



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**RAFAELA CAROLINE MODA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper marginatum*  
(PIPERACEAE) EM DUAS LOCALIZAÇÕES DIFERENTES DA REGIÃO  
NORTE DO BRASIL**

**SANTARÉM - PA**

**2023**

**RAFAELA CAROLINE MODA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper marginatum*  
(PIPERACEAE) EM DUAS LOCALIZAÇÕES DIFERENTES DA REGIÃO  
NORTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso, de Bacharelado em Ciências Biológicas apresentado ao Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana

Co-orientadora: Dr. Leomara Andrade da Silva

**SANTARÉM – PA  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

- S237a Santos, Rafaela Caroline Moda dos  
Avaliação do óleo essencial das folhas de *Piper marginatum* ( Piperaceae ) em duas localizações diferentes da Região Norte do Brasil./ Rafaela Caroline Moda dos Santos.- Santarém, 2023.  
61 p. : il.  
Inclui bibliografias.
- Orientador: Maxwell Barbosa de Santana.  
Coorientadora: Leomara Andrade da Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Ciências Biológicas.
1. Composição química. 2. Óleo essencial. 3. *Piper marginatum*. 4. Santarém-Pará.  
5. Mojuí dos Campos-Pará. I. Santana, Maxwell Barbosa de, *orient.* II. Silva, Leomara Andrade da, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 583.25

---

**RAFAELA CAROLINE MODA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper marginatum*  
(PIPERACEAE) EM DUAS LOCALIZAÇÕES DIFERENTES DA REGIÃO  
NORTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas apresentado ao Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Conceito: 9,0

Data de Aprovação 19 / 06 / 2023

Documento assinado digitalmente  
 MAXWELL BARBOSA DE SANTANA  
Data: 05/07/2023 08:42:48-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana.

Orientador – Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

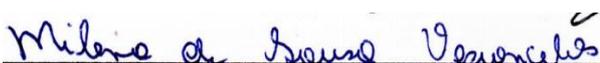
Documento assinado digitalmente  
 ADVANIO INACIO SIQUEIRA SILVA  
Data: 04/07/2023 17:50:57-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Advanio Inacio Siqueira Silva

Membro Titular da Banca

Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)



---

Prof. Milena de Sousa Vasconcelos

Membro Titular da Banca

Universidade da Amazônia – (UNAMA)

Dedico este trabalho a minha avó que sempre lutou junto a mim pelos meus sonhos e a minha filha Alice Aurora mamãe te ama.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, tenho certeza que esteve comigo e me deu forças e coragem para não desistir mesmo quando nada dava certo. Sei que me dava a certeza no coração que tudo tem seu propósito e o tempo certo para acontecer.

A minha avó Nely que foi pai e mãe em toda minha vida, me ajudou em tudo em que precisava, a minha mãe que sempre me ensinou o valor da educação. Aos meus tios que sempre me deram apoio e me incentivaram. Orgulha-los sempre será uma meta na minha vida.

Ao meu orientador, Maxwell Santana. A pessoa que mais me ajudou quando precisei me encorajou a seguir adiante, e a paciência que teve comigo mesmo com muitos altos e baixos não desistiu de mim. Eu tive a sorte de ser abençoada com alguém que eu sabia que podia contar, que esteve presente e que me ajudou muito a aprender sobre a vida acadêmica e pesquisa científica.

A minhas amigas de faculdade e de vida Daniela e Nataniely que sempre me motivaram me ouviram muito, e me ajudaram mais do que elas pesam, pela companhia e pelas risadas, que fizeram do laboratório um local de convivência e de trabalho tão agradável, e a Emily pelos ensinamentos de extração e obtenção do óleo essencial. A minha irmã e meu irmão que me ajudaram como puderam.

E por fim e não menos importante a minha coorientadora que pegou na minha mão e me ensinou o passo a passo de tudo. Aos técnicos por seus ensinamentos sou muito grata a vocês.

Gratidão a todos

Não vou me calar e não vou abrir mão  
Eu vou aguentar firme até o amanhecer  
E nós vamos brilhar intensamente até que a  
escuridão clareie suavemente.

Ed Sheeran

# AValiação DO Óleo ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper marginatum* (PIPERACEAE) EM DUAS LOCALIZAÇÕES DIFERENTES DA REGIÃO NORTE DO BRASIL

## RESUMO

*Piper marginatum*. Jacq (Piperaceae), conhecida popularmente na Região Norte do Brasil, como 'caapeba-cheirosa' ou 'pimenta do mato' é uma espécie arbustiva e de ocorrência nativa encontrada principalmente na Amazônia Brasileira. O uso da *Piper* é bastante diversificado nesta região, e ainda é uma planta com poucos estudos em relação a avaliação da composição química de uma mesma espécie em diferentes localizações. O objetivo principal do presente trabalho, foi avaliar a variação do rendimento, da composição química, e características organolépticas do óleo essencial (OEs) de *Piper marginatum* (*P. marginatum*), em duas localizações diferentes na região norte do Brasil. Os óleos foram obtidos pelo método de hidrodestilação, onde obtiveram-se resultados de rendimento entre 0,34% para a amostra obtida no Município de Santarém-Pará (OESP) e 0,46% para a amostra encontrada no Município de Mojuí dos Campos-Pará (comunidade Igarapé do Onça) (OEIO), e as características organolépticas do OEs de *P. marginatum* foram observadas com a coloração amarelo claro e seu odor forte. A análise química realizada pelo método de Cromatografia em fase Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) se encontraram as substâncias majoritárias, para o OESP, observou-se como componentes majoritários: Espatuleno (7,95%), óxido de cariofileno (7,71%), muurolo-4,10(14)-dien-1- $\beta$ -ol (7,6%),  $\delta$ -3-Careno (6,49%), 3,4-metilenodioxipropiofenona (6,25%),  $\alpha$ -copaeno (4,89%), (E)-cariofileno (4,52%),  $\beta$ -eudesmol (4,39%), intermedeol (3,74%) e hinesol (3,45%). Já no OEIO, os constituintes que apresentaram maior porcentual foram:  $\delta$ -3-Careno (6,79%), (E)- $\beta$ -cariofileno (6,54%),  $\alpha$ -copaeno (4,77%), linalol (4,21%) e  $\gamma$ -Muuroleno (3,16%). Estas substâncias foram comparadas entre si e com a literatura para obter uma visão ampla da avaliação e aplicação dos mesmos, dentro das pesquisas vista atualmente. E foi observado uma variação significativa que demonstra que a variação ambiental é responsável por grande parte das variações químicas presentes no OEs de *P. marginatum*.

**Palavras-Chave:** Composição química, Óleo essencial, *Piper marginatum*, Santarém-Pará, Mojuí dos Campos-Pará.

## **ABSTRACT**

*Piper marginatum*. jacq (Piperaceae), popularly known in the North of Brazil as 'caapeba-cheirosa' or 'pimenta do mato' is a bushy species of native occurrence found mainly in the Brazilian Amazon. The use of *Piper* is quite diversified in this region, and it is still a plant with few studies regarding the evaluation of the chemical composition of the same species in different locations. The main objective of the present work was to evaluate the variation in yield, chemical composition, and organoleptic characteristics of the essential oil (EOs) of *Piper marginatum* (*P. marginatum*), in two different locations in northern Brazil. The oils were obtained by the hydrodistillation method, where yield results were obtained between 0.34% for the sample obtained in the Municipality of Santarém-Pará (OESP) and 0.46% for the sample found in the Municipality of Mojuí dos Campos-Pará (Igarapé do Onça community) (OEIO), and the organoleptic characteristics of *P. marginatum* EOs were observed with a light yellow color and a strong odor. The chemical analysis carried out by the method of Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS) found the major substances, for OESP, it was observed as major components: Spathulenol (7.95%), caryophyllene oxide (7.71%), muurola-4,10(14)-dien-1- $\beta$ -ol (7.6%),  $\delta$ -3-Carene (6.49%), 3,4-methylenedioxypropiophenone (6.25%),  $\alpha$ -copaene (4.89%), (E)-caryophyllene (4.52%),  $\beta$ -eudesmol (4.39%), intermedeol (3.74%) and hinesol (3.45%). In the OEIO, the constituents that presented the highest percentage were:  $\delta$ -3-Carene (6.79%), (E)- $\beta$ -caryophyllene (6.54%),  $\alpha$ -copaene (4.77%), linalool (4.21%) and  $\gamma$ -Muurolene (3.16%). These substances were compared with each other and with the literature to obtain a broad view of their evaluation and application, within the research currently seen. And a significant variation was observed that demonstrates that the environmental variation is responsible for most of the chemical variations present in the EOs of *P. marginatum*.

**Key Words:** Chemical composition, Essential oil, *Piper marginatum*, Santarém-Pará, Mojuí dos Campos-Pará.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Interface química entre as plantas e o ambiente (metabólitos secundários).....	14
<b>Tabela 1-</b> Fitoquímicos relatados e identificados em <i>Piper marginatum</i> .....	24
<b>Mapa 1 (A - C)</b> – Mapa da localização das duas coletas de <i>Piper marginatum</i> .....	28
<b>Figura 2 (A - B)</b> – Local de coleta Município de Santarém- Pará (dependências da Universidade Federal do Oeste do Pará) .....	29
<b>Figura 3 (A - B)</b> – Local de coleta Município de Mojuí dos Campos (dependências da comunidade Igarapé do Onça) .....	29
<b>Figura 4 (A - B)</b> - <i>Piper marginatum</i> coletada no município de Santarém-Pará (nas proximidades da UFOPA) .....	29
<b>Figura 5 (A - B)</b> - <i>Piper marginatum</i> no município de Mojuí dos Campos-Pará (comunidade Igarapé do Onça) .....	30
<b>Figura 6</b> – Estufa de circulação forçada de ar.....	31
<b>Figura 7 (A - C)</b> - Materiais de extração dos óleos essenciais das folhas secas de <i>Piper marginatum</i> .....	32
<b>Figura 8</b> – Cromatógrafo e espectrômetro de massa.....	33
<b>Mapa 2 (a - c)</b> – Previsão das precipitações, temperatura média do ar, e armazenamento de água no solo de todo o Brasil no mês de maio de 2022.....	34
<b>Mapa 3 (a - c)</b> – Previsão das precipitações, temperatura média do ar, e armazenamento de água no solo de todo o Brasil no mês de novembro de 2022. ....	35
<b>Tabela 2-</b> Composição do óleo essencial de <i>Piper marginatum</i> coletada nas localizações de Santarém-Pará e Mojuí dos Campos (comunidade Igarapé do Onça) .....	38
<b>Tabela 3</b> - Composição química do óleo essencial de <i>Piper marginatum</i> coletada na localização de Santarém-Pará (OESP).....	41

<b>Tabela 4</b> - Componentes químicos encontrados no óleo essencial de <i>Piper marginatum</i> de Mojuí dos Campos (OEIO).....	46
---	----

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

OEs Óleos Essenciais  
ISO International Standard Organization  
CG-EM Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas  
UFOPA Universidade Federal do Oeste do Pará  
LabBBEx Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental  
OESP Óleo Essencial de Santarém Pará  
OEIO Óleo Essencial de Igarapé do Onça  
TR Tempo de Retenção  
IR Índice de Retenção  
IR cal Índice de Retenção calculado  
IR lit Índice de Retenção da literatura  
HL-60 Linhagem de células de Leucemia Humana  
FDA Food and Drug Administration  
EFSA Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos  
INPE Instituto Nacional de Pesquisa Espacial  
INMET Instituto Nacional de Meteorologia  
FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
 $\beta$  Beta  
 $\alpha$  Alfa  
 $\gamma$  Gamma  
 $\rho$  Pê  
 $\delta$  Delta  
min Minutos  
°C Graus Celsius  
g Gramas  
L Litros  
m Metro  
mm Milímetro  
ms Milissegundo  
EI Impacto Eletrônico  
mL Mililitros  
 $\mu$ L Microlitro

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEORICO.....	13
2.1. Óleos essenciais.....	13
2.2. Família Piperaceae.....	16
2.3. Gênero <i>Piper</i> .....	18
2.4. <i>Piper marginatum</i> . Jaq.....	20
2.5. Composição química da <i>Piper</i> .....	21
2.6. Composição química de óleos essenciais da mesma espécie em diferentes locais.....	23
3. OBJETIVOS.....	27
3.1. Objetivo Geral.....	27
3.2. Objetivo Específicos.....	27
4. MATERIAIS E METODOS.....	27
4.1. Area de coleta.....	27
4.2. Coleta do material vegetal.....	30
4.3. Obtenção do óleo essencial de <i>Piper marginatum</i> .....	32
4.4. Análise da composição química do óleo essencial das folhas de <i>Piper marginatum</i> .....	33
5. RESULTADOS E DICUSSÃO.....	34
5.1. Análise das áreas de coleta e seus dados climatológicos.....	37
5.2. Obtenção e rendimento dos óleos essenciais de <i>Piper marginatum</i> .....	31
5.3. Características organolépticas do óleo essencial de <i>Piper marginatum</i> .....	37
5.4. Componentes químicos do óleo essencial das folhas de <i>Piper marginatum</i> .....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
7. REFERÊNCIAS.....	51
8. ANEXOS.....	58

## 1. INTRODUÇÃO

A natureza é a maior produtora de substâncias orgânicas conhecidas. O reino vegetal é responsável pela maior parcela da diversidade química registrada na literatura (VIEGAS-JR. et al. 2006) ao longo do período evolutivo, os vegetais, sem poder escapar das ameaças de outros organismos por serem sésseis, desenvolveram estratégias químicas a fim de possibilitar sua sobrevivência (McCHESNEY 1996). A variedade e a complexidade das moléculas originadas do metabolismo secundário das plantas teriam sido resultado de milhões de anos de evolução, como forma de proteção e resistência às intempéries do clima, predadores e poluição (VERPOORTE 2000, MONTANARI & BOLZANI 2001, VIEGAS-JR. et al. 2006).

A massa úmida das plantas contém cerca de 1% de óleos voláteis, e diversos fatores influenciam no seu rendimento e composição, como variação genética, nutrição da planta, estresse durante o seu crescimento ou maturação, localização geográfica, clima, variações do tempo, processo de secagem e armazenamento após a coleta (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012; RAUT; KARUPPAYIL, 2014). Os óleos voláteis, também chamados de óleos essenciais (OEs), os quais se apresentam como líquidos voláteis armazenados em células especiais das plantas, podendo localizar-se em flores, raízes, caules, folhas e sementes (SIMÕES; SPITZER, 2007). A diversidade de substâncias ativas em OEs de plantas tem motivado estudos na área farmacêutica, bem como o desenvolvimento de pesquisas envolvendo extratos e OEs. Em pesquisas na área de fitotecnia, tem sido incansavelmente relatado atividade de extratos e OEs de plantas tais como efeito fungistático, bactericida, herbicida e inseticida. Além disso, são reconhecidos por suas propriedades medicinais, culinárias e aromáticas (NASCIMENTO et al., 2016).

Algumas famílias de plantas são conhecidas por possuírem espécies ricas em OEs, como Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Hypericaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Pinaceae, Piperaceae, entre outras (BAÇER; DEMIRCI, 2007). Entre essas famílias destaca-se a família Piperaceae pertencente ao grupo das Angiospermas, apresenta um maior número de espécies utilizadas na medicina popular, visto que a mesma é considerada de médio porte e agrupa-se em 10 gêneros e aproximadamente 3.600 espécies no mundo (ALVES, 2008). Destes apenas 3 gêneros estão presentes no Brasil, *Manekia Trel.*, *Peperomia Ruiz & Pav.*, *Piper L.*,

com aproximadamente 47250 espécies, onde a maioria são do gênero *Piper* e *Peperomia*, respectivamente, SAMAIM et al., com domínio na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (GUIMARÃES et al., 2023).

O gênero *Piper* L., é descrito com cerca de 2408 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (POWO, 2023). São muito utilizadas como condimentos e utilizadas para o tratamento de alguns tipos de doenças como: afecções vias respiratórias, tosse, bronquite, furúnculos, queimaduras leves, etc. (GOGOSZ et al., 2012; BRANQUINHO et al., 2017; DE LIMA & LIMA, 2021). Alguns usos populares são relatados para as espécies deste gênero, como no tratamento de dores intestinais, irritações e inflamação da pele, entre outras (BRAIT et al., 2015). Considerando que os OEs são fontes naturais para o desenvolvimento de novos medicamentos, espécies deste gênero possui grande importância tanto para a população quanto comercialmente. Portanto, é importante destacar que os relatos na literatura demonstram que as espécies do gênero *Piper* L., possuem importantes atividades como antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, dentre outras (MOU et al., 2021; SILVA et al., 2021; NICKAVAR; MALEKITABAR, 2022; SAIKIA et al., 2022).

Para CARSON; HAMMER, 2011 os OEs podem ser compostos por até 100 constituintes, apresentando uma química complexa. No OEs de *Piper* as principais classes de substâncias identificadas são: hidrocarbonetos, monoterpenos, monoterpenóides oxigenados, hidrocarbonetos sesquiterpênicos, sesquiterpenóides oxigenados e grandes quantidades de fenilpropanóides. Nesse gênero destacam-se as espécies *Piper nigrum*, *Piper aduncum*, *Piper hispidinervum* e *Piper marginatum*, que possuem muitos estudos de seus OEs com ensaios de atividades inseticidas e larvicidas certificadas. (COSTA et al., 2010; SILVA et al., 2018).

