

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - ICET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA
RECURSOS AMAZÔNICOS - PPGCTRA

MIDIÃ RODRIGUES DE OLIVEIRA

**ATIVIDADES ACARICIDA E ALELOPÁTICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Piper
tuberculatum* Jacq. e *Piper marginatum* L.**

ITACOATIARA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - ICET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA
RECURSOS AMAZÔNICOS - PPGCTRA

MIDIÃ RODRIGUES DE OLIVEIRA

**ATIVIDADES ACARICIDA E ALELOPÁTICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Piper
tuberculatum* Jacq. e *Piper marginatum* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em **Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos**, do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área: Desenvolvimento Científico para Recursos Amazônicos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Renata Takeara Hattori

Coorientador: Prof^o Dr. Anderson Cavalcante Guimarães

ITACOATIARA

2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O48a Oliveira, Midiã Rodrigues de
Atividades acaricida e alelopática de óleos essenciais de *Piper tuberculatum* Jacq. e *Piper marginatum* L. / Midiã Rodrigues de Oliveira. 2022
59 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Renata Takeara Hattori
Coorientador: Anderson Cavalcante Guimarães
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Acaricida. 2. Compostos voláteis. 3. Fitotoxicidade. 4. Piperaceae. I. Hattori, Renata Takeara. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos
Amazônicos

TERMO DE APROVAÇÃO

Midiã Rodrigues de Oliveira

Atividades acaricida e alelopática de óleos essenciais de *Piper tuberculatum* Jacq. e *Piper marginatum* L.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovada em 28.06.2022

Banca Examinadora

Profª. Dra. Renata Takeara Hattori (Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Wanderson Gonçalves Trindade

Prof. Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior



Documento assinado eletronicamente por **Renata Takeara Hattori, Professor do Magistério**

Superior, em 28/06/2022, às 09:27, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Valdir Florêncio da Veiga Junior, Usuário Externo**, em 28/06/2022, às 15:01, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wanderson Gonçalves Trindade, Professor do Magistério Superior**, em 30/06/2022, às 15:04, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1052024** e o código CRC **608A60A2**.

Rua Nossa Senhora do Rosário - Bairro Tiradentes nº 3863 - Telefone: (92) 992718661
CEP 69103-128, Itacoatiara/AM, ppgctra@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.020699/2022-75

*À memória de minha mãe, Miriam Rodrigues de
Oliveira, com eternas saudades.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me sustentado até aqui e ter me abençoado com tudo que precisei durante esse trajeto colocando, inclusive, anjos na minha vida.

O primeiro Anjo, minha mãe, Sra. Miriam Rodrigues de Oliveira, que infelizmente foi uma das muitas vítimas fatais da COVID-19. A ela devo a segunda grande parcela de gratidão pela vida, pelos ensinamentos que irei carregar para sempre assim como as memórias de nossos momentos juntas. Também agradeço a ela por cada palavra de incentivo e compreensão dos vários momentos em que me ausentei em prol da realização deste trabalho. A Sra. Miriam foi meu maior incentivo e inspiração para a docência, uma vez que serviu por anos da sua vida à educação do município de Itacoatiara.

Agradeço a meu pai, Sr. Antônio Rodrigues de Carvalho, por ter sido sempre esse guerreiro e não ter desistido de nós, nunca. Sempre trabalhou arduamente para que hoje, eu pudesse chegar aonde cheguei. A ele minha gratidão e meu reconhecimento. Pai, você é meu herói!

A todos os meus professores da graduação e pós-graduação em especial, minha orientadora, Renata Takeara e meu Coorientador, Anderson Cavalcante Guimarães. Meus dois grandes incentivos e inspirações para a pesquisa e docência na área de Produtos Naturais. Absolutamente tudo o que aprendi na Química de Produtos Naturais e redação científica, devo a esses dois ilustres mestres!

Ao Prof^o Dr. Geraldo José Nascimento de Vasconcelos e à Prof^a Dra. Maiara de Souza Nunes Ávila pela orientação na realização dos ensaios acaricida e alelopático assim como processamento dos resultados.

A toda a equipe do Laboratório de Farmácia: Grupo de Pesquisa em Produtos Naturais em especial Vanessa Farias dos Santos Ayres, por todo o apoio, incentivo, conselhos, ensinamentos e auxílios nos experimentos e escrita dos artigos. À Laenir Anjos da Silva e aos meninos dos PIBIC's: Cesar Queiroz, Mateus Feitosa e Anyele Ramos pela parceria e pelas aventuras nos momentos das coletas, desejo todo sucesso a vocês.

Agradeço a todos os meus amigos, dos quais a mais especial é Roosalyn Santos, que foi meu Anjo Guardião durante todos os momentos mais críticos desses últimos cinco anos, me dando

forças, valorosos conselhos, me auxiliando também nos experimentos em laboratório e escrita dos artigos.

Agradeço ao Prof^o Dr. Norberto Peporine Lopes e à Técnica Izabel Cristina Casanova Turatti da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP pelas análises em CG-EM.

Agradeço à Priscila Santos da Silva por ter me trazido à memória o principal motivo pelo qual eu deveria continuar essa jornada, quando me encontrei sem forças ao perder minha mãe. Esse motivo inspirou a epígrafe neste trabalho.

À FAPPEAM pelo apoio financeiro.



“Aonde cheguei ou aonde chegarei, tudo que sou ou tudo que vier a ser, só foi e será possível porque aprendi com você, mãe, a ser forte e determinada e nunca desistir até ter alcançado. Sou apenas o seu reflexo, no espelho e na vida.”

- Midiã Rodrigues.

