos-de-cromatografia/>>.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 519–528, jun. 2005.

VERMA, R. S. et al. Chemical composition and antibacterial activity of *p*-menthane chemotype of *Cymbopogon martini* (Roxb.) W. Watson (Poaceae) from India. **Journal of Essential Oil Research**, v. 30, n. 3, p. 182–188, fev. 2018.

WANY, A. et al. Extraction and characterization of essential oil components based on geraniol and citronellol from Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Plant Growth Regulation**, v. 73, n. 2, p. 133–145, 3 dez. 2013.

ZHANG, H.; LAN, W.; GAO, X. Bioactivity-guided fractionation of *Cymbopogon caesius* (Ness) stapf. revealed isoorientin as an antihypertensive agent. **Pharmacognosy Magazine**, v. 16, n. 67, p. 61, 2020.