Dentre as plantas nativas da Amazônia brasileira, a *P. marginatum* Jacq, popularmente conhecida como 'pimenta do mato', destaca-se por seu potencial farmacológico, sendo amplamente utilizada na medicina popular devido às suas propriedades curativas. *P. marginatum* possui amplo espectro de atividade antimicrobiana e bactericida (ARAÚJO et al., 2014; DUARTE et al., 2004; SÁNCHEZ et al., 2011; SILVA e BASTOS, 2007).

O conhecimento sobre composição química de OEs, pode trazer novas fontes para compostos relevantes (GONÇALVES,2018). Neste contexto as investigações de OEs de espécies da família Piperaceae da região Oeste do Pará demonstra ser de suma importância, já que apresenta potencial uso na indústria

farmacêutica, com aplicação também nos estudos dentro da neurofarmacologia, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento, a composição química e suas características organolépticas do OEs de folhas de *P. marginatum*. E considerando todo o complexo de encontrar substâncias químicas diferentes dependendo de seu local de plantio, foram coletadas em duas localidades sendo elas de Santarém-Pará, e o Município de Mojuí dos Campos (comunidade Igarapé do Onça).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. ÓLEO ESSENCIAL**

O uso de OEs, é muito antigo, havendo relatos de produção na Pérsia, Índia e Egito em épocas anteriores a Cristo. No final da Idade Média, a destilação de OEs para produção de óleos de romã e lavanda era bastante frequente (SILVA, 1993).

Para a produção dos compostos químicos dos OEs, de acordo com Poser & Mentz (2002), os compostos químicos produzidos por vegetais podem ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro grupo, produzidos a partir do metabolismo primário das plantas é essencial a todo ser vivo e possuem funções vitais bem definidas, tais como lipídeos, proteínas e glicídios. O segundo grupo, produzidos a partir do metabolismo secundário, normalmente apresentam estruturas com baixo peso molecular, marcante atividade biológica e são encontrados em concentrações relativamente baixas. Os compostos resultantes do metabolismo primário dão origem aos metabólitos secundários (CSEKE et al. 2006).

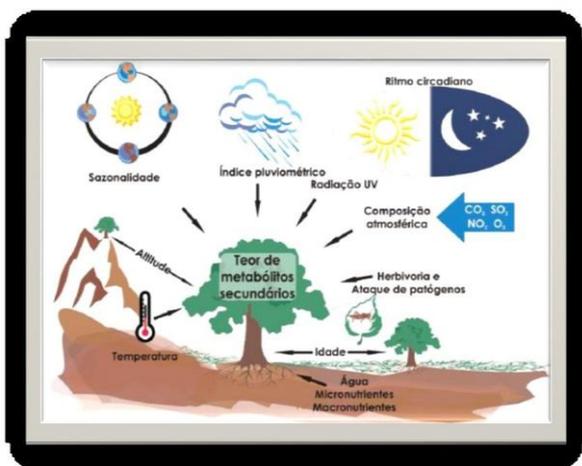
Os metabólitos secundários são originados por vias biossintética distintas, classificados por dois tipos de rota: a terpênica, que compõe os terpenos, que basicamente são classificados de acordo com o número de unidades presentes no seu esqueleto de carbono (C<sub>5</sub>), os quais originam-se pela via do ácido mevalônico e pela via do metileritritol fosfato; e a aromática, que compõe os fenilpropanoides, constituídos por derivados fenólicos, resultantes do metabolismo do ácido chiquímico, que possuem três carbonos ligados a um anel benzênico, representando sua estrutura básica. Esses compostos podem apresentar em sua constituição diversos grupos químicos funcionais, como aldeídos, ácidos, álcoois, cetonas, óxidos, fenóis, acetais, lactonas, éteres e ésteres. (SANGWAN et al., 2001; ASBAHANI et al., 2015; CARRASCO et al., 2015; YOUSEFI et al., 2019).

A International Standard Organization (ISO) define os OEs, como os produtos obtidos a partir de matéria-prima vegetal, sendo eles misturas líquidas que possuem uma série de substâncias extraídas a partir de várias partes das plantas aromáticas (SIMÕES et al., 2007; ZAHRAN; ABOU-TALEB; ABDELGALEIL, 2017). De uma forma geral, os óleos apresentam diferentes colorações, dependendo da composição química, variando de incolores, azul, amarelo claro, amarelo escuro ou alaranjado. Essas substâncias geralmente são solúveis em solventes orgânicos e imiscíveis em água (BELTRAME et al., 2010). Além dessas características, exercem funções importantes à sobrevivência da planta, como proteção contra predadores, atração de polinizadores, proteção contra perda excessiva de água e aumento da temperatura (BOURGAUD et al., 2001; SMÕES et al., 2010). Alguns contendo aroma agradável, outros possuem cheiro desagradável ou não possuem cheiro (BAUER & GARBE, 1985).

Podemos localizar os OEs em diferentes regiões na planta, podem ser sintetizados em todos os órgãos vegetais (BAKKALI et al., 2008; DONATO et al., 2020; LI et al., 2020). Segundo Saito & Scramim (2000), dependendo da família botânica da qual são extraídos, OEs podem ocorrer em estruturas secretoras especializadas, tais como pelos glandulares (*Lamiaceae*), células parenquimáticas diferenciadas (*Lauraceae*, *Piperaceae*, *Poaceae*), canais oleíferos (*Apiaceae*) ou em bolsas lisígenas ou esquizolisígenas (*Pinaceae*, *Rutaceae*).

Diversas técnicas são empregadas para extração de OEs, como, prensagem a frio, extração por refluxo de aquecimento, extração supercrítica. Contudo, métodos de destilação à vapor e hidrodestilação, são as técnicas mais comumente empregadas (CHOUHAN et al., 2020).

**Figura 1** - Interface química entre as plantas e o ambiente (metabólitos secundários)



**Fonte:** PIRES et al., (2016)

Para definir a composição química dos OEs são usados os fatores genéticos, porém, outros fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários como os ambientais. De fato, os metabólitos secundários representam uma interface química entre as plantas e o ambiente. Os estímulos decorrentes do ambiente, no qual a planta se encontra, podem redirecionar a rota metabólica, ocasionando a biossíntese de diferentes compostos. Dentre estes fatores, podem-se ressaltar as interações planta/ microrganismos, planta/ insetos e planta/ planta; idade e estágio de desenvolvimento, fatores abióticos como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós-colheita. É válido ressaltar que estes fatores podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, podendo exercer influência conjunta no metabolismo secundário. Em estudos de campo e com plantas anuais, os efeitos da sazonalidade podem ser confundidos com alterações metabólicas, sob controle do processo de desenvolvimento hormonal, controlado pela planta, devendo assim ser considerados em conjunto (MORAIS LAS. 2009, ANDRADE et al. 2010).

Todavia, os OEs têm sido utilizados por séculos como aditivos de alimentos, bebidas, cosméticos e fármacos. (RAUT; KARUPPAYIL, 2014). As propriedades biológicas conferidas aos OEs são atribuídas aos seus constituintes químicos, os quais podem agir de forma sinérgica (cooperação para exercer uma função) ou refletir apenas a ação de alguns constituintes principais. É possível que a atividade biológica atribuída aos componentes majoritários seja compartilhada pelos compostos minoritários presentes no óleo, que atuam na penetração, distribuição celular e fixação destes nas paredes e membranas, por exemplo (BAKKALI et al., 2008). Pelo fato de apresentarem particularidades medicinais, os OEs são caracterizados como substâncias de propriedades farmacológicas (CAVALEIRO, 2007). Essas propriedades farmacológicas são inúmeras e algumas são recomendadas por suas importantes vantagens, como a sua volatilidade, tornando-as ideal para uso em nebulizações, inalações ou banhos de imersão. O OEs dentro dessas propriedades auxilia pelo seu baixo peso molecular dos componentes que podem ser rapidamente eliminados do organismo através das vias metabólicas (BANDONI; CZEPAK, 2008).

Dessa forma, frequentemente são descritas em diversas áreas as diferentes aplicações dos OEs, a exemplos algumas atividades: antiespasmódica- *Salvia officinalis* (SIMÕES et al., 2004); anticancerígeno - *Cinnamomum verum* (HAMMER et al., 2006); inseticida- *Salvia hydrangea* (KOTAN et al., 2008); anti-helmíntica- *Lippia sidoides* (CAMURÇA-VASCONCELOS et al., 2008); antioxidante e anti-inflamatória- *Vetiveria zizanioides* (CHOU et al., 2012); anticonvulsivante - *Bunium persicum* (MANDEGARY et al., 2012); anticâncer - *Curcuma zedoaria* roscoe (CHEN et al., 2013); analgésica - *Cymbopogon flexuosus* (CHANDRASHEKAR; PRASANNA, 2010); antimalárica- *Cedrelopsis grevei* (AFOULOUS et al., 2013) e toxicidade- *Alpinia purpurata* (LIRA et al., 2015). São empregados também como aromas, fragrâncias, fixadores de fragrâncias, em composições farmacêuticas e orais e comercializados na sua forma bruta ou beneficiada, fornecendo substâncias purificadas como o limoneno, citral, citronelal, eugenol, mentol e safrol. Inclusive, os OEs vegetais são considerados fontes para o desenvolvimento de novos produtos naturais (BAKKALI et al., 2008).

No Brasil existem inúmeras espécies produtoras de OEs. Nesse contexto, destaca-se a família Piperaceae com uma ampla investigação fitoquímica de suas espécies tem revelado uma grande variedade de compostos bioativos. (FELIPPE et al, 2011; FURLAN.,2015). Graças a isso tem sido uma família conhecida pela sua grande produção de OEs (TÉTÉNYI et al., 1987).

## 2.2. FAMÍLIA PIPERACEAE

As plantas da família Piperaceae estão distribuídas por todo o mundo tropical e subtropical (CRONQUIST, 1981). Compondo a diversidade da flora a família Piperaceae representada pelos gêneros *Manekia* Trel., *Peperomia* Ruiz & Pav., *Piper* L. *Verhuellia* Miq., *Zippelia* Blume (SAMAIN et al.,2010; POWO, 2023). Segundo Yuncker (1972 e 1973) o primeiro trabalho publicado foi em 1792 (POWO, 2023), e a pesquisa que tratou especificamente das Piperáceas do Brasil é de Veloso que, em 1825, descreveu doze espécies em sua obra “Flora Fluminensis”.

As Piperaceae são encontradas como ervas, subarbustos, arbustos ou arvoretas, lianas, epífitas, rupícolas ou terrestres, são aromáticas. Sua morfologia é composta por folhas alternas, opostas ou verticiladas, simples, inteiras, de forma, consistência, tamanho e padrão de nervação diversos, nervuras secundárias.

Inflorescências em racemos, espigas ou umbelas de espigas, axilares, terminais ou oposta às folhas, eretas, curvas ou pêndulas. Flores aclamídeas, mínimas, andróginas ou unissexuadas, protegidas por uma bráctea floral de forma variada, fruto drupa, séssil ou pedicelada de forma variada, às vezes, excerto na inflorescência (Guimarães et al., 2020). (GUIMARÃES et al., 2023). As espécies de Piperaceae são muito conhecidas economicamente por desempenhar um importante papel em mercados de especiarias em pimenta no mundo. Um exemplo é o fruto maduro da *Piper nigrum* que apresenta uma fonte de pimenta-branca e o seu fruto verde, pimenta-preta (SOARES et al., 2022).

As principais classes de compostos descritos são as lignanas/neolignanas (PARMAR et al., 1997; BENEVIDES et al. 1999; FELIPPE et al, 2008; FELIPPE et al, 2011), derivados do ácido benzóico (LAGO et al., 2004; BALDOQUI et al., 1999; BERGAMO et al., 2005; MORANDIM et al., 2005; LOPES et al., 2008), cromanos e cromenos prenilados (BALDOQUI et al. 1999; BATISTA JUNIOR et al., 2008; MOTA et al., 2009), amidas alifáticas e aromáticas (SILVA, et al., 2002; NAVICKIENE et al., 2000; COTINGUIBA et al. 2009), policetídeos (CHENG et al., 2003) e piperólídeos (LAGO et al., 2004; MARQUES et al., 2008), além de produzir compostos por: monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoídeos como apiol, dilapiol, miristicina, safrol (Parmar et al., 1997; Dos Santos et al., 2001; POTZERNHEIM et al., 2006).

Os metabólitos secundários isolados da família Piperaceae mostraram potente atividade frente ao *Trypanossoma cruzi* (REGASINI et al, 2009b; BATISTA JUNIOR et al., 2008; SAÚDE-GUIMARÃES e FARIA, 2007); NAVICKIENE et al., 2006; SILVA et al., 2002; NAVICKIENE et al., 2000), ansiolítica (AMORIM et al., 2007) anticonvulsante e anti-inflamatória (BARBOSA-FILHO et al., 2006; QUINTANSJÚNIOR et al., 2008), contra hepatite C (JARDIM et al., 2015). Também, relacionando seus OEs algumas atividades biológicas de espécies desta família são descritas na literatura como, antifúngicas, antibacteriana, anti-colinesterase, citotoxicidade, antimicrobiano, antileishmania e antitripanosoma (DA SILVA et al., 2014; DOS SANTOS et al., 2019; LEAL et al., 2019; LI et al., 2020; GOMES et al, 2021).

Essa família é muito importante como fonte de substâncias com atividades farmacológicas, especialmente do gênero *Piper*, o mais estudado do ponto de vista químico (DI STASI, 2002). E onde muitas substâncias químicas já foram encontradas (MARTINS et al 2003; GUTIERREZ, et al 2013).

### 2.3. GÊNERO *PIPER*

Os termos Piperaceae e *Piper* são nomes latinos provenientes do Grego peperis, que por sua vez, se origina do árabe babary (pimenta do reino) (REITZ, 1978). O nome genérico Piper deriva-se provavelmente também do sânscrito, referindo-se ao sabor picante e ao aroma das sementes da *Piper nigrum* L. (ATAL et al, 1975). Porquanto a atenção econômica voltada a esta família, se deve ao seu valor comercial provido da pimenta do reino usada na culinária (MATHIEU et al., 2008).

O gênero *Piper* inclui um grande número de espécies tradicionalmente conhecidas como “pimenta”, “pariparoba caapeba” e “falso jaborandi” (BRANQUINHO et al., 2017). São facilmente identificadas em campo por seus rebentos nodosos, picos de floração e pelo seu aroma típico “picante” ou aromático. As folhas podem apresentar-se como opostas, simples, sésseis ou pecioladas, com diferentes tamanhos e formas. Seus frutos são uma pequena baga ou drupa, com diferentes formas, pericarpo fino e endocarpo raramente endurecido (DA SILVA et al., 2017). As plantas do gênero *Piper* são bastante uniformes morfologicamente (DYER et al, 2004; GUIMARÃES e CARVALHO-SILVA, 2012). No Brasil, os representantes do gênero ocorrem em substrato rupícola ou terrícola, distribuídos em diferentes tipos de vegetação, a saber: Área Antrópica, Caatinga (stricto sensu), Campinarana, Campo de Várzea, Campo Limpo, Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista, Palmeiral, Restinga, Savana Amazônica, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos (GUIMARÃES et al., 2023).

O gênero *Piper* teve o seu primeiro estudo químico em 1819 (ZACHARIAH et al., 2008), quando foi isolada a *Piperamida* e *Piperina*, um princípio ativo pungente de *P. nigrum* (pimenta-do-reino). Seus constituintes químicos atualmente são formados, alcaloides, amidas, propenilfenóis, ligninas, neolignanas, terpenos, esteroides, kavalactonas, piperolidinas, chalconas, diidrochalconas, flavonas e flavononas (PARMAR et al., 1997; JAGBEER, RENU, AJIT, ANU, e SIDHARTH, 2011; PELAYO et al, 2016). Os fenilpropanóides são um grupo químico potencialmente ativo que ocorre em *Piper* spp. onde monolignóides como apiol, miristicina, eugenol, safrol, dímeros de fenilpropanóides e dilapiol estão incluídos (BERNARD et al., 1995; MACÊDO et al., 2020)

Em algumas espécies de *Piper* são utilizadas na medicina popular para tratar doenças, como tratamento de doenças venéreas, distúrbios intestinais, males genito-urinários, epilepsia e para prevenir concepção (DE LIMA & LIMA, 2021) e enquanto as espécies de *Peperomia* são usadas como ornamentos (SANTOS et al., 2014). Na China e no Sudeste Asiático principalmente, essas plantas são muito utilizadas na medicina tradicional, como temperos domésticos, aditivos e condimentos alimentares (WANG et al., 2017). Na medicina popular, são utilizadas para o tratamento de bronquite, dores intestinais, irritações e inflamação da pele e na preparação de bebidas cerimoniais (BRAIT et al., 2015). A variedade de metabólitos secundários que plantas desse gênero sintetizam, é a principal responsável pelo aumento do interesse medicinal do gênero (JARAMILLO e MARQUIS, 2004).