RESUMO

A espécie *Piper marginatum* L. é conhecida popularmente como “caapeba-cheirosa” e utilizada para tratar doenças do fígado e vesícula, além de possuir propriedades antioxidante, ovicida e acaricida evidenciadas para seus óleos essenciais. *Piper tuberculatum* Jacq., por outro lado, é conhecida como “pimenta-longa”, sendo utilizada como antídoto para picadas de cobra, desordens estomacais e problemas respiratórios, além de possuir óleos essenciais com propriedades anti-*Leishmania*, os quais podem atuar também sobre pragas da agricultura. Este trabalho buscou avaliar o efeito acaricida, sobre *Suidasia pontifica* Oudemans 1905, e alelopático, sobre *Solanum lycopersicon* L. e *Lactuca sativa* L., dos óleos essenciais de folhas de *P. marginatum* e ramos de *P. tuberculatum*. Para isso, os óleos essenciais foram extraídos por hidrodestilação em aparelho de Clevenger e analisados por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM). A identificação de seus constituintes químicos foi realizada por cálculo de Índice Aritmético e por comparação dos espectros de massas obtidos por CG-EM com dados da literatura. O ensaio acaricida foi realizado utilizando metodologia de fumigação nas concentrações de 2, 4, 6, 8 e 10µL/L de ar durante 24, 48 e 72h. O ensaio de alelopatia foi realizado em câmara de germinação a 25 °C e 12 h de fotoperíodo, utilizando as concentrações de 0,1 e 1% de cada óleo essencial sobre vinte sementes de cada cultura (*S. lycopersicon* e *L. sativa*). Os resultados obtidos mostraram que os óleos essenciais de *P. marginatum* (PM) e *P. tuberculatum* (PT), ambos com rendimento de 0,16%, são constituídos principalmente por substâncias terpênicas. Assim, os monoterpenos δ -3-careno (10,5%) e *E*- β -ocimeno (10,0%) foram os compostos majoritários encontrados em PM, enquanto que os sesquiterpenos *E*-cariofileno (11,5%) e germacrona (13,2%) e o monoterpeno α -pineno (9,1%) foram majoritários em PT. Ambos os óleos essenciais apresentaram bom efeito fumigante sobre *S. pontifica*, em especial PM, que atingiu 100% de mortalidade na concentração de 10µL/L de ar, no tempo de 72h de exposição. Em relação ao efeito alelopático, ambos os óleos essenciais influenciaram na germinação e no desenvolvimento de *S. lycopersicon* e *L. sativa*, com destaque para PM aplicada a 1%, que foi capaz de provocar a morte das sementes. Esses resultados podem servir de base para estudos futuros visando o desenvolvimento de produtos com aplicação na agricultura, tais como herbicidas e fumigantes de origem natural.

Palavras-chave: Acaricida; Compostos voláteis; Fitototoxicidade; Piperaceae.

ABSTRACT

The species *Piper marginatum* L. is popularly known as "caapeba-cheirosa" and is used to treat liver and gallbladder diseases, besides having antioxidant, ovicidal, and acaricidal properties evidenced by its essential oils. *Piper tuberculatum* Jacq., on the other hand, is known as "long pepper" and has been used as an antidote for snake bites, stomach disorders, and respiratory problems, in addition to having essential oils with anti-Leishmania properties, which can also act on agricultural pests. This work sought to evaluate the acaricidal effect on *Suidasia pontifica* Oudemans 1905 and the allelopathic effect on *Solanum lycopersicon* L. and *Lactuca sativa* L., of the essential oils of leaves of *P. marginatum* and branches of *P. tuberculatum*. For this purpose, the essential oils were extracted by hydrodistillation in a Clevenger apparatus and analyzed by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS). For this, the essential oils were extracted by hydrodistillation in a Clevenger apparatus and analyzed by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS). The identification of its chemical constituents was performed by calculating the Arithmetic Index and by comparing the mass spectra obtained by GC-MS with data from the literature. The acaricidal assay, was performed using fumigation methodology at concentrations of 2, 4, 6, 8, and 10 μ L/L of air for 24, 48, and 72h. The allelopathy assay was conducted in a germination chamber at 25 °C and 12 h of photoperiod, using concentrations of 0.1 and 1% of each essential oil on twenty seeds of each culture (*S. lycopersicon* and *L. sativa*). The results showed that the essential oils of *P. marginatum* (PM) and *P. tuberculatum* (PT), both with a yield of 0.16%, are mainly composed of terpenic substances. Therefore, the monoterpenes δ -3-carene (10.5%) and *E*- β -ocimene (10.0%) were the majority compounds found in PM, while the sesquiterpenes *E*-caryophyllene (11.5%) and germacrene (13.2%) and the α -pinene monoterpene (9.1%) were the majority in PT. Both essential oils showed a good fumigant effect on *S. pontifica*, especially PM, which reached 100% mortality at a concentration of 10 μ L/L of air within 72h of exposure. Regarding the allelopathic effect, both essential oils influenced the germination and development of *S. lycopersicon* and *L. sativa*, with emphasis on PM applied at 1%, which was able to cause seed death. These results can serve as a basis for future studies aimed at the development of products with application in agriculture, such as herbicides and fumigants of natural origin.

Keywords: Acaricide; Volatile compounds; Phytotoxicity; Piperaceae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Piper marginatum</i> em sítio de coleta.	23
Figura 2. <i>Piper tuberculatum</i> em sítio de coleta.....	23
Figura 3. Hidrodestilação em aparelho de Clevenger.	23
Figura 4. Equipamento CG-EM da FCF Ribeirão Preto-SP.	24
Figura 5. Ensaio de fumigação de PT para 48h.	25
Figura 6. Cromatograma do óleo essencial de PM obtido por CG-EM.....	28
Figura 7. Cromatograma do óleo essencial de PT obtido por CG-EM.....	28
Figura 8. Estruturas químicas dos compostos majoritários encontrados em PM.	32
Figura 9. Estruturas químicas dos compostos majoritários encontrados em PT.	32
Figura 10. Imagens mostrando o efeito alelopático exibido pelo óleo essencial de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular de sementes de tomate.	38
Figura 11. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre a porcentagem de germinação de sementes de tomate.	39
Figura 12. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de tomate.	40
Figura 13. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Comprimento Radicular (CR) de sementes de tomate.....	40
Figura 14. Imagens mostrando o efeito alelopático exibido pelo óleo essencial de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular de sementes de alface.	42
Figura 15. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais PM e PT sobre a porcentagem de germinação de sementes de alface.....	43
Figura 16. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de alface.....	44
Figura 17. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Comprimento Radicular (CR) de sementes de tomate.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Substâncias identificadas por CG-EM nos óleos essenciais de PM e PT.....	31
Tabela 2. Mortalidade corrigida (média ± desvio padrão) de <i>S. pontifica</i> em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações do óleo essencial de <i>P. marginatum</i> aplicado por fumigação.	34
Tabela 3. Mortalidade corrigida (média ± desvio padrão) de <i>S. pontifica</i> em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações do óleo essencial de <i>P. tuberculatum</i> aplicado por fumigação.	35
Tabela 4. Inclinações das linhas de respostas (± desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de uma população de <i>S. pontifica</i> ao óleo essencial de <i>P. marginatum</i>	36
Tabela 5. Inclinações das linhas de respostas (± desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de uma população de <i>S. pontifica</i> ao óleo essencial de <i>P. tuberculatum</i>	36
Tabela 6. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais PM e PT na germinação e no comprimento radicular das plântulas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).	39
Tabela 7. Resultados da análise de variância (ANOVA) para PM e PT sobre a % germinação, IVG, TMG, VG e comprimento radicular das plântulas (CR) de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	39
Tabela 8. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular das plântulas de alface (<i>Lactuca sativa</i>).	42
Tabela 9. Resultados da análise de variância (ANOVA) para PM e PT sobre a % germinação, IVG, TMG, VG e comprimento radicular das plântulas de alface (<i>Lactuca sativa</i>).	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

CG-EM – Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas

CL₂₅ – Concentração letal para 25% da população

CL₅₀ – Concentração Letal para 50% da população

CR – Comprimento Médio da Raiz primária

DP – Desvio Padrão

FCFRP – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto

%G – Porcentagem de Germinação

GL – Graus de Liberdade

HUAM – Herbário da Universidade Federal do Amazonas

IA – Índice Aritmético

IR – Índice de Retenção

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

PM – *Piper marginatum*

PT – *Piper tuberculatum*

RPM – Rotações por minuto

TMG – Tempo Médio de Germinação

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

UFRPE – Universidade Federal de Pernambuco

USP – Universidade de São Paulo

UV - Ultravioleta

VG - Velocidade média de Germinação

V/M – Razão volume massa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Óleos essenciais.....	17
2.2 Família Piperaceae	18
2.3 O gênero <i>Piper</i>	18
2.4 A espécie <i>Piper marginatum</i>	19
2.5 A espécie <i>Piper tuberculatum</i>	20
2.6 Pragas de grãos armazenados	20
2.7 Alelopatia.....	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo Geral.....	22
3.2 Objetivos Específicos	22
4. METODOLOGIA	22
4.1 Coleta do vegetal	22
4.2 Extração dos óleos essenciais.....	23
4.3 Identificação dos componentes químicos dos óleos essenciais	23
4.4 Teste de atividade acaricida	24
4.4.1 Criação de <i>Suidasia pontifica</i> Oudemans, 1905.....	24
4.4.2 Teste de Fumigação	25
4.4.3 Tratamento estatístico do ensaio fumigante	26
4.5 Ensaio de atividade alelopática	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Rendimentos dos óleos essenciais	27
5.2 Determinação da composição química dos óleos essenciais por CG-EM	27
5.3 Ensaio de atividade acaricida	33
5.3.1 Mortalidade (%) do óleo essencial de <i>P. marginatum</i> e <i>P. tuberculatum</i> sobre <i>S. pontifica</i>	33
5.3.2 Concentração Letal dos óleos essenciais de <i>Piper marginatum</i> e <i>P. tuberculatum</i> frente a <i>S. pontifica</i>	35
5.4 Ensaio de germinação e crescimento de tomate (<i>Solanum lycopersicon</i>).....	37
5.5 Ensaio de germinação e crescimento de alface (<i>Lactuca sativa</i>)	40
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

A Região Amazônica é uma rica fonte de plantas utilizadas há tempos pelos povos tradicionais para o tratamento de diversas doenças (SAWYER et al., 2015; ARAÚJO et al., 2015). Muitas dessas plantas produzem substâncias que as protegem contra predadores, insetos e fatores climatológicos, além de impedir que outras espécies vegetais se desenvolvam ao seu redor e possam competir por água e nutrientes (PINTO et al., 2002). Esses metabólitos secundários podem estar presentes sob as formas de compostos voláteis, como é o caso dos óleos essenciais (VIZZOTTO et al., 2010). Ao investigar os óleos essenciais em laboratório, muitos estudiosos descobriram outras aplicações e atividades biológicas tais como larvicida, anticolinesterase (VORIS et al., 2018; SILVA et al., 2021), antiparasitária (VILLAMIZAR et al., 2017), acaricida (ASSIS et al., 2011) e antimicrobiana (CHANPRAPAI & CHAVASIRI, 2017). Muitas espécies da família Piperaceae são produtoras de óleos essenciais. Essa família abrange cinco gêneros, dentre os quais se encontra o gênero *Piper* (SAMAIN, 2010), que abriga muitas espécies objetos de estudo por demonstrar atividades biológicas tais como: antimicrobiana (PASCOLI et al., 2018; ALMEIDA et al., 2018) e antiparasitária (REGASINI et al., 2009a).

Piper marginatum L., comumente chamada de “caapeba-cheirosa” ou “malvaíscó” é reconhecida por suas folhas cordiformes. Essa é uma das espécies do gênero *Piper* com o maior número de atividades biológicas relatadas na literatura, dentre as quais estão as atividades antifúngica, antitumoral e inseticida. Essa espécie possui uma grande riqueza de fenilpropanoides como (*E*)-asarona e (*Z*)-asarona em seus óleos essenciais (SEQUEDA-CASTAÑEDA et al., 2015; BRÚ & GUZMAN, 2016). Por outro lado, *Piper tuberculatum* Jacq. é popularmente chamada de “pimenta de macaco” e utilizada como antídoto para picada de cobra, além de possuir atividade contra parasitas causadores da leishmaniose e Doença de Chagas (SALES et al., 2018), e atuar no combate a pragas da agricultura (SOUSA et al., 2011). O óleo essencial de *P. tuberculatum* é predominantemente composto por monoterpenos como α -pineno (26,54%) e β -pineno (27,74%) (SALES et al., 2018).

As pragas de grãos armazenados em especial os ácaros, podem provocar destruição da capacidade germinativa dos grãos e consumo da biomassa, culminando com alterações de cor e odor nos grãos (ANNIS, 2016). O ácaro *Suidasia pontifica* Oudemans 1905 faz parte do grupo de ácaros que se alimenta diretamente do trigo e outros grãos, e está entre as principais pragas encontradas nos estabelecimentos e armazéns no Brasil (SOUSA et al., 2005). As

pragas de grãos armazenados têm se tornado cada vez mais resistentes aos pesticidas convencionais (JAGADEESAN & NAYAK, 2017) que, por sua vez, são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente (ANNIS, 2016), o que leva à busca por alternativas naturais menos agressivas e de baixo custo (RIBEIRO, L. et al., 2016). Plantas aromáticas e seus óleos essenciais têm demonstrado enorme potencial frente à pragas de grãos armazenados (PACHECO et al., 2016), especialmente os óleos essenciais de espécies de *Piper* (ASSIS et al., 2011; RIBEIRO, N. et al., 2016; ESTRELA et al., 2006).