Existem várias atividades biológicas descritas para plantas do gênero *Piper* coletadas em várias partes do mundo como África, América Central e América do Sul, dentre elas igualmente obtiveram atividade anti-inflamatória, antitumoral, antimalárica, antiparasitária e antimicrobiana (MGBEAHURUIKE et al, 2017; SILVIA e BASTOS, 2007; BEZERRA et al 2007; (BEZERRA et al, 2008).

Várias amidas e piperamidas foram isoladas de espécies de *Piper* e estas geram interesse para aplicação agrícola, pois têm demonstrado propriedades inseticidas e fungicida (NAVICKIENE et al., 2000; SCOTT et al., 2008). Silvia e Bastos (2007) comprovaram atividade fungicida dos OEs de 10 gêneros *Piper* coletados na região amazônica, dentre elas a *Piper dilatatum*, *Piper tuberculatum* e *Piper marginatum*. Da mesma forma elas vêm sendo utilizadas em diversos setores da indústria farmacêutica, química e cosmética (ANDRADE et al. 2009). A piperina é o alcaloide em maior proporção em algumas espécies deste gênero (CHAUDHRY, TARIQ, 2006; FANI, 1992; PISSINATE 2006; ROGER, 1998) e exerce efeito terapêutico sobre o sistema imunológico (CARDOSO et al., 2005).

Várias espécies da Amazônia já foram estudadas, como *Piper nigrum*, *Piper amapaense*, *Piper duckei*, *Piper bartlingianum*, *Piper arboreum*. Já que as espécies de *Piper* são grandes produtoras de OEs (MAIA et al., 2001). Os estudos dos OEs de folhas de *P. marginatum* apresentam compostos provenientes de metabolismo secundário como monoterpenoides, sesquiterpenoides e fenilpropanóides (BRU et al., 2016)

#### **2.4. *Piper marginatum* Jacq**

*Piper marginatum* Jacq, é uma planta nativa no Brasil com ocorrência na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica (GUIMARÃES et al, 2023). Foi descrita pela primeira vez em 1781, pelo botânico holandês Nikolaus Joseph von Jacquin, tendo sido coletada na América Central e América do Sul. É um arbusto encontrado da Guatemala ao Equador, Brasil e Caribe. Os Arbusto glabro, podem crescer até 3 m de altura. Folhas cordadas com base simétrica e ápice foliar acuminado são membranáceas quando secas. Glândulas marrons são frequentes, glabrascentes a hispídicas e possuem margem aciliada. Brácteas florais orbiculares a quase triangulares com estigma sésil são inseridas na depressão apical do fruto. Os frutos da drupa são oblongos e glabros espiga 10-20 cm comprimento (THE BRAZIL FLORA GROUP et al.,2022). Esta planta é conhecida na região norte, principalmente na Amazônia, como 'caapeba-cheirosa' ou 'pimenta do mato' (AUTRAN et al.,2009).

Esta espécie é popularmente utilizada no tratamento de doenças gastrointestinais, além de ser tônica, diurética e carminativa. (BRÚ; GUZMAN, 2016). O alívio da dor é o segundo uso mais frequente de *P. marginatum* na medicina tradicional. A planta é usada para aliviar dores de dente, dores de cabeça e dores causadas por coceira e como analgésico geral (HAZLETT, 1986; GIRALDO TAFUR, 1996; DI STASI e HIRUMA-LIMA, 2002; PEREIRA e outros, 2011). A planta é empregada topicamente como cataplasma para aliviar dores nos membros ou no abdome, ou como decocção ou infusão para dores de dentes, cabeça e estômago. GARCÍA, 1974; GIRALDO TAFUR, 1996; YUKES e BALICK, 2011).

A espécie *P. marginatum* também é comumente utilizada como hemostático. Foi relatado que a planta estanca o sangramento particularmente no caso de acidentes ofídicos (DE NÚNEZ e JOHNSON, 1943; BRAGA, 1960; D'ANGELO et al., 1997; SÁNCHEZ et al., 2011; ORTEGA-GALVAN, 2014). Relatos da aplicação tópica da planta para aliviar a coceira e formigação de picadas de insetos (ELISABETSKY e GELY, 1987) têm sido recorrentemente relatados, e resta determinar se essa propriedade é devida apenas ao efeito analgésico. *P. marginatum* é conhecida pelos estudiosos desde seus efeitos inseticidas, fungicidas, bactericida, a seus efeitos antitumorais, analgésicas e anti-inflamatórias relacionadas à vasoconstrição provocada pela noradrenalina presente na planta (VASCONCELOS, 2019).

Para Barbosa, (2021), um modo geral de descrever os OEs das plantas do gênero *Piper* é que os mesmos são ricos em todas as classes de compostos químicos

voláteis, mas a composição é altamente variável, tanto inter quanto intra especificamente, e essas diferenças parecem depender de polimorfismo, parte da planta, diferenças geográficas, condições ambientais e quimiotipos. A *P. marginatum* é uma das espécies desse gênero com uma composição altamente variável, seus compostos provenientes do metabolismo secundário, como, monoterpenóides, sesquiterpenóides e fenilpropanóides (BRU et al., 2016). As principais substâncias identificadas no OEs desta espécie são os fenilpropanóides (*Z*)-asarona e (*E*)-asarona (MM MORAES et al., 2014).

## 2.5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PIPER

Os componentes dos OEs em geral podem ser divididos de acordo com seus grupamentos químicos, sendo constituídos por uma mistura complexa de hidrocarbonetos, álcoois e compostos carbonílicos. Devido às grandes variações no conteúdo químico e aos diferentes tecidos dos quais os OEs do gênero *Piper* foram obtidos, é difícil resumir a natureza dos OEs de *Piper*, segundo Mgbeahuruioke et al. Existem mais de 270 compostos identificados nos OEs desse gênero.

De um modo geral os OEs de *Piper* são ricos em todas as classes de compostos químicos voláteis. Dentre os compostos mais importantes encontrados estão os: hidrocarbonetos monoterpênicos:  $\alpha$ -pineno, mirceno, limoneno,  $\alpha$ -terpineno, *p*-cimeno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -felandreno, (*Z*)- $\beta$ -ocimeno; os monoterpenóides oxigenados: 1,8 cineol, linalol, terpinen-4-ol, borneol, cânfora; os hidrocarbonetos sesquiterpênicos:  $\beta$ -elemeno,  $\beta$ -sesquifelandreno, (*Z*)- $\beta$ -bisaboleno, (*Z, Z*)- $\alpha$ -farneseno, *ar*-curcumeno,  $\alpha$ -zingibereno,  $\delta$ -cadineno,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -humuleno, germacreno D, biciclogermacreno,  $\alpha$ -cubebeno; os sesquiterpenóides oxigenados: Espatuleno, (*E*)-nerolidol, óxido de cariofileno,  $\alpha$ -cadinol, *epi*- $\alpha$ -bisabolol; e os fenilpropanóides: safrol, dilapiol, miristicina, elemicina, (*Z*)-asarona, eugenol, apiol e sarisan (BARBOSA., 2021).

As espécies desse gênero já foram pesquisadas e se encontraram diferenças nos compostos dos OEs dependendo de cada região, elas apresentam potencial químico e biológico diferentes. A seguir serão descritas determinadas espécies de *Piper* encontradas do Brasil com alguns de seus potenciais. No trabalho de BARBOSA, (2021) onde é descrito vários desses efeitos em sete espécies de *Piper*, a espécie *Piper tuberculatum* Jacq possui vários compostos químicos como as

amidas do tipo isobutílicas, pirrolidínicas, dihidropiridonas, piperidinas, derivados prenilados do ácido benzoico, derivados do ácido cinâmico e flavonoides. Dentre esses, destaca-se a pipartina, uma alcanida encontrada em várias espécies de Piperaceae. Esta substância apresentou diversas atividades biológicas, incluindo atividade citotóxica e antitumoral

A espécie *Piper aduncum*, coletada em diferentes locais da região Amazônica, aponta em seu OEs o composto dilapiol, um éter fenílico, como seu componente mais abundante. Existem variedades dessa espécie com teores de dilapiol próximos a 90% e outras substâncias como sarisan e safrol (Figura 05), com bioatividade comprovada, que apresentam em suas estruturas químicas o grupo metilenodioxifenil e são produzidas em menor quantidade junto com o dilapiol (FAZOLIN, 2006).

Os constituintes de *Piper hispidum* compreendem amidas, benzenos, ácidos benzoicos, flavonoides e óleos essenciais, dos quais 17 têm significativa atividade antifúngica, antimicrobiana, antiplasmodial, leishmanicida e inseticida (MICHEL et al., 2010; SILVA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2012).

A espécie *Piper reticulatum* foi descrita por Luz et al. (2003), em seu estudo com OEs extraído dessa piperaceae, identificaram o  $\beta$ -elemeno (24,6%) e o  $\beta$ -cariofileno (16,7%).

Da espécie *Piper cyrtopodon* Miq. foram identificados 84 compostos. Os mais abundantes foram  $\beta$ -cariofileno (34,6%), biciclogermacreno (21,4%), germacreno D (13,6%), e  $\alpha$ -pineno (7,5%). As outras amostras apresentaram valores diferentes. Essa variação pode estar relacionada aos aspectos ambientais no habitat das plantas. O biciclogermacreno e germacreno D esteve presente em todas as amostras de óleos essenciais (ANDRADE et al., 2006).

As substâncias principais no OEs extraído de folhas da *Piper carniconnectivum* é o óxido de cariofileno, as do caule são  $\alpha$ -pineno e espatuneol. Das raízes dessa espécie foram isolados quatro flavonoides, três ciclopentenodionas naturais e a cumarina xantiletina. Dos componentes isolados, uns apresentaram potencial biológico como antifúngicos e herbicidas (SANTOS, et al., 2015; FACUNDO, 2006).

Para *Piper arboreum* Aubl. contém biciclogermacreno (49,5%/21,1% nas folhas/caules), germacreno D (49,3%) e o germacreno A (8,5%) (Figura 15), que foram mais abundantes em seus frutos (SANTOS, 2001; NAVICKIENE, 2006). Conforme o

estudo de Silva et al. (2020), os óleos essenciais dessa Piperaceae apresentaram efeito inibitório sobre *Staphylococcus aureus* (bactéria).

A *Piper cachimboense* registrada na região amazônica do Brasil e Colômbia, foram registrados na hidrodestilação de plantas secas, os majoritários (E)-cariofileno, germacreno-D,  $\gamma$ -amorfeno,  $\gamma$ -cadineno e apiol (KRINSK & FOERSTER 2016).

Segundo Alvez (2021) os principais constituintes de *P. marginatum* foram os seguintes: 3,4-metilenodioxipropiofenona (20,8%), (E)- $\gamma$ -ocimeno (5,9%), safrol (5,3%) e (E)-cariofileno (5,2%) e 2-hidroxi-4,5-metilenodioxipropiofenona (4,5%).

## 2.6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DA MESMA ESPÉCIE EM DIFERENTES LOCAIS.

A espécie *P. marginatum* apresenta uma fitoquímica distinta com a presença de metabólitos secundários específicos, não encontrados em outras espécies de *Piper*. Por exemplo, *P. marginatum* é a única espécie de *Piper* contendo anetol, estragol, isoeugenol metil éter, os ácidos fenilalcanóides 3-farnesil-4-hidroxibenzoico e 3-farnesil 4-metoxibenzoico e os glicosídeos marginatosídeo e vitexina (PARMAR et al., 1997; CAMARGO, 2018).

No estudo de Camargo, (2018) onde foi analisada a variação das substâncias do OEs das folhas secas de *P. marginatum* dependendo da região localizada sendo elas três regiões diferentes do Brasil (norte, nordeste, e centro-oeste) e sua sazonalidade, este estudo obteve vários resultados com diferentes compostos encontrados em cada localidade e época sazonal, entre esses resultados os direcionados a região norte (Novo Progresso-Pará) obteve-se 63 constituintes deles encontrou-se sua variação sazonal, seus constituintes majoritários do verão foram o 3,4-metilenodioxipropiofenona (21,72%), o germacreno D (11,29%), o biciclogermacreno (8,85%) e o  $\gamma$ -cadineno (7,21%). No outono, ocorreram como majoritários: espatulenol (12,89%), o *p*-cariofileno (10,72%), o germacreno D (8,47%) e o biciclogermacreno (7,55%). No inverno, aparecem como majoritários o *p*-cariofileno (11,81%), o germacreno D (10,45%), o espatulenol (9,26%) e a miristicina (8,59%). Já na primavera, obtiveram como majoritários o 3,4-metilenodioxipropiofenona (26,62%), a miristicina (18,35%), o germacreno D (7,64%) e o (E)- $\gamma$ -ocimeno (5,11%). Os compostos que aparecem somente na Região Norte

nesta pesquisa foram os  $\delta$ -3-careno, o safrol, o cis-cadina- 1(6),4-dieno, o guaiol e o epóxido de humuleno II.

Nos resultados de Andrade et al. (2008) onde seu objetivo foi a variabilidade na composição do OEs de *P. marginatum*, em seu trabalho abrangente identificou dados sobre a composição química dos óleos essenciais de 22 amostras de folhas de *P. marginatum* Jacq. coletados em diferentes áreas e ecossistemas da Amazônia brasileira. E Brú e Guzman (2016), que realizou uma análise da medicina popular, fitoquímica e aplicação farmacológica da *P. marginatum*, nessa pesquisa realizou-se um comparativo com tudo que se encontrou até aquele ano sobre os componentes químicos da *P. marginatum*. Nele ainda se destacou que esta espécie possui marcadores quimiotaxonômicos, metabólitos secundários específicos não encontrados em outras espécies de *Piper*, como anetol, estragol e metil isoeugenol. Os resultados encontrados pelos dois autores citados a pouco se encontram na tabela 1.

**Tabela 1-** Fitoquímicos relatados e identificados em *Piper marginatum*.

Aula	Composto	Presente no órgão	Referência
Monoterpenos e monoterpênóides	Alocimeno (1)	Folha, caule	Ramos e cols. (1986)
	Borneol (2)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Canfeno (3)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Cânfora (4)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-3-Carene (5)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986), Vogler et ai. (2006)
	p-cimeno (6)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Vogler et ai. (2006)
	8-p-cimeno (7)	Folha, caule	Vogler et ai. (2006)
	Isoborneol (8)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Isopentil isovalerato (9)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	Isossilvestreno (10)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	limoneno (11)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Vogler et ai. (2006)
	linalol (12)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986), Vogler et ai. (2006)
	p-Mentha-1-(7),8-dieno (13)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Mirceno (14)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	(E) - ocimeno (15)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	(Z) - ocimeno (16)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986)
	-Felandreno (17)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Pineno (18)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Pineno (19)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986)
	Sabinene (20)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Silvestreno (21)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Terpineno (22)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Terpineno (23)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Terpineol (24)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Terpinoleno (25)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)

(continuação)

Sesquiterpenos e sesquiterpenóides	-Acoradieno (26)	Folha, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Acoradieno (27)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	Aloaromadendreno (28)	Folha	Andrade et al. (2008)
	Epóxido de aloaromadendreno (29)	Folha	Andrade et al. (2008)
	Aromadendreno (30)	Folha	Andrade et al. (2008)
	Bicicloelemeno (31)	Folha	Sánchez et al. (2011)
	Biciclogermacreno (32)	Folha	Andrade et al. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Sánchez et al. (2011)
	-Bourbonene (33)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Cadinene (34)	Folha	Moraes e cols. (2014)
	-Cadinene (35)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)
	-Cadinene (36)	Folha, caule, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Cadinol (37)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Cadinol (38)	Tronco	Ramos e cols. (1986)
	-Cariofileno (39)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986)
	Óxido de cariofileno (40)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), de Oliveira Chaves e de Oliveira Santos (2002)
	-Copaene (41)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Sánchez et al. (2011)
	-Cubebene (42)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009)
	-Cubebene (43)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Ciclosativeno (44)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Dihidroagarofurano (45) ar-	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Dihidroturmerona (46)	Tronco	Autran et al. (2009)
	-Elemene (47)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)
	-Elemene (48)	Folha, caule	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986)
	-Elemene (49)	Folha,	Ramos e cols. (1986)
	Elemol (50)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)
	-Eudesmol (51)	Folha	Andrade e cols. (2008), Sánchez et al. (2011)
	-Eudesmol (52)	Folha, caule	Bernal et al. (2011), Ramos et al. (1986), Andrade e cols. (2008), Sánchez et al. (2011)
	10-epi-Eudesmol (53)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Eudesmol (54)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Germacreno A (55)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Germacreno D (56)	Folha, inflorescência	Andrade et al. (2008), Autran et al. (2009)
	Germacreno D-4ol (57)	Folha	Andrade et al. (2008)
Globulol (58)	Folha	Andrade et al. (2008)	
-Guaiene (59)	Folha, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)	