As ervas daninhas provocam perdas de aproximadamente 34% de toda a produção mundial, superando as perdas provocadas por outras pragas da lavoura (JABRAN et al., 2015). Isso faz com que sejam necessárias doses elevadas de herbicidas sintéticos para controlar o parasitismo por erva daninha na plantação, resultando em alta onerosidade, além de prejuízo para o meio ambiente e saúde do consumidor final (ALBUQUERQUE et al., 2011). No entanto, evidências apontam que a utilização de substratos compostos por matéria vegetal morta de plantas aromáticas, bem como de seus óleos essenciais, pode diminuir os efeitos negativos causados pelas ervas daninhas nas colheitas, através de difusão de aleloquímicos no solo e ar (JABRAN et al., 2015; JUGRRET et al., 2020). Além disso, óleos essenciais obtidos de plantas possuem alta seletividade para os organismos alvo e baixa ou nenhuma toxicidade para o meio ambiente e organismos não alvo (ISMAN, 2006).

Diante do exposto, este trabalho busca avaliar a composição química e o efeito que os óleos essenciais de duas espécies medicinais de *Piper* possuem, sobre a sobrevivência do ácaro *Suidasia pontifica*. Além disso, também buscou-se avaliar o efeito alelopático desses óleos essenciais sobre a germinação e desenvolvimento radicular de sementes das espécies vegetais *Lactuca sativa* L. (alface) e *Solanum lycopersicon* L. (tomate). Os resultados obtidos neste trabalho poderão contribuir para o desenvolvimento de alternativas naturais aos fumigantes e herbicidas convencionais, diminuindo assim, custos de produção e efeitos nocivos ao ambiente e saúde do consumidor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são produtos provenientes do metabolismo secundário das plantas, podendo ser obtidos por meio de processos de destilação por arraste a vapor, destilação a pressão reduzida ou outro método que seja adequado. Os óleos essenciais podem ser encontrados sob a forma de misturas, isolados, retificados, desterpenados ou concentrados

(BRASIL, 2007). A composição química dos óleos essenciais pode variar de planta para planta, região para região e estações do ano, além de estar ligado a fatores como sazonalidade, temperatura e disponibilidade hídrica (GOBBO-NETO & LOPES, 2007). Devido à complexidade e a enorme diversidade das substâncias presentes nesse produto natural, levaram-se anos para aprender sobre a sua composição química que, geralmente, consiste em mono e sesquiterpenos, fenilpropanoides e outros compostos voláteis. As substâncias pertencentes a essas classes têm sido amplamente estudadas para diversas aplicações (FRANZ, 2010).

As plantas aromáticas e seus óleos essenciais têm sido usados desde tempos remotos para diversos propósitos como saborizar e preservar alimentos e bebidas, controle sanitário e comunicação entre os indivíduos (FRANZ, 2010). Além dos usos tradicionais, muitas propriedades têm sido relatadas e atribuídas aos óleos essenciais, entre elas podemos citar: atividade antifúngica (MARTINAZZO et al., 2019); antiparasitária (GHAZOUANI et al., 2017); antibacteriana (SALAZAR et al., 2018), inseticida (SANTANA et al., 2019) e herbicida (NIGEGBA et al., 2022). Portanto, as pesquisas sobre esse produto natural são de grande relevância para a comunidade científica e benefício da sociedade em geral.

2.2 Família Piperaceae

A família Piperaceae abrange cinco gêneros, sendo eles *Verhuellia*, *Zippelia*, *Manekia*, *Piper* e *Peperomia* e aproximadamente 2.000 espécies (SAMAIN, 2010). Somente na Região Amazônica podem ser encontradas 140-300 espécies de indivíduos dessa família (ANDRADE et al., 2009). Para distinguir as espécies da família Piperaceae de outras famílias, toma-se por base as características de suas inflorescências que estão arranjadas em espigas ou cachos axilares, terminais ou opostas às folhas da planta (CARVALHO-SILVA et al., 2013). Os óleos essenciais extraídos de espécies amazônicas de Piperaceae são predominantemente constituídos por sesquiterpenos e em menor quantidade, de monoterpenos (ARAÚJO et al., 2018). Em algumas espécies da família, os fenilpropanoides aparecem como constituintes majoritários de óleos essenciais com atividade fungicida (ZACARONI et al., 2009), anti-helmíntica (SANTOS et al., 2018; GAÍNZA et al., 2016) e amebicida (SAUTER et al., 2012).

2.3 O gênero *Piper*

As espécies do gênero *Piper* são caracterizadas por terem as partes florais pequenas, e por isso são identificadas através da morfologia externa das folhas. A maioria das espécies tem a epiderme do limbo constituída por células retangulares e arredondadas,

hipoestomatosas, com a presença de células secretoras, lipídeos, compostos fenólicos e amido (GOGOSZ et al., 2012). Muitas dessas espécies são utilizadas na medicina popular para tratar problemas estomacais (VEIGA & SCUDELLER, 2015), convulsão, reumatismo, diabetes, como diurético, vermífugo e para tratar dores e inflamações (OYEMITAN, 2017), sendo utilizadas também na culinária como flavorizantes (SILVA-SANTOS et al., 2006).

Dentre as atividades biológicas evidenciadas para o gênero *Piper* estão: atividades anti-inflamatória (BRANQUINHO et al., 2017), antimicrobiana (MAJOLO et al., 2019), antioxidante (BAY-HURTADO et al., 2016), esquistossomicida (GONÇALVES et al., 2019) e acaricida (RIBEIRO, N. et al., 2016; ASSIS et al., 2011). Além do mais, diversas outras propriedades biológicas, tais como larvicida e anticolinesterásica, já foram relatadas para óleos essenciais obtidos de espécies amazônicas de *Piper* (OLIVEIRA et al., 2021). Tais atividades podem estar associadas ao efeito isolado ou sinérgico dos monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides presentes em seus óleos essenciais (ARAÚJO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2021).

2.4 A espécie *Piper marginatum*

A espécie *P. marginatum* possui como características marcantes folhas em formato de coração e inflorescências em forma de espigas alongadas (BRÚ, 2016). Na Amazônia, informações etnobotânicas mostram que as folhas de *P. marginatum* são usadas sob a forma de chá para tratar doenças do fígado e vesícula, além de ser tônica, carminativa, ter ação antiespasmódica e cercaricida. Estudos anteriores demonstraram que o óleo essencial extraído das folhas dessa espécie contém monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides como constituintes principais (ANDRADE, 2009) os quais podem ser os responsáveis por sua atividade antioxidante (BAY-HURTADO et al, 2016), inseticida (SEQUEDA-CASTAÑEDA et al, 2015) e ovicida (KRINSKI et al, 2018). Em folhas de *Piper marginatum* coletadas de um fragmento da Floresta Atlântica localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), os fenilpropanoides (*Z*)-asarona e (*E*)-asarona são encontrados em maior quantidade (MORAES, 2014).

Ribeiro, N. et al. (2016) avaliaram o potencial acaricida de óleos essenciais obtidos das folhas, caules e inflorescências de *P. marginatum* e verificaram que estes dois últimos são promissores agentes no controle do ácaro *Tetranychus urticae*. Assis et al. (2011) estudaram o óleo essencial de *P. marginatum* coletada no Nordeste, o qual não demonstrou atividade significativa sobre *Suidasia pontifica*. Dessa forma, faz-se necessário estudar também a mesma

atividade na espécie coletada no Amazonas para fins de comparação de resultados, já que a composição química do óleo essencial pode variar de acordo com o local de coleta.

2.5 A espécie *Piper tuberculatum*

Piper tuberculatum, outra espécie de grande importância medicinal, é popularmente conhecida como “pimenta de macaco” ou “pimenta longa”, sendo tradicionalmente utilizada como antídoto para picadas de cobra, distúrbios estomacais e problemas respiratórios (SALES et al., 2018). Essa espécie é nativa da Amazônia e apresenta porte arbustivo, folhas em formato oval, lanceoladas e caule em formato cilíndrico, rugoso e com coloração marrom (RITO et al., 2021).

P. tuberculatum possui diversas atividades biológicas relatadas na literatura, destacando-se sua ação frente aos parasitas causadores da leishmaniose e Doença de Chagas (SALES et al., 2018). Além disso, o óleo essencial extraído de sementes da planta exibiu atividade antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis* (SILVA et al., 2019). Outras atividades biológicas apresentadas por essa espécie vegetal incluem sua resistência contra fungos que acometem a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) (PEREIRA et al., 2019), *Candida* spp. e *Cryptococcus neoformans* (REGASINI et al., 2009b), além da capacidade de combater pragas da agricultura (SOUSA et al., 2011; CELESTINO et al., 2016; CASTRO et al., 2008). Segundo Facundo et al. (2008), o óleo essencial extraído dos caules de *P. tuberculatum* apresenta dois sesquiterpenos como constituintes majoritários, a saber: óxido de cariofileno (26,6%) e (*E*)-cariofileno (17,7%).

2.6 Pragas de grãos armazenados

As pragas de grãos armazenados estão presentes desde a colheita até o processamento e armazenamento desses produtos (CHITRA & SUBRAMANIAN, 2016). A espécie *Suidasia pontifica* Oudemans 1905 aparece entre os ácaros mais frequentemente encontrados em armazéns por todo o Brasil (SOUSA et al., 2005), se alimentando principalmente do trigo (FLECHTMANN, 1986). Espécies de ácaros como essa podem comprometer a capacidade germinativa e consumir a biomassa dos grãos, resultando em perdas econômicas (ANNIS, 2016). Além disso, os ácaros de grãos armazenados disseminam bactérias e fungos toxinogênicos (HUBERT et al., 2018) e podem causar reações alérgicas aos consumidores (GELLER et al., 2009).

Existem estimativas de que, das mais de 70 milhões de toneladas de grãos produzidos anualmente no Brasil, cerca de 10% são perdidos devido a pragas de grãos armazenados

(LORINI et al., 1998). Entre os prejuízos que podem ser causados por essas pragas estão: a destruição da capacidade germinativa dos grãos e consumo da biomassa, culminando com alterações de cor e odor nos grãos (ANNIS, 2016). Geralmente, a aplicação de pesticidas e a melhoria das condições de limpeza dos armazéns contribuem para a diminuição das infestações (TREMATERRA et al., 2004). No entanto, os ácaros e outras pragas de grãos armazenados têm se tornado cada vez mais resistentes aos tratamentos químicos convencionais (LORINI et al., 1998; JAGADEESAN & NAYAK, 2017).

O uso de inseticidas produzidos à base de plantas possui diversas vantagens frente aos agrotóxicos convencionais, uma vez que sofrem rápida degradação por fatores como a luz solar, chuva ou umidade, diminuindo riscos de as pragas desenvolverem resistência. Isto permite que sua aplicação seja feita um pouco antes da colheita do alimento, por possuir baixo ou nenhum resíduo, diminuindo risco de intoxicação aos consumidores. Além disso, os inseticidas botânicos têm ação quase imediata sobre a alimentação dos insetos, provocando morte gradual por esse e outros mecanismos. Esse tipo de inseticida não representa toxicidade para as plantas, quando usado nas dosagens recomendadas. Ademais, os inseticidas botânicos possuem como principal vantagem a possibilidade de produção na própria propriedade rural (AGUIAR-MENEZES, 2005).

2.7 Alelopatia

Alelopatia é definida como a inibição do desenvolvimento de uma espécie vegetal por substâncias produzidas pelas raízes, caules ou folhas de outra espécie. Isso significa que algumas plantas produzem e liberam substâncias tóxicas à sobrevivência de outros organismos que possam competir por água, luz e nutrientes e ameaçar o seu desenvolvimento (KAMAL, 2020). Esse princípio tem sido muito explorado para pesquisar e desenvolver herbicidas alternativos mais econômicos, ambientalmente corretos e com pouco ou nenhum efeito nocivo à saúde humana (ALBUQUERQUE et al., 2011; ISLAM et al., 2018; NIGEGBA et al., 2022). *Lactuca sativa* L. apresenta crescimento rápido e por isso está entre as principais espécies utilizadas por pesquisadores brasileiros para esse tipo de estudo, os quais também têm demonstrado interesse crescente sobre o tema de alelopatia (REIGOSA et al., 2013).

As ervas daninhas são as principais plantas parasitas capazes de afetar colheitas inteiras, interferindo no seu crescimento e desenvolvimento. As ervas daninhas provocam perdas de aproximadamente 34% de toda a produção agrícola mundial, superando as perdas provocadas

por outras pragas da lavoura. Evidências científicas apontam que a utilização de coberturas de plantas com potencial alelopático junto com cobertura vegetal morta, pode diminuir os efeitos negativos causados pelas ervas daninhas nas colheitas, através de difusão de aleloquímicos no solo (JABRAN et al., 2015). Além disso, plantas aromáticas podem difundir compostos voláteis no ar e assim, inibir o desenvolvimento de outras plantas em seu redor (JUGREET et al., 2020; SEKINE et al., 2020). Dentre as espécies produtoras de óleos essenciais com propriedades alelopáticas, encontram-se muitas espécies do gênero *Piper* (SOUZA-FILHO et al., 2009; TAKEARA et al., 2017; ANDRIANA et al., 2019; MARTINS et al., 2021).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar rendimento, composição química e atividades acaricida e alelopática do óleo essencial das folhas de *Piper marginatum* e ramos de *Piper tuberculatum*.