Aula	Composto	Presente no órgão	Referência
	(E)-guaiene (60)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	(Z)-guaiene (61)	Folha, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Gurjunene (62)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Gurjunene (63)	Inflorescência	Autran et al. (2009)
	-Himachalene (64)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Humuleno (65)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986)
	Humuleno epóxido II (66)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Isoledeno (67)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	(Z)-isolongifolanona (68)	Tronco	Autran et al. (2009)
	Ledol (69)	Folha	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Muuroloeno (70)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Muuroloeno (71) epi-	Folha, caule	Ramos e cols. (1986)
	Muurolool (72)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	(E)-Nerolidol (73)	Folha	Andrade e cols. (2008), Sánchez et al. (2011)
	(Z)-Nerolidol (74)	Tronco	Autran et al. (2009)
	Patchouliol (75)	Folha, caule, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)
	-Selinene (76)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	-Selinene (77) 7-epi-	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009)
	-Selinene (78)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Selin-11-en-4-ol (79)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Seichelense (80)	Tronco	Autran et al. (2009)
	Espatuleniol (81)	Folha	Andrade e cols. (2008)
	Valenceno (82)	Inflorescência	Autran et al. (2009)

(continuação)

fenilalcanóides	(E)-anetole (83)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Sánchez et al. (2011), Vogler et al. (2006)	
	(Z)-anetol (84) p-anisalaldeído (85)	Folha	Andrade e cols. (2008)	
	Anisil cetona (86)	Folha, caule	Vogler et al. (2006)	
	Apiol (87)	Folha, caule	Vogler et al. (2006)	
	Asaricina (88)	Raiz	Santos e cols. (1998)	
	(E)-asarona (89)	Folha	Andrade e cols. (2008)	
		Folha, caule, raiz, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Sánchez et al. (2011), Sánchez et al. (2011), Santos et al. (1998)	
	(Z)-asarona (90)	Folha, caule, inflorescência	Andrade e cols. (2008), Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)	
	-Asarona (91)	Folha	Andrade e cols. (2008)	
	Croweacina (92)	Raiz	Andrade e cols. (2008), de Oliveira Santos et al. (1997)	
	Dilapiole (93)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)	
	Ácido 3,4-dimetoxicinâmico (94)	Folha	Sanchez et al. (2011)	
	2,6-Dimetoxi-3,4-metilenodioxil-1-(2-propenil)-benzeno (95)	Raiz	Santos e cols. (1998)	
	Elemicina (96)	Folha, caule	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)	
	Estragol (97)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011), Vogler et al. (2006)	
	Exalatacina (98)	Folha	Andrade e cols. (2008) de	
	ácido 3-farnesil-4-hidroxibenzóico (99)	Folha, caule	Oliveira Chaves e de Oliveira Santos (2002), Maxwell e Rampersad (1988)	
	Ácido 3-farnesil-4-metoxibenzóico (100)	Folha, caule	Maxwell e Rampersad (1988)	
	2-Hidroxil-3,4-metilenodioxipropiofenona (101)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), de Diaz e Gottlieb (1979), Ramos et al. (1986)	
	Isocroweacina (102)	Folha	Sanchez et al. (2011)	
	Isolemicina (103)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986)	
	(E)-isoomorizole (104)	Folha	Andrade e cols. (2008)	
	Isosafrol (105)	Folha	Sanchez et al. (2011)	
	3,4-Metilenodioxil-1-(2E-octenil)-benzeno (marginatina, 106)	Raiz	Santos e cols. (1998)	
	1-(3,4-Metilenodioxifenil)-propan-1-ol (marginatumol, 107)	Folha	Reigada et al. (2007)	
	3,4-Metilenodioxipropiofenona (108)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), de Diaz e Gottlieb (1979), Ramos et al. (1986), Reigada et al. (2007)	
2-Metoxi-4,5-metilenodioxipropiofenona (109)	raiz, folha	Andrade e cols. (2008), de Diaz e Gottlieb (1979), Oliveira Santos e Oliveira Chaves (2000), Reigada et al. (2007)		
Metileugenol (110)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)		
Metil 3-farnesil-4-hidroxibenzoato (111)	Folha, caule	Maxwell e Rampersad (1988)		
Metil 3-farnesil-4-metoxibenzoato (112)	Folha, caule	Maxwell e Rampersad (1988)		
(E)-metil isoeugenol (113)	Folha, caule, inflorescência	Autran et al. (2009), Moraes et al. (2014)		
Piperonato de Metila (114)	Folha	Andrade e cols. (2008)		
Aula	Composto	Presente no órgão	Referência	
	Miristicina (115)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011)	
	Norepinefrina (116)	Folha	D'Angelo et al. (1997)	
	Notosmimol (117)	Folha	Sanchez et al. (2011)	
	1-(1E-propenil)-2,4,6-trimetoxibenzeno (piperargina, 118)	Raiz	Santos e cols. (1998)	
	Piperonal (119)	Folha, caule	de Diaz e Gottlieb (1979) de	
	1-(1-Z-propenil)-2,4,6-trimetoxibenzeno (120)	Fruta	Oliveira Chaves e de Oliveira Santos (2002)	
	Safrol (121)	Folha, caule	Andrade e cols. (2008), de Diaz e Gottlieb (1979), Ramos et al. (1986), Sánchez et al. (2011) de Oliveira Santos e de Oliveira Chaves (1999b)	
	2,4,5-Trimetoxipropiofenona (122)	Raiz		
	Alcaloides e amidas	Cefaranona B (123)	planta inteira	de Oliveira Chaves e cols. (2006) de
		Cinnamoi pirrolida (124)	Tronco	Oliveira Chaves et al. (2003) de Oliveira
(E,E)-N-Isobutil-2,4-octadienamida (125)		Raiz	Santos e de Oliveira Chaves (1999a) de Oliveira Chaves et al. (2006)	
Piperolactama A (126)		planta inteira		
Flavonóides	5,4 -Dihidroxi-7-metoxiflavanona (127)	Folha	Reigada et al. (2007)	
	5,7-Dihidroxi-4-metoxiflavanona (128)	Folha	Reigada et al. (2007)	
	Marginatoside (129)	Folha	Tillequin et al. (1978)	
	Vitexina (130)	Folha	Tillequin et al. (1978)	
Outros	Noradrenalina (131)	Folha	D'Angelo et al. (1997) de	
	Ácido esteárico (132)	Folha, caule	Diaz e Gottlieb (1979)	

Fonte: Brú e Guzman (2016)

Há alguns relatos na literatura ainda sobre estudos de outras plantas do gênero *Piper* e seus componentes analisados em regiões diferentes como o estudo de OLIVEIRA et al., (2013) que investigou o crescimento e analisou o OEs de folhas

frescas de *P. aduncum* de dois locais do bioma Cerrado do estado de Minas Gerais, Brasil. As plantas das duas localidades estudadas apresentaram hábito de crescimento ereto e comportamento de crescimento linear. A composição dos OEs de *P. aduncum* de Bocaiúva, obteve a substância majoritária identificada como 1,8-cineol. As plantas do sítio Montes Claros apresentaram concentração distinta para as duas amostras, sendo a substância majoritária caracterizada como *trans* ocimeno (13,4%) para plantas silvestres e 1,8-cineol (31,3%) para plantas cultivadas. Amostras de ambas as localidades apresentaram composição de óleo essencial semelhante nas cultivares

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVOS GERAL

- Avaliar rendimento, composição química e características organolépticas do óleo essencial das folhas de *Piper marginatum* provenientes de dois municípios (Santarém-Pará e Mojuí dos Campos-Pará) da região Norte do Brasil.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar o rendimento do óleo essencial.
- Identificar as características organolépticas do óleo essencial de *Piper marginatum*
- Identificar a composição química dos óleos essenciais através de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM);
- Identificar a presença e ausência de substancias em função da localidade, e comparar com o encontrado na literatura.

### 4. MATERIAIS E METODOS

#### 4.1. AREA DE COLETA

As folhas de *P. marginatum* utilizadas para produção do OEs foram coletadas no estado do Pará (Mapa 1- A) em específico na região Oeste do Pará em dois distintos locais sendo eles o Municípios de Santarém- Pará (S 02°25'04,7" - W 054°44'27,8") (Mapa 1- B), e o Município de Mojuí dos Campos (S 02° 51.753" - W 054° 43.960") (Mapa 1- C).

**Mapa 1 (A - C)** – Mapa da localização das duas coletas de *Piper marginatum*



Fonte: A autora (google maps) (2023)

A – Mapa do estado do Pará; B - Santarém, PA; C – Município de Mojuí dos campos (comunidade Igarapé do Onça)

A área de coleta do espécime de Santarém-PA a coleta foi realizada dentro da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) (figura 2) onde se observa uma floresta urbana em frente do local de estacionamento de veículos da Universidade. Pode-se observar que a planta está sendo exposta a gases

atmosféricos decorrente dos transportes, a alta luminosidade, altas temperaturas, e até a predação de patógenos.

**Figura 2 (A - B)** – Local de coleta Município de Santarém- Pará (dependências da UFOPA)



**Fonte:** A autora

A - Frente da garagem; B – Lateral da garagem

No segundo local de coleta no Município Mojuí dos Campos (comunidade Igarapé do Onça), considerando que o local de coleta da comunidade, contém uma floresta mais densa, e úmida, a planta não foi sujeita excessivamente a incidência solar nem a altas temperaturas. Porém a localização é próxima a plantações agrícolas, possivelmente exposta a pesticidas e agrotóxicos.

**Figura 3 (A - B)** – Local de coleta Município de Mojuí dos Campos (dependências da comunidade Igarapé do Onça)



**Fonte:** A autora

A – Amostra foi coletada a margem da trilha B – Próximo a um igarapé

Para adquirir os dados climáticos do local de coleta se utilizou-se o site do Instituto Nacional de Meteorologia (IMET), dentro do Boletim Agroclimático Mensal, obteve-se os dados mensais do clima, das precipitações e até condições atmosféricas dos meses que foram realizadas as duas coletas.

#### 4.2. COLETA DE MATERIAL VEGETAL

A retirada do material vegetal (*P. marginatum*) do Município de Santarém-Pará a planta apresentou hábito de crescimento ereto e comportamento de crescimento linear (figura 4), foi realizada no período da manhã (10h-11h), de maio de 2022 após a uma precipitação de chuva. O material vegetal foi identificado pela Dra. Thaís Elias Almeida, a exsicata está depositada no herbário da própria Universidade Federal do Oeste do Pará sob o número HSTM-00370.

**Figura 4 (A e B)** - *Piper marginatum* coletada no município de Santarém Pará (nas proximidades da UFOPA).



**Fonte:** Acervo pessoal da autora, 2022

A segunda coleta foi no Município de Mojuí dos Campos (comunidade Igarapé do Onça), o material vegetal que similarmente apresentou hábito de crescimento ereto e comportamento de crescimento linear (figura 5), foi coletado no período da manhã (10h-11h), de novembro de 2022, não houve precipitação. A

amostra testemunha foi depositada no herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e identificadas pela Dra. Thaís Elias Almeida sob o número HSTM-016896. As folhas foram devidamente higienizadas (apenas uma limpeza superficial retirando a poeira com algodão) e separados, posteriormente colocados para secagem em temperatura ambiente e logo após acondicionados a estufa com circulação forçada de ar de (40°C) (figura 6) até estarem completamente secas (período de 7 dias).

**Figura 5 (A e B)** - *Piper marginatum* na comunidade Igarapé do Onça (próximo de Mojuí dos Campos).



**Fonte:** Acervo pessoal da autora, 2022

**Figura 6** – Estufa de circulação forçada de ar



Fonte: A autora (2022)

### 4.3. OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

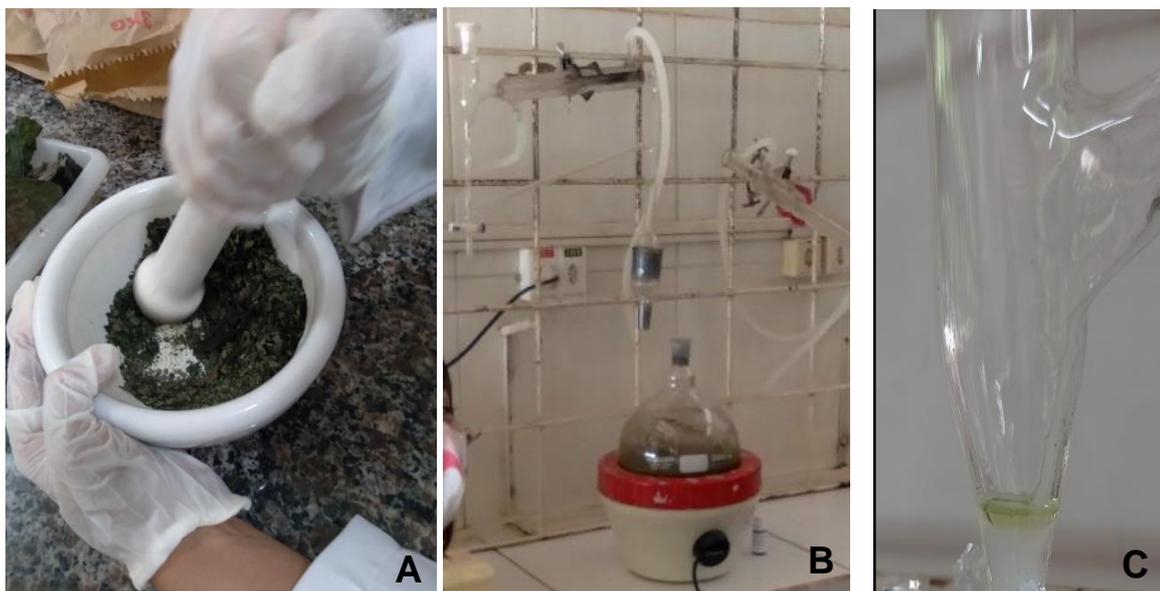
As extrações dos óleos essenciais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa & Desenvolvimento de Produtos naturais e Bioativos (P&DBIO) coordenado pela Professora e Dr Kelly Christina Ferreira Castro.

Para obtenção do OEs, foi empregado o método de hidrodestilação pelo aparelho Clevenger, para que esse método aconteça se utilizou-se apenas as folhas secas, as quais foram maceradas manualmente usando o almofariz e pestilo (Figura 7-A), e submetidos a hidrodestilação em aparelho Clevenger (4h) (Figura 7-B). Foram utilizadas 100g (de um total de 300g) de folhas secas de *P. marginatum* 2 L de água destilada para cada extração. Após extração ao OEs foram devidamente coletados e acondicionados em vidro âmbar, e mantido em resfriamento constante até a análise por cromatografia gasosa.

Para avaliação do rendimento do OEs de *P. marginatum*, foi utilizado a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento} = 100 \times \frac{\text{massa do OEs } P. \text{ marginatum}}{\text{massa do amostra}}$$

Figura 7 (A - C) - Materiais de extração de óleo essencial de folhas secas de *Piper marginatum*



Fonte: A autora (2022)

A - Almofariz e pestilo, maceração das folhas secas de *P. marginatum*; B - Aparelho Clevenger hidrodestilação de OEs de *P. marginatum*; C - OEs obtido da Hidrodestilação

#### 4.4. ANALISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Piper marginatum*

A análise dos OEs, foram realizadas em parceria com o Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental, LabBBEx / UFOPA. Coordenado pela Professora Dr Rosa Mourão.

Para a identificação dos constituintes químicos, as amostras de OEs foram injetadas no sistema CG-EM utilizando uma coluna capilar de sílica fundida Rxi-5ms (Restek Corporation, Bellefonte, PA) de 30m x 0,25 mm (diâmetro) x 0,25 µm (espessura do filme), revestida com 5% de difenil dimetilpolisiloxano. As condições de análise foram: temperatura do injetor de 250°C; programação de temperatura do forno de 60-240°C (3°C/min); hélio (99.995%) como gás de arraste, ajustado a uma velocidade linear de 36,5 cm/sec (taxa de 1,0 mL/min); injeção no modo split de 1 µL da amostra (5µL do óleo essencial em 500 µL de hexano); razão split 1:20; ionização por impacto eletrônico (EI) 70 eV; temperatura da fonte de ionização e da linha de transferência de 200 e 250 °C, respectivamente. Os espectros de massa foram obtidos por varredura automática, à 0,3 scans/segundos, com fragmentos de massas na faixa de 35-400 daltons. Os compostos existentes nos cromatogramas foram identificados através da comparação de seus espectros de massas (massa molecular e o padrão de fragmentação) com os espectros existentes na biblioteca do sistema (NIST, 2011; ADAMS, 2007; MONDELLO, 2011) e na literatura, e pela comparação de seus índices de retenção.