3.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar quimicamente as substâncias dos óleos essenciais por CG-EM (Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas);
2. Analisar o potencial acaricida dos óleos essenciais das folhas de *P. marginatum* e ramos de *Piper tuberculatum* sobre o ácaro *Suidasia pontifica*;
3. Avaliar a o efeito alelopático do óleo essencial das folhas de *Piper marginatum* e ramos de *Piper tuberculatum* na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* (alface) e *Solanum lycopersicon* (tomate);

4. METODOLOGIA

4.1 Coleta do vegetal

Folhas de *P. marginatum* (PM) e ramos de *Piper tuberculatum* (PT) foram coletados em dezembro de 2018 e junho de 2021, respectivamente, no campus do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia de Itacoatiara (ICET/UFAM), para extração de óleos essenciais (Figuras 1 e 2). Ambas coletas foram realizadas no período da manhã. As espécies foram identificadas pelo Prof^o Dr. Ari de Freitas Hidalgo, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). As exsiccatas das espécies foram depositadas no Herbário da Universidade Federal do Amazonas (HUAM), sob os números de tombo 8226 (*P. marginatum*) e 11654 (*P. tuberculatum*).



Figura 1. *Piper marginatum* em sítio de coleta.
Fonte: O AUTOR, 2021.



Figura 2. *Piper tuberculatum* em sítio de coleta.
Fonte: O AUTOR, 2021.

4.2 Extração dos óleos essenciais

Os óleos essenciais das plantas foram obtidos por hidrodestilação do material fresco em aparelho de Clevenger durante 6 horas (Figura 3). Em seguida, foram centrifugados por 10 minutos a 3500 rpm para separação e retirada da água. Os óleos essenciais obtidos foram mantidos em frascos âmbar tampados sob refrigeração até o momento em que foram analisados. Os rendimentos dos óleos essenciais obtidos foram calculados baseados no peso das folhas (v/m).



Figura 3. Hidrodestilação em aparelho de Clevenger.
Fonte: O AUTOR, 2018.

4.3 Identificação dos componentes químicos dos óleos essenciais

Os óleos extraídos foram submetidos à análise em CG-EM em equipamento SHIMADZU acoplado a um espectrômetro de massas SHIMADZU QP2010 (Figura 4). Para cromatografia dos componentes foi empregada coluna DB-5MS, com 30 m x 0,25 mm, espessura do filme interno de 0,25 μm . A identificação dos constituintes foi realizada por interpretação de seus respectivos espectros de massas, cálculo do Índice Aritmético (IA) e por comparação com dados da literatura (ADAMS, 2007). Para a realização dessas análises, foi

utilizado equipamento da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto-USP (FCFRP-USP). A fórmula utilizada para o índice aritmético da amostra está descrita abaixo:

Índice Aritmético

$$IA_x = 100n + 100 \times \frac{(t_x - t_n)}{(t_{n+1} - t_n)}$$

Onde,

IA_x = índice aritmético

t_x = tempo de retenção da substância analisada

t_n = tempo de retenção do hidrocarboneto padrão de menor cadeia que elui antes da substância analisada

t_{n+1} = tempo de retenção do hidrocarboneto padrão de maior cadeia que elui depois da substância analisada

n = número de átomos de carbono do padrão de menor cadeia que elui antes da substância analisada



Figura 4. Equipamento CG-EM da FCF Ribeirão Preto-SP.

Fonte: GONÇALVES, 2015.

4.4 Teste de atividade acaricida

4.4.1 Criação de *Suidasia pontifica* Oudemans, 1905

A criação de *S. pontifica* foi iniciada com indivíduos coletados de farinha de trigo adquirida em supermercados da região. Estes ácaros foram transferidos para unidades semelhantes às mencionadas por Freire et al. (2007), consistindo de recipientes plásticos cilíndricos de 500 mL, com 5 perfurações cilíndricas (2 cm de diâmetro) para ventilação, vedadas por um tecido de 0,2 mm de malha; 4 perfurações foram igualmente espaçadas e localizadas próximas à borda superior da unidade e uma estava localizada no centro da tampa. Em seguida, foram colocados cerca de 150 g de farinha de trigo para servir de fonte de

alimento para aqueles ácaros. Quinzenalmente, o alimento em cada unidade de criação foi renovado.

4.4.2 Teste de Fumigação

A metodologia para avaliar a ação fumigante dos óleos essenciais sobre os ácaros foi adaptada de Aslan et al. (2004). Recipientes de vidro com capacidade de 2,5 L foram usados como câmaras de fumigação (Figura 5). Para o teste com *S. pontifica*, em cada câmara foram acondicionadas três unidades experimentais constituídas por caixas de acrílico (2,6 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura). Dentro de cada caixa foi colocada uma porção de farinha de trigo e 30 fêmeas adultas de *S. pontifica*. A extremidade superior de cada unidade foi fechada com uma tampa contendo um orifício no centro (1 cm de diâmetro) onde foi colado uma malha (Tule) de 0,2 mm, para permitir a troca de ar da unidade experimental com a câmara de fumigação e para impedir a fuga dos ácaros.

Os óleos essenciais foram aplicados, com auxílio de pipeta automática, em tiras de papéis de filtro (5x2 cm) presas à superfície inferior da tampa dos recipientes. As doses aplicadas foram de 5, 10, 15, 20 e 25 µl de cada óleo essencial, o que corresponde a concentrações de 2, 4, 6, 8 e 10 µL/L de ar, respectivamente. Os frascos selecionados como testemunhas, receberam somente a farinha de trigo e as 30 fêmeas de ácaros. O período de exposição para cada concentração de óleo essencial avaliado foi de 24, 48 e 72 horas. Para cada concentração e tempo de exposição testados foram utilizadas três câmaras de fumigação. Foram considerados mortos os ácaros que não apresentaram nenhum movimento após um leve toque com pincel redondo nº 0, limpo.



Figura 5. Ensaio de fumigação de PT para 48h.
Fonte: O AUTOR, 2021.

4.4.3 Tratamento estatístico do ensaio fumigante

Para cada óleo foi calculada a mortalidade corrigida em função da mortalidade natural da população da testemunha, determinada através do tratamento controle. O valor da mortalidade corrigida para cada tratamento foi determinado como sugerido por Abbott (1925), pela fórmula: $Mortalidade\ corrigida = [(percentual\ de\ mortalidade\ no\ tratamento - percentual\ de\ mortalidade\ no\ controle) / (100 - percentual\ de\ mortalidade\ no\ controle)] * 100$. O delineamento inteiramente casualizado foi adotado. O efeito foi estimado através da determinação das médias da mortalidade corrigida, as quais foram submetidas à ANOVA. Quando o valor F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando a água como tratamento padrão.

Para determinar a melhor concentração foram utilizados os dados obtidos no teste anterior, quando a mortalidade média foi maior ou igual a 50%, com as diferentes concentrações de cada amostra. A $CL_{25\%}$ e $CL_{50\%}$ foram determinadas pelo método de análise de Probit (FINNEY, 1971), utilizando o Software R. Os intervalos de confiança, a 95% de probabilidade, associados a cada $CL_{25\%}$ e $CL_{50\%}$, foram calculados e utilizados para comparação entre estas.

4.5 Ensaio de atividade alelopática

Os óleos essenciais de PM e PT foram emulsionados com tensoativo (Tween 80), na proporção 1:1 e a partir dessa emulsão foram obtidas soluções nas concentrações 0,1 e 1% (v/v). Foram utilizados dois tratamentos controle, um apenas com água destilada e outro contendo uma solução do tensoativo a 1% (v/v). Foram utilizados quatro tratamentos em delineamento inteiramente casualizado, aplicado em duas espécies, *Lactuca sativa* L. (alface) e *Solanum lycopersicon* L. (tomate) e quatro repetições. Os bioensaios foram conduzidos em câmara de germinação a 25 °C e 12 h de fotoperíodo para acondicionamento das placas de Petri contendo 2 folhas de papel germitest, que receberam água destilada para a semeadura das espécies (FERREIRA & AQUILA 2000). Adicionalmente, foram colocados na tampa das placas, duas folhas de papel germitest para a aplicação dos tratamentos. Foram realizadas avaliações diárias até que a germinação cessasse por 3 dias consecutivos. Os resultados foram expressos conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram a protrusão da radícula de, no mínimo, 2 mm de comprimento (MIRANDA et al., 2015). As variáveis mensuradas foram: porcentagem de germinação (%G), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VG), o vigor pelo índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento

médio da raiz primária (CMR), por meio de suas respectivas fórmulas matemáticas (MAGUIRE 1962; LABOURIAU; VALADARES 1976). Os dados foram submetidos à normalidade e testes de erros de homogeneidade e, em seguida à análise de variância (ANOVA) e as médias resultantes foram comparadas entre si aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimentos dos óleos essenciais

O óleo essencial de PM apresentou coloração amarela, forte aroma e rendimento de 0,16%. Esse resultado é inferior quando comparado a amostras de óleos essenciais de *P. marginatum* coletadas na mesma região ou em regiões diferentes. Por exemplo, Gonçalves et al. (2019) obtiveram 0,64% para amostra coletada em uma comunidade ribeirinha de Itacoatiara, Amazonas. Ramos et al (1986) obtiveram 0,7% do óleo essencial de folhas coletadas no mesmo município. Já os óleos essenciais de folhas secas de *P. marginatum* coletadas tanto no Estado do Amazonas quanto no Estado do Pará, alcançaram rendimentos de 1,4% (ANDRADE et al., 2008).

O óleo essencial extraído dos ramos de PT, também apresentou coloração amarela, odor característico e rendimento de 0,16%. No entanto, apesar de escassos os relatos na literatura sobre os rendimentos de óleos essenciais extraídos de ramos/caules da espécie, eles apresentam variações em relação ao resultado obtido neste estudo. A título de exemplo, tem-se a extração realizada no Estado de São Paulo, que apresentou rendimento de 0,8% para óleo essencial extraído de caules de *P. tuberculatum* (NAVICKIENE et al., 2006). Além do mais, o resultado apresentado neste trabalho demonstra que o óleo essencial obtido de ramos de PT apresenta rendimento superior quando comparado a óleos essenciais extraídos de folhas da espécie. Por exemplo, enquanto que neste trabalho obteve-se 0,16% de rendimento para o óleo essencial de ramos, Araújo et al. (2020) obteve rendimentos variando entre 0,03 a 0,06% para os óleos essenciais de folhas de *P. tuberculatum*.

5.2 Determinação da composição química dos óleos essenciais por CG-EM

Para a amostra PM foram identificadas 45 substâncias enquanto que para PT, foram identificadas 40 substâncias. As figuras 6 e 7 mostram os cromatogramas referentes às análises CG-EM dos óleos essenciais de PM e PT, respectivamente.

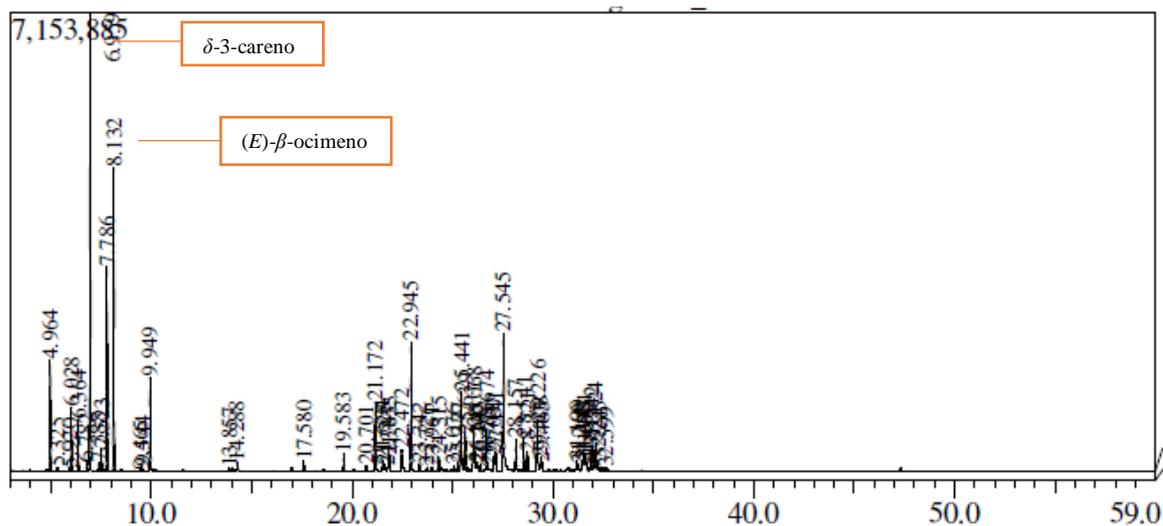
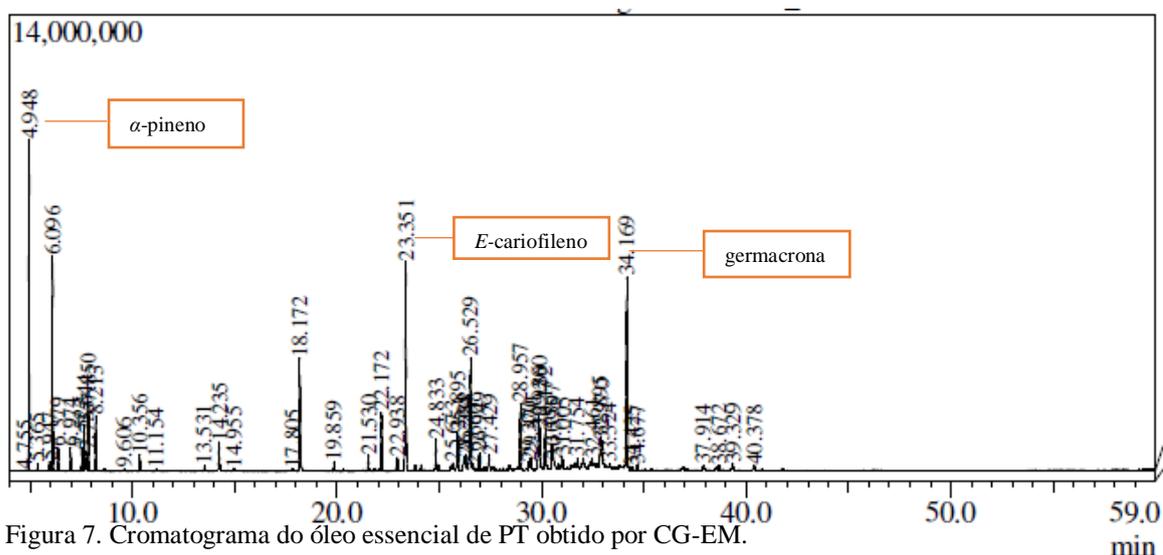