**Figura 8** – Cromatógrafo e espectrômetro de massa



**Fonte:** A autora (2022)

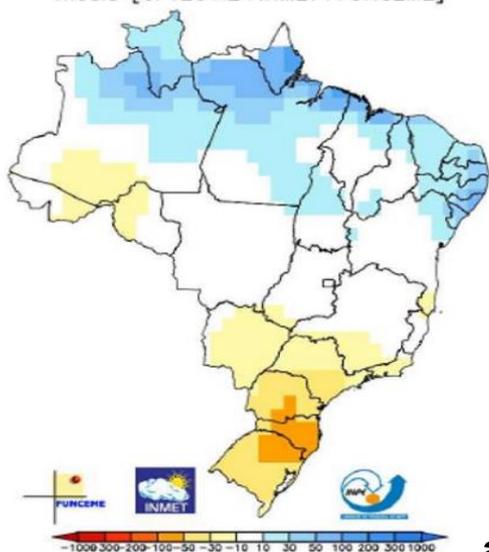
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ANALISE DAS ÁREAS DE COLETA E SEUS DADOS CLIMATOLÓGICOS

Para a primeira coleta realizada no mês de maio de 2022 foram obtidos os dados da temperatura no estado do Pará que foi considerada amena (abaixo da média climatológica prevista) devido a persistência de dias chuvosos (Mapa 2-a) que amenizam as temperaturas (Mapa 2-b). O balanço hídrico nesse mês mostrou que o armazenamento de água no solo se manteve elevado em grande parte da região (Mapa 2-c). Segundo os dados do IBGE, (2018) o clima da região Amazônica é classificado como equatorial quente e úmido. Apresenta apenas duas estações, ao longo do ano: chuvoso (inverno), período em que a temperatura é mais amena; seca (verão), período de sol intenso e temperaturas elevadas, em torno de 38° C, portanto, esses dados mostram que o estado no mês da coleta estava passando pelo inverno amazônico.

**Mapa 2 (a - c)** – Previsão das precipitações, temperatura média do ar, e armazenamento de água no solo de todo o Brasil no mês de maio de 2022.

Previsão de Anomalia de Precipitação MJJ/2022  
média [CPTEC1.2+INMET+FUNCEME]

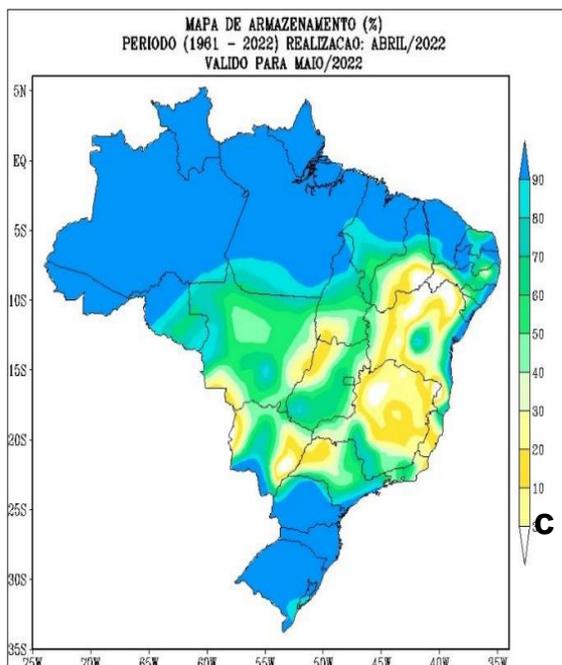


a

Previsão de Anomalia de Temperatura MJJ/2022  
média [CPTEC1.2+INMET+FUNCEME]



b



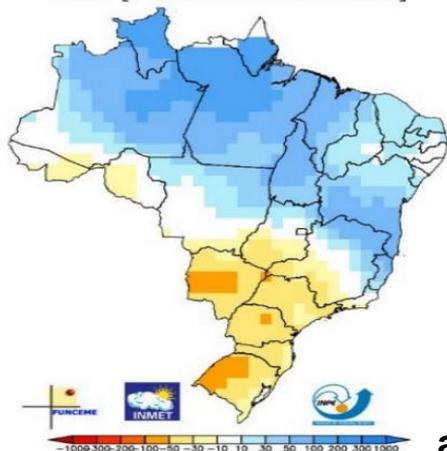
**Fonte:** INMET (2022)

Previsão de anomalias de (a) precipitação e (b) temperatura média do ar do multi-modelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) /INMET/FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). (c) mapa do armazenamento de água no solo no Brasil, considerando Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm.

É importante ressaltar que o vegetal estudado na produção do OESP se encontrava a margem da floresta urbana, com exposição de grande incidência solar e altas temperaturas. De acordo com SMÕES et al. (2003), os raios solares representam um dos maiores fatores que podem afetar a variação no teor de metabólitos secundários, principalmente de óleos voláteis.

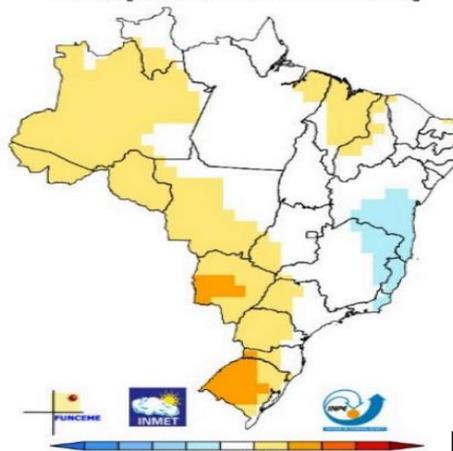
**Mapa 3 (a - c)** – Previsão das precipitações, temperatura média do ar, e armazenamento de água no solo de todo o Brasil no mês de novembro de 2022.

Previsão de Anomalia de Precipitação NDJ/2022  
média [CPTC1.2+INMET+FUNCEME]



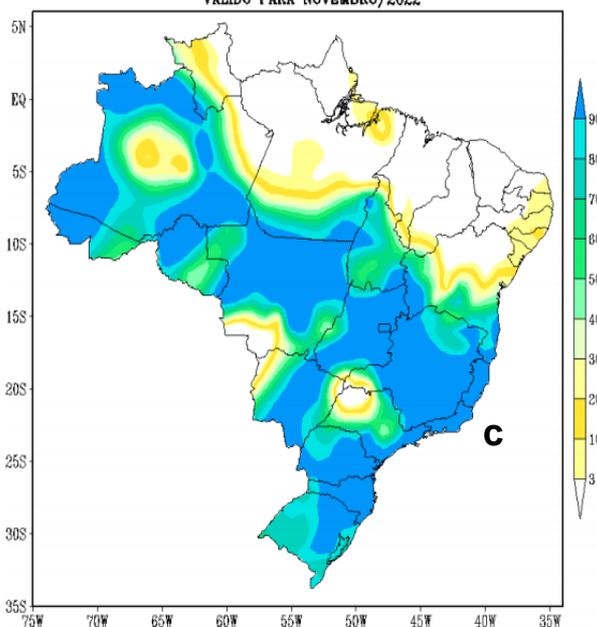
a

Previsão de Anomalia de Temperatura NDJ/2022  
média [CPTC1.2+INMET+FUNCEME]



b

MAPA DE ARMAZENAMENTO (%)  
PERÍODO (1961 - 2023) REALIZAÇÃO: OUTUBRO/2022  
VALIDO PARA NOVENBRO/2022



c

**Fonte:** INMET (2022)

Previsão de anomalias de (a) precipitação e (b) temperatura média do ar do multi-modelo INPE/INMET/FUNCEME. (c) mapa do armazenamento de água no solo no Brasil, considerando Capacidade de Água Disponível (CAD) de 100 mm.

Na área de coleta do OEIO houve predominância de sombra e de temperaturas amena (mapa 3-b), os dados climatológicos obtidos e produzidos com o método objetivo (multimodelo -cooperação entre INPE, INMET e FUNCEME) indica predomínio de chuvas acima da média climatológica em quase toda a região norte (mapa 3-a), porém na análise de retenção de água no solo, mostra que teve pouca retenção de água no solo (mapa 3-c), isso acontece por que essa região está passando por m período de transação do verão para o inverno amazonense.

Há também uma proximidade da amostra com plantações irrigadas constantemente por inseticidas, é um fator que terá que ser melhor estudado para saber se há influência na variação química.

Todos os dados observados e analisados descritos acima mostra algumas variáveis que possivelmente serão responsáveis pelo rendimento, e variação de compostos químicos observados neste projeto. Para Figueiredo et al., (2008) as diferenças nos perfis dos OEs de plantas coletadas em regiões distintas normalmente são mais evidentes, dependendo de condições ambientais tais como a altitude, exposição solar e tipo de solo, podendo mesmo estar associadas à existência de diferentes quimiotipos ou raças químicas.

## **5.2. RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper marginatum***

A partir de 100g de folhas de *P. marginatum*, obteve-se 0,3668g no OEs encontrado no Município de Santarém-PA (OESP), e o OEs encontrado na comunidade Igarapé do Onça (OEIO) obteve 0.4847g. O rendimento total correspondeu a 0,34% para o OESP, e para o OEIE foi obtido o valor 0,46%. Os rendimentos obtidos encontram-se dentro dos valores já reportados na literatura para OEs de folhas de *P. marginatum*, que variam de 0,02% a 3,6% (AUTRAN et al., 2009; JARAMILLO-COLORADO et al., 2015; MORAES et al., 2014; SILVA et al., 2016; SOUTO et al., 2012).

De acordo com Ayres et al., (2023) em seu estudo sobre a composição química e atividade acaricida dos OEs de *P. marginatum* e *Piper callosum* coletados na região amazônica coletadas no mês de dezembro no estado de Manaus, obtiveram 0,16 % no rendimento do OEs. Valores de rendimentos próximos, porém diferentes.

As diferenças de teores encontradas para o OEs de *P. marginatum* coletadas em diferentes localidades, corroboram com a ideia de que populações naturais de plantas, embora pertencendo à mesma espécie, apresentam variações na constituição genética e fisiológica em função da variação ambiental (SANTANA, 2013).

## **5.3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DO OEs DE *Piper marginatum***

O OEs obtido apresentou a coloração amarelo claro como visto na (figura 7-C), como também apresentou odor forte. Desenrolaram-se resultados semelhantes para (GONÇALVES,2018).

#### 5.4.PRESENÇA E AUSENCIA DOS COMPONENTES QUÍMICOS OBTIDOS DA METODO (CG-EM), DOS DOIS OEs DAS FOLHAS DE *Piper marginatum*

Na tabela 2 observada abaixo estão os nomes dos constituintes químicos identificados nos dois OEs para uma melhor compreensão das suas diferenças, neles estão identificados a presença e ausência dos compostos, e também os compostos com área porcentual acima de 3%, que foram considerados como majoritários.

**Tabela 2-** Composição do óleo essencial de *Piper marginatum* coletada nas localizações de Santarém-Pará e Mojuí dos Campos (comunidade Igarapé do Onça).

Constituintes	IR cal		Óleo%		
	OESP	OEIO	IR lit	OESP	OEIO
$\alpha$ -Pineno	933	934	932 A	2,08	2.22
Canfeno		949	953 F		0.2
Sabineno	973	973	972 F	0,19	0.24
$\beta$ -Pineno	977	978	974 A	1,54	2.22
Mirceno	991	991	988 A	0,38	0.76
$\alpha$ -Felandreno		1006	1007 F		0.12
<b><math>\delta</math>-3-Carene</b>	1011	1012	1008 A	6,49	6.79
p-Cimeno	1024	1024	1025 F	0,24	0.32
Limoneno	1028	1029	1030 F	0,38	0.64
(Z)- $\beta$ -Ocimeno		1046	1046 F		2.08
(E)- $\beta$ -Ocimeno	1036	1047	1047 F	0,24	2.58
$\gamma$ -Terpineno	1046	1058	1054 A	0,19	2.61
Terpinoleno	1089	1089	1086 F	0,11	0.16
<b>Linalol</b>	1100	1101	1101 F	1,58	4.21
6-Metil-3,5-heptadien-2-ona		1105	1102 F		0.11
Car-3-en-2-one	1160		1244 A	0,11	
Estragole		1199	1195 F		0.12
biciclogermacreno		1208	1216 A		0.16
Safrol	1288	1288	1285 A	1,19	2.27
$\delta$ -Elemeno	1338	1339	1335 F	0,21	0.6
$\alpha$ -Cubebeno	1350		1345 A	0,1	
Ciclosativeno	1366	1367	1367 F	0,5	0.11
<b><math>\alpha</math>-Copaeno</b>	1377	1377	1375 F	4,89	4.77
$\beta$ -Bourboneno	1386	1386	1387 A	0,55	0.84
$\beta$ -Cubebeno	1391	1391	1387 A	0,18	0.25
$\beta$ -Elemeno	1393	1393	1389 A	0,75	2.04
<b><math>\beta</math>-(E)-Cariofileno</b>		1421	1421 F		6.54
<b>(E)-Cariofileno</b>	1424		1424 F	4,52	

$\beta$ -Copaeno	1430	1430	1433 F	0,54	0.36
$\alpha$ -Guaieno	1444		1438 F	0,19	
Germacreno D		1445	1447 F		0.2
ácido 4-formilbenzónico	1452		1452 N	0,67	
$\alpha$ -Humuleno	1454	1455	1454 F	0,77	0.95
Alo-Aromadendreno	1457	1458	1458 A	0,41	0.22
Croweacin		1461	1457 A		0.12
Drima-7,9(11)-diene		1471	1473 F		0.11
$\beta$ -Chamigreno	1473		1479 F	0,28	
$\alpha$ -Neocallitropseno		1474	1474 A		0.46
<b><math>\gamma</math>-Muurolele</b>	1482	1483	1478 F	1,4	3.16
Selina-4,11-diene	1484	1485	1476 F	0,25	0.15
$\beta$ -Selineno	1487	1488	1489 A	2,38	2.39
$\delta$ -Amorfeno		1493	1490 F		0.1
Asaricina	1496	1497	1495 A	2,26	2.69
$\alpha$ -Muurolele	1501	1501	1497 F	1,75	0.66
$\alpha$ -Bulneseno	1506	1506	1505 F	0,09	0.15
Miristicina	1510	1511	1517 A	0,48	1.82

(continua)

Constituintes	IR cal		Óleo%		
	OESP	OEIO	IR lit	OESP	OEIO
Cubebol	1512		1514 A	0,11	
$\gamma$ -Cadineno	1515	1520	1513 A	0,32	1.21
$\alpha$ -Selineno	1519		1520 A	0,26	
$\delta$ -Cadineno	1524	1525	1522 A	1,38	1.46
<b>3,4-Metilenodioxipropiofenona</b>	1539	1540	1546 F	6,25	0.15
$\alpha$ -Copaen-11-ol	1539		1546 F	0,12	
$\alpha$ -Calacoreno	1544		1544 A	0,14	
$\alpha$ -Elemol	1550	1551	1546 F	0,68	1.79
epi-Longipinanol	1553	1554	1558 F	0,52	0.18
Elemicina	1558	1558	1555 A	2,4	2.56
(E)-Nerolidol	1565	1565	1561 F	0,79	0.22
Germacreno B	1568		1559 A	0,15	
Isolemicina	1575		1568 A	0,13	
<b>Espatuleno</b>	1580	1579	1576 F	7,95	2.87
<b>Óxido de Cariofileno</b>	1585	1585	1587 F	7,71	2.23
$\beta$ -Copaen-4- $\alpha$ -ol	1588		1590 A	0,48	
Fokienol	1593	1593	1596 A	0,85	0.49
Copaborneol	1605		1613 F	0,44	
Humuleno epóxido II	1610	1610	1613 F	1,13	0.23
Cubenol	1613	1620	1614 F	0,52	0.67
10-epi- $\gamma$ -Eudesmol	1621		1656 F	1,5	
<b>Muurolele-4,10(14)-dien-1-<math>\beta</math>-ol</b>	1634	1631	1630 A	7	2.94
T-Muurolol	1644	1644	1645 F	0,88	1.51
$\alpha$ -Muurolol	1648	1648	1651 F	0,64	0.26
<b><math>\beta</math>-Eudesmol</b>	1652	1652	1656 F	4,39	2.29
<b>Hinesol</b>	1655		1645 F	3,45	
<b>Intermedeol</b>	1660	1660	1668 F	3,74	1.16

Alohimachalol	1672	1671	1664 F	1,68	0.4
Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1- $\alpha$ -ol	1678	1687	1685 A	1,08	0.1

**Fonte:** A produzido pela autora (2022)

IRcal = Índice de Retenção calculado; IRLit = Índice de Retenção da literatura (Adams, 2007); Óleo%= Área porcentual dos compostos.

Previamente, as amostras de folhas de *P. marginatum*, foram coletadas em duas áreas diferentes no estado do Pará, Brasil, foram realizadas as análises para cada região individualmente, essas regiões foram as do Município de Santarém, Pará (OESP) e do Município de Mojuí dos Campos (Comunidade Igarapé do Onça) (OEIO). Como foi descrito anteriormente a coleta do OESP foi em local aberto e do OEIO à margem da trilha, o que o torna as amostras suscetíveis a predadores naturais. Logo pode explicar a maior quantidade de terpenóides presente.

Na amostra do OESP (tabela 2) observou-se como componentes majoritários: Espatuleno (7,95%), óxido de cariofileno (7,71%), muuro-la-4,10(14) - dien-1- $\beta$ -ol (7,6%),  $\delta$ -3-careno (6,49%), 3,4-metilenodioxipropiofenona (6,25%),  $\alpha$ -copaeno (4,89%), (E)-cariofileno (4,52%),  $\beta$ -Eudesmol (4,39%), intermedeol (3,74%) e hinesol (3,45%). Os demais constituintes ocorrem em proporções inferior a 3%. E na amostra de OEIO (tabela 2), apresentou-se os constituintes que destacaram com o maior porcentual foram:  $\delta$ -3-Careno (6,79%), (E)- $\beta$ -cariofileno (6,54%),  $\alpha$ -copaeno (4,77%), linalol (4,21%) e  $\gamma$ -Muuroleño (3,16%). Os demais constituintes ocorrem do mesmo modo com proporções inferior a 3%.

Comparando os constituintes majoritários entre si foi identificado que alguns constituintes que estavam presentes, e outros ausentes e seus teores variaram bastante, como o (E)- $\beta$ -cariofileno (6,54%) presente no OEIO e ausente no OESP, e o muuro-la-4,10(14) - dien-1- $\beta$ -ol (7,6%), 3,4-metilenodioxipropiofenona (6,25%) e hinesol (3,45%), da mesma forma presente no OESP e ausente no OEIO. Além desse que foram evidenciados outros constituintes de menor teor porcentual também mostraram essa diferença. A composição de óleos normalmente varia com a estação, a idade da planta, e composição do solo. Por esta razão, estes resultados se baseiam numa única amostra de óleo em cada local de coleta. Desta forma, pensamos que a composição química dos óleos analisados apresentou variação qualitativa e quantitativa, devido a influência das condições ambientais de locais de coleta. Estes resultados sugerem a presença de diferentes tipos químicos de *P. marginatum* na Amazônia brasileira.

Os perfis cromatográficos dos OEs das folhas de *P. marginatum*, encontram-se no Anexos de A1 – A2. Enquanto que a tabela 3 são encontrados os constituintes obtidos apenas na amostra do Município de Santarém (OESP), sua composição química foi determinada por CG-EM nela se identificaram sessenta e quatro constituintes voláteis, representando 97,5% do total de compostos presentes no óleo.

Rendeu óleos essenciais de diferentes composições: Para OESP foi, Car-3-en-2-one,  $\alpha$ -cubebeno,  $\alpha$ -guaieno,  $\beta$ -chamigreno,  $\alpha$ -bulneseno, cubebol,  $\alpha$ -selineno, 3,4-metilenodioxipropiofenona, (E)-cariofileno,  $\alpha$ -copaen-11-ol,  $\alpha$ -calacoreno, germacreno B, isolemicina,  $\beta$ -copaen-4- $\alpha$ -ol, copaborneol, e ácido 4-formilbenzóico, Já para o OEIO são, canfeno,  $\alpha$ -felandreno, (Z)- $\beta$ -ocimeno, 6-metil-3,5-heptadien-2-ona, estragole, germacreno D, croweacin,  $\alpha$ -neocallitropseno,  $\beta$ -(E)-cariofileno,  $\delta$ -amorfenol, cadin-4-en-10-ol, ciclosativeno, e drima-7,9(11)-diene. Dessas diferentes composições a maioria delas já foram descritas anteriormente e seus efeitos estudos (GRÚ e GONSALES et al., 2016; Da SILVA et al., 2017; ANDRADE.,2008; GONÇALVEZ.,2018).

A composição de óleos normalmente varia com a estação, a idade da planta, e composição do solo. Esses resultados se baseiam numa única amostra de óleo em cada local de coleta. Desta forma, a composição química dos óleos analisados apresentara variação, devido a influência das condições ambientais de locais de coleta. Estes resultados sugerem a presença de diferentes tipos químicos de *P. marginatum* na Amazônia brasileira.

**Figura 3-** Composição química do óleo essencial de *Piper marginatum* coletada na localização de Santarém-Pará (OESP).

TR (MIN)	Constituintes	IR cal	IR lit	Óleo%
5.820	$\alpha$ -Pineno	933	932 A	2,08
6.900	Sabineno	973	972 F	0,19
7.015	$\beta$ -Pineno	977	974 A	1,54
7.375	Mirceno	991	988 A	0,38
8.045	$\delta$ -3-Carene	1011	1008 A	6,49
8.490	p-Cimeno	1024	1025 F	0,24
8.645	Limoneno	1028	1030 F	0,38
9.295	$\gamma$ -Terpineno	1046	1054 A	0,19
10.830	Terpinoleno	1089	1086 F	0,11
11.235	Linalol	1100	1101 F	1,58
13.700	Car-3-en-2-one	1160	1244 A	0,11
19.150	Safrol	1288	1285 A	1,19

21.280	$\delta$ -Elemeno	1338	1335 F	0,21
21.800	$\alpha$ -Cubebeno	1350	1345 A	0,1
22.460	Ciclosativeno	1366	1367 F	0,5
22.930	$\alpha$ -Copaeno	1377	1375 F	4,89
23.290	$\beta$ -Bourboneno	1386	1387 A	0,55
23.510	$\beta$ -Cubebeno	1391	1387 A	0,18
23.590	$\beta$ -Elemeno	1393	1389 A	0,75
24.075	Eugenol	1404	1403 A	2,36
24.735	(E)-Cariofileno	1421	1424 F	4,52
25.115	$\beta$ -Copaeno	1430	1433 F	0,54
25.695	$\alpha$ -Guaieno	1444	1438 F	0,19
26.030	ácido 4-formilbenzóico	1452	1452 N	0,67
26.105	$\alpha$ -Humuleno	1454	1454 F	0,77
26.220	Alo-Aromadendreno	1457	1458 A	0,41
26.875	$\beta$ -Chamigreno	1473	1479 F	0,28
27.225	$\gamma$ -Muuroleone	1482	1478 F	1,4
27.330	Selina-4,11-diene	1484	1476 F	0,25

(continua)

TR (MIN)	Constituintes	IR cal	IR lit	Óleo%
27.805	Asaricina	1496	1495 A	2,26
28.005	$\alpha$ -Muuroleone	1501	1497 F	1,75
28.190	$\alpha$ -Bulneseno	1506	1505 F	0,09
28.360	Miristicina	1510	1517 A	0,48
28.440	Cubebol	1512	1514 A	0,11
28.560	$\gamma$ -Cadineno	1515	1513 A	0,32
28.690	$\alpha$ -Selineno	1519	1520 A	0,26
28.915	$\delta$ -Cadineno	1524	1522 A	1,38
29.235	3,4-Metilenodioxipropiofenona	1539	1546 F	6,25
29.475	$\alpha$ -Copaen-11-ol	1539	1546 F	0,12
29.665	$\alpha$ -Calacoreno	1544	1544 A	0,14
29.915	$\alpha$ -Elemol	1550	1546 F	0,68
30.035	epi-Longipinanol	1553	1558 F	0,52
30.210	Elemicina	1558	1555 A	2,4
30.485	(E)-Nerolidol	1565	1561 F	0,79
30.595	Germacreno B	1568	1559 A	0,15
30.880	Isolemicina	1575	1568 A	0,13
31.065	Espatuleno	1580	1576 F	7,95
31.260	Óxido de Cariofileno	1585	1587 F	7,71
31.390	$\beta$ -Copaen-4- $\alpha$ -ol	1588	1590 A	0,48
31.570	Fokienol	1593	1596 A	0,85
(32.050)	Copaborneol	1605	1613 F	0,44
32.225	Humuleno epóxido II	1610	1613 F	1,13
32.620	10-epi- $\gamma$ -Eudesmol	1621	1656 F	1,5
33.115	Muurolo-4,10(14)-dien-1- $\beta$ -ol	1634	1630 A	7,6
33.480	T-Muurolol	1644	1645 F	0,88
33.635	$\alpha$ -Muurolol	1648	1651 F	0,64
33.775	$\beta$ -Eudesmol	1652	1656 F	4,39

33.900	Hinesol	1655	1645 F	3,45
34.085	Intermedeol	1660	1664 F	3,74
34.515	Alohimachalol	1672	1668 F	1,68
34.760	Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1- $\alpha$ -ol	1678	1685 A	1,08
<b>TOTAL</b>				<b>97,5%</b>

**Fonte:** A autora (2023)

TR (MIN)= Tempo de Retenção; IRcal = Índice de Retenção calculado; IRlit = Índice de Retenção da literatura (Adams, 2007); Óleo%= Área porcentual dos compostos.

Contrastando o presente trabalho com a literatura, observa-se que muitos dos principais compostos presentes nos OEs desta planta são os mesmos, tendo uma variação em seus teores. Segundo (MACÊDO et al.,2020) as substâncias 3,4-metilenodioxipropiofenona (22,90%),  $\delta$ -3-careno (10,19%), (E)-cariofileno (9,67%) e espatulenol (6,89%) foram os componentes majoritários identificados no óleo essencial das folhas do espécime coletado no estado do Pará. E para (MORAES, 2018) Os principais componentes do OEs das folhas de *P. marginatum* foi o fenilpropanoide 3,4- metilenodioxipropiofenona (12,43%), seguido de espatulenol (8,42%),  $\delta$ -3-careno (6,51%), dehidrolinalol (6,51%), óxido de cariofileno (6,39%),  $\beta$ -cariofileno (6,37%) e o safrol (4,73%), esses componentes foram identificados do espécime coletada também no mesmo local onde foi localizada o espécime para este estudo. Além disso destaca-se o dehidrolinalol que não foi identificado nas amostras desta pesquisa.

Porém ainda são encontrados na literatura trabalhos com teores diferentes como nos estudos realizados com uma espécie de *P. marginatum* coletada em recife, (AUTRAN et al.,2009) demonstrou que o componente principal do óleo essencial da folha é o Z-asarona, demonstrando diferentes concentrações de acordo com as regiões coletadas mostrando que a composição e concentração dos constituintes dos OEs podem variar dependendo do local de coleta.

A variação sazonal do óleo essencial de espécimes de *P. marginatum* com ocorrência na região norte, mesma área de amostragem deste estudo, foi relatada recentemente (CAMARGO,2018). Os principais constituintes encontrados foram como majoritários no verão o 3,4-metilenodioxipropiofenona (21,72%), no outono, tem-se como o maior percentual da amostra o espatulenol (12,89%), para o inverno identificou-se como terceiro maior em porcentual o espatulenol (9,26%), já na

primavera, tem-se 3,4-metilenodioxipropiofenona (26,62%), dos majoritários citados em todos foram também encontrados neste trabalho, porém diferindo em porcentual.

Alguns constituintes do óleo de *P. marginatum* foram descritos. O constituinte espatulenol tem sido altamente estudado por alguns pesquisadores pelos seus efeitos adversos. Estudos anteriores sobre o espatulenol mostrou atividade anti-inflamatória (AGUILAR-GUADARRAMA & RIOS 2004). Atribuíram a atividade antimicrobiana do espatulenol, e se mostrou um inibidor parcial do crescimento de *Cladosporium sphaerospermum* e *C. cladosporioides*, e apresentou atividade moderada contra *Aspergillus niger* e *Candida albicans* (Raggi 2008). Posteriormente encontraram-se relatos descrevendo o isolamento de espatulenol de folhas de *Oreophryne notata* e sua atividade antimicobacteriana para *Mycobacterium tuberculosis* as cepas desta bactéria é responsável pelo agravamento da tuberculose. (COSTA et al.,2021)

O constituinte óxido de cariofileno foi citado por muitos autores que relacionam a concentração do óxido de cariofileno com o estado de conservação do óleo, que muitas vezes são submetidos a reações fotoquímicas e à exposição excessiva ao calor, porém trabalhos anteriores sugerem que o óxido de cariofileno seja fruto do metabolismo da própria planta, como mecanismo de defesa (CASCON e GLBERT, 2000; BARBOSA et al., 2013). Comparando ainda com a literatura também observamos que óxido de cariofileno está presente como produto natural oriundo de galhos e folhas de *P. marginatum* (ANDRADE et al. 2008; AUTRAN et al. 2009; OLIVEIRA CHAVES & OLVEIRA SANTOS 2002).

O constituinte Muurola-4,10(14) -dien-1- $\beta$ -ol foi observado no trabalho de Moraes, (2018) com sua área porcentual de 1,79% para o OEs das folhas. Mas essa substancia foi ainda citada em outros trabalhos descrevendo as espécies do gênero *Piper* do gênero, por exemplo foi identificado como majoritário para o OEs de *Piper tuberculatum*, apresentou o teor de (9,9%), (KRINSKI et al.,2015). Já DUTRA.,2018 em seu estudo sobre OEs das folhas das espécies de *Piper corcovadensis*, identificou em seus componentes o muurola-4(14),5-dieno que foi identificado em sua conformação cis, e trans, esse constituinte foi considerado um dos responsáveis pelo enfeito do OEs contra pragas agrícolas

Plantas sob condições de estresse abiótico e biótico respondem quimicamente ativando a rota Biosintética dos fenilpropanóides, acumulando vários compostos fenólicos, incluindo fenilpropanóides simples com esqueleto de carbono

C6- C3 (DIXON e PAIVA, 1995). O fenilpropanoide 3,4-metilenodioxipropiofenona, se sobressai por estar presente em plantas com sua função principal a proteção contra predadores. Esse constituinte se destaca por ser o mais encontrado com um alto teor porcentual na região norte.

Para Majolo et al., (2019) foi encontrado majoritariamente para o OEs de folhas de *P. marginatum* (E)-cariofileno com uma porcentagem de 6,8%. Também foi um dos principais compostos registrados por Almeida et al., (2018) OEs de *P. marginatum* apresentou atividade antimicrobiana contra várias cepas de *A. hydrophila*. O cariofileno é melhor extraído do óleo de cravo, porém pode ser obtido de outras fontes, como certas frações de óleo de pinho americano (EGGERSDORFER et al.,2000).

Para o constituinte  $\beta$ -Eudesmol foi se comprovado as atividades antitumorais e antiangiogênicas potenciais e como um inibidor do crescimento tumoral por inibir a angiogênese ao suprimir a ativação de CREB da via de sinalização do fator de crescimento. Também estimula o crescimento de neuritos , além de ser um composto líder promissor para melhorar a função neural.  $\beta$ -Eudesmol provou ainda em ser um bloqueador não competitivo do canal do receptor nicotínico de acetilcolina (ACh) (nAChR) na junção neuromuscular (NMJ) e desempenha um papel importante no alívio da dor neuromuscular (KIMURA, Tsuneki, et al., 1991; KIMURA, Nojima, et al., 1991; KIMURA et al., 1994; MUTOI et al., 1989).

O constituinte intermedeol foi identificado nos dois OEs, porém no OESP intermedeol se destacou como majoritário, esse componente foi citado no trabalho de Alves et al., (2021) como componente minoritário. O intermedeol é encontrado na literatura como um dos terpenóides repelentes de insetos isolados de folhas de amora (gênero *Callicarpa* L.; Verbenaceae) (CHEN et al.,2008). E Jeong et al.,2002 apresentou um trabalho onde seu objetivo era investigar os efeitos do intermedeol na proliferação e diferenciação de células HL-60 derivadas de leucemia humana, bem como os mecanismos subjacentes a esses efeitos. Intermedeol exibiu uma potente atividade antiproliferativa contra células HL-60. Além disso, verificou-se que este composto é um potente indutor para a diferenciação celular de células de leucemia humana em linhagem de granulócitos e monócitos/macrófagos. Os resultados desta pesquisa sugerem que o intermedeol pode ter potencial como agente terapêutico na leucemia humana.

O constituinte hinesol é um importante componente da droga bruta chinesa Chang Zhu (*Atractylodes lancea* var *Chinensis*) e Baizhu (*A. Japonica*) foi isolado há quase meio século (YOSIOKA et al.,1959). Descobriu-se que (-) - o hinesol, uma substância espasmolítica<sup>7</sup> e anti-úlceras gástricas (MORTA et al.,1996), e um ingrediente ativo de melhoradores da circulação cerebral e do metabolismo (YAMAHARA, 1992; DU; LU.,2003). Na pesquisa de Masuda et al.,2015 relata o hinesol como constituinte isolado da medicina tradicional chinesa, de um rizoma (*Atractylodes lancea*). Foram observados os efeitos citotóxicos e os mecanismos moleculares do hinesol em células HL-60, esse composto apresentou efeito antitumoral, atividades inibitórias de crescimento e indutoras de apoptose em células de leucemia esses resultados sugeriram que o hinesol pode representar uma nova droga medicinal com indicações no tratamento de vários tipos de câncer, incluindo leucemia.

**Tabela 3** - Componentes químicos encontrados no OEs (OEIO).

TR (Min)	Constituintes	IR cal	IR lit	Óleo%
5.830	$\alpha$ -Pinoeno	934	932 A	2,22
6.235	Canfeno	949	953 F	0,2
6.910	Sabineno	973	972 F	0,24
7.030	$\beta$ -pinoeno	978	974 A	2,22
7.380	Mirceno	991	988 A	0,76
7.845	$\alpha$ -Felandreno	1006	1007 F	0,12
8.060	$\delta$ -3-Carene	1012	1008 A	6,79
8.500	p-Cimeno	1024	1025 F	0,32
8.660	Limoneno	1029	1030 F	0,64
9.310	(Z)- $\beta$ -Ocimeno	1036	1046 F	2,08
9.310	(E)- $\beta$ -Ocimeno	1047	1047 F	2,58
9.720	$\gamma$ -Terpineno	1058	1054 A	2,61
10.845	Terpinoleno	1089	1086 F	0,16
11.265	Linalol	1101	1101 F	4,21
11.435	6-Metil-3,5-heptadien-2-ona	1105	1102 F	0,11
15.325	Estragole	1199	1195 F	0,12
15.740	Biciclogermacreno	1208	1216 A	0,16
21.295	Safrol	1288	1285 A	2,27
22.480	$\delta$ -Elemeno	1339	1335 F	0,6
22.940	Ciclosativeno	1367	1367 F	0,11
23.310	$\alpha$ -Copaeno	1377	1375 F	4,77
23.530	$\beta$ Bourboneno	1386	1387 A	0,84
23.610	$\beta$ -Cubebeno	1391	1387 A	0,25
24.090	$\beta$ -Elemeno	1393	1389 A	2,04
24.755	Eugenol	1405	1403 A	2,27

25.135	(E)-Cariofileno	1421	1424 F	6,54
25.735	$\beta$ -Copaeno	1430	1433 F	0,36
26.120	Germacreno D	1445	1447 F	0,2
26.240	$\alpha$ -Humuleno	1455	1454 F	0,95
26.365	Alo-Aromadendreno	1458	1458 A	0,22
26.775	Croweacin	1461	1457 A	0,12
26.905	Drima-7,9(11)-diene	1471	1473 F	0,11
27.255	$\alpha$ -Neocallitropseno	1474	1474 A	0,46
27.350	$\gamma$ -Muuroleno	1483	1478 F	3,16
27.460	Selina-4,11-diene	1485	1476 F	0,15
27.670	$\beta$ -Salineno	1488	1489 A	2,39
27.825	$\delta$ -Amorfeno	1493	1490 F	0,1
28.020	Asaricina	1497	1495 A	2,69
28.215	$\alpha$ -Muuroleno	1501	1497 F	0,66
28.390	$\alpha$ -Bulneseno	1506	1505 F	0,15
28.745	Miristicina	1511	1517 A	1,82
28.935	$\gamma$ -Cadineno	1520	1513 A	1,21
29.500	$\delta$ -Cadineno	1525	1522 A	1,46
29.935	Selina-3,7(11)-diene	1540	1546 F	0,15

(continua)

TR (Min)	Constituintes	IR cal	IR lit	Óleo%
30.220	epi-Longipinanol	1554	1558 F	0,18
30.485	Elemicina	1558	1555 A	2,56
31.045	(E)-Nerolidol	1565	1561 F	0,22
31.250	Espatuleno	1579	1576 F	2,87
31.585	Óxido de Cariofileno	1585	1587 F	2,23
32.235	Fokienol	1593	1596 A	0,49
32.590	Humuleno epóxido II	1610	1613 F	0,23
33.000	Cubenol	1620	1614 F	0,67
33.475	Muurolo-4,10(14)-dien-1- $\beta$ -ol	1631	1630 A	2,94
33.635	T-Muurolo	1644	1645 F	1,51
33.780	$\alpha$ -Muurolo	1648	1651 F	0,26
33.940	$\beta$ -Eudesmol	1652	1656 F	2,29
34.090	Cadin-4-en-10-ol	1656	1659 F	2,77
34.490	Intermedeol	1660	1668 F	1,16
35.080	Alohimachalol	1671	1664 F	0,4
35.080	Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1- $\alpha$ -ol	1687	1685 A	0,1
<b>TOTAL</b>				<b>81,6%</b>

Fonte: A autora (2023)

TR (MIN)= Tempo de Retenção; IRcal = Índice de Retenção calculado; IRLit = Índice de Retenção da literatura (Adams, 2007); Óleo%= Área porcentual dos compostos.

Para os compostos encontrados no OEIO, foram identificados sessenta e um constituintes voláteis, representando 81,6% do total de compostos presentes do OEIO. Partindo desses resultados encontrados (tabela 4) e comparando-os com a

bibliografia existente, foi observado similaridade em constituintes majoritários na amostra do presente trabalho com a análise obtida dos OEs de *P. marginatum* de Andrade et al., (2008) em seu quimiotipo IV, representado pelas amostras coletadas em Manaus (AM), foi dominado por  $\beta$ -cariofileno (10,2–13,3%), e  $\alpha$ -copaeno (0,8 – 11,4%) respectivamente. E a amostra de Paredão (RR), nomeada de quimiotipo VII o  $\beta$ -cariofileno foi identificado com o maior porcentual. Segundo (SANTOS AYRES, 2023), similaridade em seus constituintes majoritários com o desta pesquisa, sendo  $\delta$ -3-careno (10,5%) o maior em porcentual encontrado. Para Ramos et al., (1986) destaca-se igualmente a presença de  $\delta$ -3-careno (3,33 %). Autran et al., (2009) apontou a presença de  $\delta$ -3-careno (0,3 %), e (Z)- $\beta$ -ocimeno (0,5 %) como maiores em porcentual.

Algumas pesquisas encontram-se substancias que se difere em seus majoritários com os obtidos neste estudo, como na pesquisa de Olivero et al., (2009) que foi verificada a presença de elemicina (18,0%), *p*-cariofileno (11,0%) e biciclogermacreno (4,1%) entre os majoritários. Já para Silva et al. (2016) relataram a presença do *p*-cariofileno e da miristicina entre os majoritários, com concentrações de 5,0 e 4,5%, respectivamente. Ribeiro, Camara e Ramos (2016) identificaram quatro constituintes majoritários no OEs de folhas de *P. marginatum* coletadas em Recife (PE), dois arilpropanoides: (Z)-asarona (30,4%) e (E)-asarona (6,4%) e dois sesquiterpenos: *p*-cariofileno (16,0%) e patchoulol (7,5%).

Os principais constituintes químicos encontrados no OEIO são terpenos, sendo o  $\delta$ -3-Careno o composto mais abundante na composição com 6,79%. Esse composto foi identificado também por Oliveira, (2019) em seu OEs de *P. marginatum*. O óleo demonstrou atividade frente a cepas de *Trypanosoma cruzi*. Ainda foi identificado por Gonçalves., (2018) como majoritário de seu OEs de *P. marginatum*, o mesmo apresentou efeitos contra formas adultas de *Schistosoma mansoni*, formas tripomastigotas de *Tripanossoma cruzi* e formas promastigotas de *Leishmania amazonensis*.

O constituinte  $\beta$ -cariofileno destacou-se nas suas amostras coletadas em Pernambuco (Ribeiro et al., 2016), O  $\beta$ -cariofileno, é um sesquiterpeno bicíclico presente em principalmente e em diferentes concentrações nos OEs de espécies vegetais como o manjeriço (*Ocimum spp*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), lavanda (*Lavandula angustifolia*), maconha (*Cannabis sativa*), orégano (*Origanum vulgare*), pimenta-do-reino (*Piper guineense*) e alecrim (*Rosmarinus officinalis*). Esse

composto apresenta um odor —amadeiradoll e picante. Devido a estas propriedades têm sido empregado no preparo de produtos de panificação, condimentos, doces e bebidas alcólicas e não-alcólicas (FIDYT et al., 2016; VARGA et al., 2017).  $\beta$ -cariofileno é uma das substâncias naturais aprovadas como aromatizante pelo Food and Drug Administration (FDA) e pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) (YAMAGUCHI; LEVI, 2017). Dentre suas características físico-químicas, a baixa solubilidade em água é a mais citada, o que sugere sua elevada afinidade pela membrana celular e capacidade de transposição da barreira hematoencefálica (FIDYT et al., 2016).

O constituinte  $\alpha$ -copaeno identificado no estudo de Andrade et al., (2008) apontou valor porcentual de 0,3 a 11,4% para OEs das folhas de *P. marginatum* coletadas na Amazônia brasileira. Enquanto que no OEs de coleta realizada em Pernambuco,  $\alpha$ -copaeno obteve 0,6% de área (AUTRAN et al., 2009). Esses resultados corroboram com a análise de (SHELLY,2001) que isolou o  $\alpha$ -copaeno para determinar se o mesmo era responsável pela atração das moscas de frutas machos do Mediterrâneo, neste trabalho foi comprovado esta atividade biológica.

O constituinte Linalol foi citado ainda por Andrade et al., (2008) o composto apresentou o teor porcentual de valor entre 0,1 a 3,1%. Valores inferiores aos encontrados no presente trabalho. Outros estudos com OEs de plantas do gênero Piper como a *Piper claussonianum* (Miq.), mostraram o linalol encontrado com um dos maiores em teor porcentual de (E)-nerolidol (81,4%), linalol (5,2%), Y-muuroleno (1,1%),  $\beta$ -cariofileno (0,6%) e Y-elemeno (0,5%) (Marques e Kaplan., 2011). Santoro et al., (2007) destaca que OEs que contêm linalol em sua composição química apresentam ação in vitro contra células epimastigotas e tripomastigotas de *Trypanosoma cruzi*. Esse terpeno já foi descrito na literatura com ação tóxica para a praga agrícola *Spodoptera frugiperda* (CRUZ et al. 2017).

O constituinte Y-muuroleno com a área porcentual de 0,36% no OEs das folhas de *P. marginatum*, apresentou atividades antiprotozoárias in vitro. Esse composto com a área porcentual de (6.21%) foi relatado também no OEs da casca do fruto de *Myrciaria floribunda*, esse OEs mostrou efeito na inibição enzimática e antiparasitária (BARBOSA., 2020).

Os resultados obtidos (Tabela 2 e 3) indicam que a composição química dos óleos sofreu variações nas concentrações dos compostos, podendo apresentar essas diferenças por exposição a diversos fatores ambientais. De maneira geral,

Simões et al., 2003 constatou que as plantas apresentam épocas específicas em que contem maior quantidade de metabólitos secundários em seus tecidos, podendo ocorrer variação tanto no período de um dia como em épocas do ano. Estudos no Brasil mostram uma grande diversidade de composição química e concentração nos OEs de *P. marginatum*. Isso pode ser atribuído à diversidade genética da espécie, com variedade de compostos relativo à idade foliar da planta, as variáveis ambientais e métodos de extração.

Dill (2009) descreveu que as substâncias encontradas nos OEs das espécies de Piperaceae variam de acordo com a região geográfica onde a planta é coletada. Isso significa que quanto mais tropical é o clima da região, maior é a incidência de sesquiterpenos e fenilpropanóides na composição dos OEs. Quanto mais quente e seco for a região é, maior é o teor de monoterpreno. Os dados aqui expostos reforçam o conhecimento acumulado de que as espécies de *Piper* em geral têm uma tendência notável de biossintetizar OEs, independentemente de seus habitats naturais (Santos et al. 2001)

Essa diferença de composição entre os OEs de *P. marginatum* pode ser explicada por fatores edafoclimáticos e ambientais (Majolo et al., 2019) e até por diferenças nos quimiotipos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O OEs das folhas de *P. marginatum* é formado com predominância de sesquiterpeno. Os rendimentos obtidos nas extrações dos OEs apresentaram diferenças (0,34% e 0,46%), porém encontram-se dentro dos valores reportados na literatura para a espécie, a diferença não foi muito grande e pode estar diretamente relacionadas a estação e variação do solo e dos fatores ambientais presente na área de coleta. Um estudo nos mesmos locais e no mesmo dia seriam necessários para uma melhor observação dessa variação.

A análise fitoquímica do OEs *P. marginatum* apontou 61 constituintes para OEIO e 64 constituintes para OESP, no OEs encontrado no Município de Santarém-Pará, observou-se como componentes majoritários: Espatuleno (7,95%), óxido de cariofileno (7,71%), muurolo-4,10(14) -dien-1- $\beta$ -ol (7,6%),  $\delta$ -3-Careno (6,49%), 3,4-metilenodioxipropiofenona (6,25%),  $\alpha$ -copaeno (4,89%), (E)-cariofileno (4,52%),  $\beta$ -eudesmol (4,39%), intermedeol (3,74%) e hinesol (3,45%). e o OEs encontrado na

comunidade Igarapé do Onça, os constituintes os que apresentaram maior porcentual foram:  $\delta$ -3-Careno (6,79%), (E)- $\beta$ -cariofileno (6,54%),  $\alpha$ -copaeno (4,77%), linalol (4,21%) e  $\gamma$ -Muuroleno (3,16%). Cada composto tem sua atividade comprovada na literatura, podendo estar relacionados aos efeitos apresentados pelos OEs. Uma possibilidade para esse resultado seria que no processo de secagem das folhas, não só a água, mas também parte desses compostos seria perdida (KRINSK & FOERSTER 2016). E também a necessidade da planta em se defender dos intemperes de seu local de plantio.

Observou, uma grande variabilidade dentro destes resultados e os já citados na literatura, Em Andrade et al.,2008 houve a reunião de subespécies previamente descritas agrupadas de *P. marginatum* pode contribuir para a notável variação química, pois cada subespécie pode ter um metabolismo secundário diferente. Resta verificar se as populações atribuídas como *P. marginatum* estão passando por eventos de especiação, inclusive considerando sua ampla distribuição geográfica, é necessário considerar também a variabilidade associada a fenômenos cronobiológicos (variação mensal, semanal e diária) como hipotetizado por Moraes et al (2014).

É necessário dar continuidade à pesquisa para compreender melhor a ação do OEs e sua composição química. Por fim ressalta-se a importância em se estudar OEs de plantas coletadas em diferentes localidades, bem como em diferentes estações do ano.

## 7. REFERÊNCIAS

1. ACHARYA, B.; CHAIJAROENKUL, W.; NA-BANGCHANG, K. Therapeutic potential and pharmacological activities of  $\beta$ -eudesmol. **Chemical biology & drug design**, v. 97, n. 4, p. 984–996, 2021.
2. ADAM KP, Croteau R. Biossíntese de monoterpene na hepática *Conocephalum conicum*: demonstração de sabineno sintase e bornil difosfato sintase em homenagem ao aniversário de 75 anos do professor GH Neil Towers. **Fitoquímica** 49(2):475–480. (1998).
3. ALMEIDA, C. A. et al. Piper essential oils inhibit *Rhizopus oryzae* growth, biofilm formation, and rhizopuspepsin activity. **Journal canadien des maladies**

**infectieuses et de la microbiologie medicale [The Canadian journal of infectious diseases & medical microbiology]**, v. 2018, p. 1–7, 2018.

4. ALVES, C. M. G. et al. Essential oil of *Piper callosum*, *Piper hispidum* and *Piper marginatum* (Piperaceae) possesses in vitro efficacy against monogeneans of *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Aquaculture research**, v. 52, n. 12, p. 6107–6116, 2021.
5. ANDRADE EH, Carreira LM, da Silva MH, da Silva JD, Bastos CN, Sousa PJ, Guimarães EF, Maia JG. Variability in essential-oil composition of *Piper marginatum* sensu lato. **Chem Biodivers**. 2008 Jan;5(1):197-208.
6. ANDRÉS, M. F. et al. Biocidal effects of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil and synergism among its main components. **Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association**, v. 109, p. 1086–1092, 2017.4
7. AROUCHE, J. de Souza. Desenvolvimento de uma formulação com potencial biocida baseada no encapsulamento do óleo essencial da *Piper callosum*: avaliação da estabilidade a 25 °C e 35 °C utilizando diferentes conservantes. 59 f. Dissertação - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.
8. AYRES, V. F. dos Santos. Estudo químico e atividades biológicas do óleo essencial, extrato bruto e frações de *Piper callosum* Ruiz & Pav (Piperaceae), 2020. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara (AM), 2020.
9. AYRES, V. F. dos santos et al. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oils of *Piper marginatum*, *Piper callosum* and *Vitex agnus-castus*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, 2021.
10. AYRES, V.F. dos santos et al. Composição química e atividade acaricida dos óleos essenciais de *Piper marginatum* e *Piper callosum* coletados na região amazônica. **Journal of Essential Oil Research**, v. 35, n. 1, pág. 82–90, 2023.

11. BARBOSA, D. C. da Silva. Avaliação do potencial biológico do óleo essencial da casca do fruto de *Myrciaria floribunda* (H. West ex Willd.) O. Berg. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.
12. BARBOSA, V. B, Caracterização Físico-Química do óleo essencial de sete espécies de *Piper* e Revisão Bibliográfica sobre o Potencial Biopesticida dessas espécies. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, campus Belém curso de licenciatura em química. 2021.
13. BIZZO, H. R., Hovell, A. M. C., & Rezende, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, 32(3), 588–594. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>
14. Boletim Agroclimatológico / Instituto Nacional de Meteorologia. – v.57 n.05 – (2022) – Brasília: Inmet, 2022. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>
15. BRÚ, J.; GUZMAN, J. D. Folk medicine, phytochemistry and pharmacological application of *Piper marginatum*. **Revista brasileira de farmacognosia: órgão oficial da Sociedade Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 6, p. 767–779, 2016.
16. CAMARGO, R. G. DE. Variação sazonal e regional dos óleos essenciais de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae) [s.n] -Curitiba, 2018.
17. CHEN, J. et al. Repellency of callicarpenal and intermedeol against workers of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 2, p. 265–271, 2008.
18. COSTA, I. F. DE J. B. et al. Anti-mycobacterial and immunomodulatory activity of n-hexane fraction and spathulenol from *Ocotea notata* leaves. **Rodriguésia**, v. 72, 2021.

19. D'Angelo L.C.A, Xavier H.S, Torres L.M.B, Lapa A.J, Souccar C., *Phytomedicine* 1997, 4, 33.
20. DA SILVA, M. F. R. et al. Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (Piperaceae). **Experimental parasitology**, v. 165, p. 64–70, 2016.
21. DE LIMA S. R & LIMA A. R. Levantamento Bibliográfico do gênero *Piper* (Piperaceae) para uso médico. **EDUCamazônia**, v. 2, n. 2, p.155, Vol XIII. 2021
22. DU, Y.; LU, X. A phosphine-catalyzed [3+2] cycloaddition strategy leading to the first total synthesis of (-)-hinesol. **The Journal of organic chemistry**, v. 68, n. 16, p. 6463–6465, 2003.
23. EGGERSDORFER, M. Terpenes. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 15 jun. 2000.
24. ES AUTRAN, IA Neves, CSB Silva, GKN Santos, CAG Câmara e DMAF Navarro, Composição química, impedimento da oviposição e atividade larvívica contra *Aedes aegypti* de óleos essenciais de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresource Technology**, 100(7), 2284 – 2288 (2009).
25. FRISCHKORN, C. G.; FRISCHKORN, H. E.; CARRAZZONI, E. Cercaricidal activity of some essential oils of plants from Brazil. **The Science of Nature**, v. 65, n. 9, p. 480–483, 1978
26. GUIMARÃES, E.F., Carvalho-Silva, M., Medeiros, E.V.S.S., Monteiro, D., Queiroz, G.A. 2020. Piperaceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB190>).
27. GUIMARÃES, E.F.; Medeiros, E.V.S.S.; Queiroz, G.A. *Piper in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB12735>. Acesso em: 19 jun. 2023.

28. JACSON RONDINELLI DA SILVA NEGREIROS, D. P. M. Teor de dilapiol em função do tipo de biomassa aérea em populações de *Piper aduncum*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 73–79, 2013.
29. JIROVETZ, L. et al. Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid-phase microextraction–gas chromatography, solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry and olfactometry. **Journal of chromatography A**, v. 976, n. 1–2, p. 265–275, 2002.
30. KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A. Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 6, p. 676–687, 2016.
31. KRINSKI, D.; FOERSTER, LA; DESCHAMPS, C. Primeira descrição fitoquímica de óleos essenciais de *Piper cachimboense* (Piperales, Piperaceae). **Acta amazônica**, v. 48, n. 1, pág. 70–74, 2018.
32. LINSTROM, P. **NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database 69**. National Institute of Standards and Technology, , 19 ago. 1997. . Acesso em: 6 jun. 2023
33. LUIS et al. *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae): Phytochemical, therapeutic, botanical insecticidal and phytosanitary uses. **Pharmacologyonline**, v. 3, p. 136–145, 2015.
34. MACÊDO, C. G., Fonseca, M. Y. N., Caldeira, A. D., Castro, S. P., Pacienza-Lima, W., Borsodi, M. P. G., ... & Castro, K. C. F. Leishmanicidal activity of *Piper marginatum* Jacq. from Santarém-PA against *Leishmania amazonensis*. **Experimental parasitology**, 210, 107847. 2020.
35. MAIA, J. G. S., & ANDRADE, E. H. A. (2009). Database of the Amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, 32(3), 595–622.

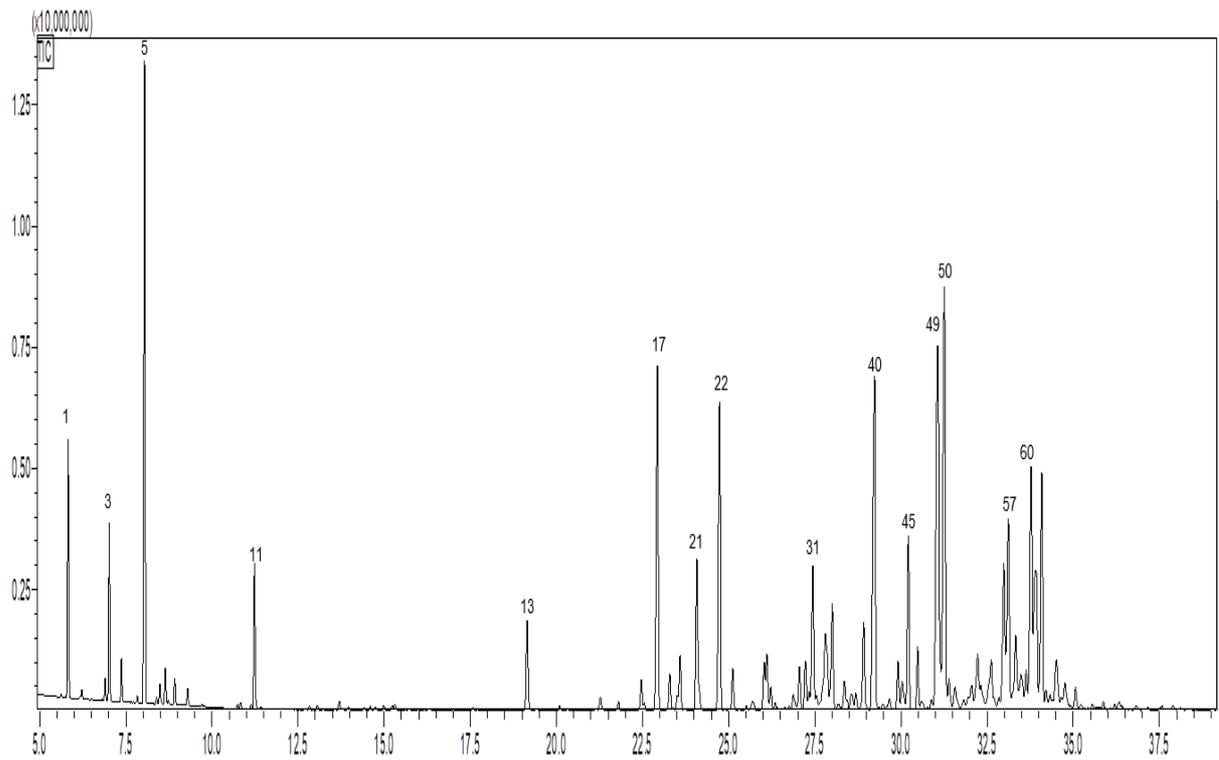
36. MAJOLO, C. et al. Essential oils from five Brazilian *Piper* species as antimicrobials against strains of *Aeromonas hydrophila*. **Journal of essential oil-bearing plants**, v. 22, n. 3, p. 746–761, 2019.
37. MM MORAES, TMG Silva, RR Silva, CS Ramos e CAG Câmara, Variação circadiana do óleo essencial de *Piper marginatum* Jacq. Boletim Latinoamericano Y Del Caribe de Plantas **Medicinales Y Aromáticas**, 13, 270 – 277 (2014).
38. MORAES, Jefferson Castilho. Atividade antiplasmódica in vitro dos óleos essenciais de folhas e galhos de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). Orientadora: Kelly Christina Ferreira. Coorientador: Waldiney Pires Moraes. 2018. 53f. Dissertação (Dissertação em Biociências) – Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.
39. MORAIS LAS. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira** 27: S4050- S4063. 2009.
40. MOREIRA DILL, L. S. Estudos fitoquímico dos constituintes voláteis e fixos de *Piper hispidum* SW. e avaliação in vitro da atividade leishmanicida e antiplasmodial. 2009. 136 f. Dissertação - Programa de Programa de Pós-Graduação em Biologia Experimental (PGBIOEXP), Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, 2009.
41. MASUDA, Y. et al. Hinesol, a compound isolated from the essential oils of *Atractylodes lancea* rhizome, inhibits cell growth and induces apoptosis in human leukemia HL-60 cells. **Journal of natural medicines**, v. 69, n. 3, p. 332–339, 2015.
42. NASCIMENTO, A.F., Camara, C.A.G. & F.S. Born. Atividade biológica de óleo essencial de folhas de duas espécies de *Piper* e composto safrol sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Submetido a Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2016.

43. OLIVEIRA, G. L. M. Davyson de L. Aretusa Daniela R. Mendes See More, Elsie F. Guimarães, Lourdes S. Figueiredo, Maria Auxiliadora C. Kaplan, Ernane R. Martins. **Revista Brasileira de Farmacognosia** v 23, n 5, p 743-753, 2013.
44. OLIVEIRA, M. Rodrigues DE. Atividade tripanocida, rendimento e composição química do óleo essencial de *Piper marginatum*. 2019. 29 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em Farmácia) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara-AM, 2019.
45. PEREIRA CARNEIRO, J. N. et al. *Piper diospyrifolium* Kunth.: Chemical analysis and antimicrobial (intrinsic and combined) activities. **Microb Pathog.** v. 136, 2019.
46. PERRUCCI, S., atividade acaricida de alguns óleos essenciais e seus constituintes contra *Tyrophagus longior*, um ácaro de alimentos armazenados. **Journal of Food Protection**, 58(5), 560–563 (1995). 10.4315/0362-028X-58.5. 560.
47. PINTO, R. A. Estudo biológico e biossintético com alvo nas amidas pirrolidínicas de *Piper arboreum* Aublet (Piperaceae). 2015. 151 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Química., 2015.
48. SALDIVAR, E. V. et al. Maize terpene synthase 8 (ZmTPS8) contributes to a complex blend of fungal-elicited antibiotics. **Plants**, v. 12, n. 5, 2023.
49. SALEHI, B. et al. *Piper* species: A comprehensive review on their phytochemistry, biological activities and applications. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 24, n. 7, p. 1364, 2019.
50. SARNAGLIA JUNIOR, V. B.; MARTINS BERMUDEZ, G. M.; GUIMARÃES, E. F. Diversidade de Piperaceae em um remanescente de Floresta Atlântica na região serrana do Espírito Santo, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, 2013.

51. SILVA-SANTOS, A.; Antunes, A. M. S.; Bizzo, H. R.; d'Avila, L. A.; **Rev. Bras. Pl. Med.** 2006, 8, 14.
52. THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society. Linnean Society of London**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016. Disponível em: <<https://powo.science.kew.org>> 2023.
53. THE BRAZIL FLORA GROUP et al. **Brazilian Flora 2020: Leveraging the power of a collaborative scientific network.** *Taxon*, v. 71, n. 1, p. 178–198, 2022.
54. VASCONCELOS, M. DE S. Avaliação da atividade farmacológica in vivo do óleo essencial da *Piper marginatum* (Piperaceae). **Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará**, Santarém, 2019.
55. VIDO, D. L. Resende. Comparação química e das atividades biológicas dos óleos essenciais de folhas de populações de *Hedyosmum brasilienses* Mart.ex Miq. Provenientes da Serra do Mar e Serra as Mantiqueira (Mata Atlântica) - São Paulo 2009

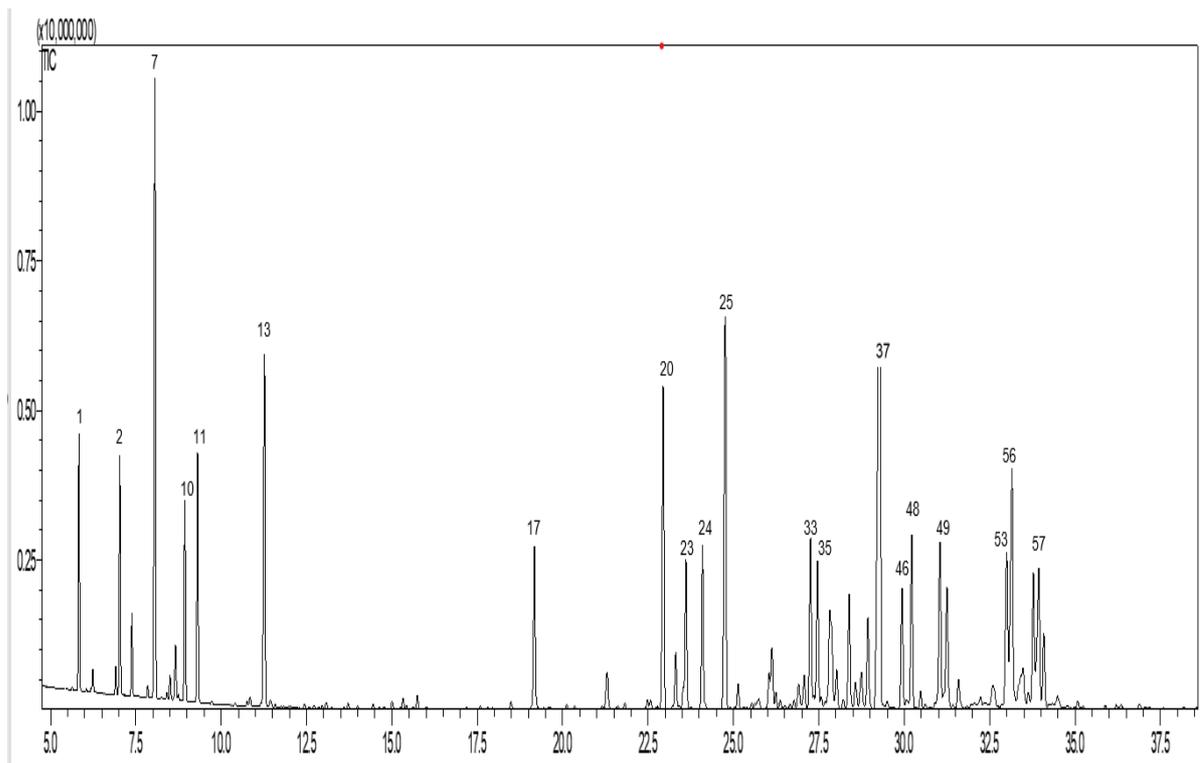
## 8. ANEXOS

**Anexo A1** - Cromatograma do OEs de *P. marginatum* (OESP)



Fonte: A autora (2023)

### Anexo A2 - Cromatograma do OEs de *P. marginatum* (OEIO)



Fonte: A autora (2023)





**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ**  
**REITORIA**  
**SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS**

**1. Identificação do autor**

Nome completo: Rafaela Caroline Moda dos Santos

CPF: 02935721276 RG: 7400164 Telefone: ( 93 ) 99116 - 8303

E-mail: [caroline.ruby16@gmail](mailto:caroline.ruby16@gmail.com)

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página de rosto? ( X ) Sim ( ) Não

**2. Identificação da obra**

( ) Monografia ( X ) TCC ( ) Dissertação ( ) Tese ( ) Artigo científico ( ) Outros: \_\_\_\_\_

Título da obra: AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE Piper marginatum (PIPERACEAE) EM DUAS LOCALIZAÇÕES DIFERENTES DA REGIÃO NORTE DO BRASIL

Programa/Curso de pós-graduação: Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas

Data da conclusão: \_\_19\_\_ / \_\_06\_\_ / \_\_2023\_\_.

Agência de fomento (quando houver): \_\_\_\_\_

Orientador: Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana

E-mail: [barbosadesantana@gmail.com](mailto:barbosadesantana@gmail.com)

Co-orientador: Dr. Leomara Andrade da Silva

E-mail: [andrade.biologia@hotmail.com](mailto:andrade.biologia@hotmail.com)

Examinadores: Prof. Dr. Advanio Inacio Siqueira Silva; Prof. Milena de Sousa Vasconcelos

**3. Informação de disponibilização do documento:**

O documento está sujeito a patentes? ( ) Sim ( X ) Não

Restrição para publicação: ( ) Total ( ) Parcial ( X ) Sem restrição

Justificativa de restrição total\*: \_\_\_\_\_

**4. Termo de autorização**

Autorizo a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a incluir o documento de minha autoria, acima identificado, em acesso aberto, no Portal da instituição, no Repositório Institucional da Ufopa, bem como em outros sistemas de disseminação da informação e do conhecimento, permitindo a utilização, direta ou indireta, e a sua reprodução integral ou parcial, desde que citado o autor original, nos termos do artigo 29 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, e da lei 12.527 de novembro de 2011, que trata da Lei de Acesso à Informação. Essa autorização é uma licença não exclusiva, concedida à Ufopa a título gratuito, por prazo indeterminado, válida para a obra em seu formato original.

Declaro possuir a titularidade dos direitos autorais sobre a obra e assumo total responsabilidade civil e

penal quanto ao conteúdo, citações, referências e outros elementos que fazem parte da obra. Estou ciente de que todos os que de alguma forma colaboram com a elaboração das partes ou da obra como um todo tiveram seus nomes devidamente citados e/ou referenciados, e que não há nenhum impedimento, restrição ou limitação para a plena validade, vigência e eficácia da autorização concedida.

Documento assinado digitalmente  
 RAFAELA CAROLINE MODA DOS SANTOS  
Data: 07/07/2023 14:01:47-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Santarém, 07 / 07 / 2023 \_\_\_\_\_

Assinatura do autor

-----  
**- 5. Tramitação no curso**

**Secretaria / Coordenação de curso**

Recebido em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_. Responsável: \_\_\_\_\_

Siape/Carimbo