Figura 6. Cromatograma do óleo essencial de PM obtido por CG-EM.



et al. (2009) encontraram (*Z*)-asarona (26,09%), (*E*)-asarona (17,49%) e álcool pathouli (12,70%) como principais constituintes do óleo essencial da espécie. Moraes et al. (2014) também encontraram (*Z*)-asarona (30,40%), (*E*)-asarona (17,49%) e álcool pathouli (16%) na amostra pesquisada. Além disso, Souza et al. (2020) detectaram a presença de miristicina, sarisan e kakuol no óleo essencial de *P. marginatum*.

Os principais constituintes encontrados em PT também fazem parte da classe dos sesquiterpenos (59,7%), seguidos por monoterpenos (26,2%) e fenilpropanoides (6,8%) (Tabela 1). Além disso, os sesquiterpenos germacrona (13,1%), *E*-cariofileno (11,5%) e o monoterpeno α -pineno (9,1%) (Figuras 7 e 9 e Tabela 1) estavam entre os principais compostos encontrados no óleo essencial de PT. Esse perfil químico apresenta algumas semelhanças quando comparado a outras amostras de óleo essencial extraído de caules da espécie. Por exemplo, o *E*-cariofileno (12,3%), juntamente com o óxido de cariofileno (26,6%), foram identificados entre os principais constituintes em amostra coletada em Rondônia, predominantemente constituída por sesquiterpenos (77,5%) (FACUNDO et al., 2008). Por outro lado, Navickiene et al. (2006), encontrou predominância de monoterpenos (62,1%) em amostra coletada no Estado de São Paulo, dos quais *E*-cariofileno (32,1%), β -pineno (27%), α -pineno (17,3%) e *E*-ocimeno (14,5%) foram os principais.

Os terpenoides δ -3-careno e (*E*)- β -ocimeno encontrados em PM, além de *E*-cariofileno e α -pineno encontrados em PT, também estão presentes em óleos essenciais de espécies com importância medicinal, como *Cannabis sativa* (maconha) (WANAS et al., 2020). Além disso, as espécies amazônicas de *Piper*, estudadas até o momento, são ricas fontes dessas e outras substâncias terpênicas, as quais são registradas na literatura possuindo uma gama de atividades biológicas com potenciais aplicações nas indústrias alimentícia e agrícola (OLIVEIRA et al., 2020). Por exemplo, a presença do monoterpeno δ -3-careno está associada à resistência contra insetos (especialmente gorgulhos), apresentada por árvores da espécie *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière. Além disso, o monoterpeno δ -3-careno pode ser convertido pelo metabolismo vegetal em (-)-sabineno, que também possui atividade inseticida (ROACH et al., 2014). Além disso, o careno foi utilizado como fonte na síntese de derivados com potencial aplicação na prevenção de esclerose múltipla (ZÉCRI et al., 2010). Os outros monoterpenos encontrados em PM e PT também possuem potencial para o setor agrícola, como o (*E*)- β -ocimeno e *E*-cariofileno que são fortes agente no combate a herbívoros (KANG et al., 2018; RIFFEL & COSTA, 2015). Além disso, o (*E*)- β -ocimeno também funciona como feromônio para as abelhas, podendo atraí-las para polinizar as plantas ou proporcionar

aumento da produção de mel nas colônias (FARRÉ-ARMENGOL et al., 2017). O α -pineno também está entre os compostos majoritários de plantas aromáticas que são polinizadas por morcegos (RIFFEL & COSTA, 2015).

Tabela 1. Substâncias identificadas por CG-EM nos óleos essenciais de PM e PT.

Nº	Substâncias	IR* Adams (2017)	IR* PM ^a	IR* PT ^b	%	
					PM ^a	PT ^b
1	α-pineno	932	932	924	2,3	9,1
2	canfeno	946	947	948	0,1	0,2
3	sabineno	969	972	972	0,1	0,3
4	β -pineno	974	976	978	1,5	6,7
5	β -mirceno	988	988	989	1,3	0,7
6	α -felandreno	1002	1006	-	0,2	-
7	δ-3-careno	1008	1011	1009	10,5	0,7
8	ρ -cimeno	1024	1024	1025	0,2	0,8
9	limoneno	1024	1028	1029	0,7	1,6
10	1,8-cineol	1026	-	1031	-	0,8
11	(Z)- β -ocimeno	1032	1036	1035	6,2	2,4
12	(E)-β-ocimeno	1044	1046	1045	10,0	2,0
13	terpinoleno	1086	1089	1086	0,2	-
14	linalol	1095	1101	1106	4,9	0,7
15	terpinen-4-ol	1174	-	1184	-	0,2
16	safrol	1285	1289	1294	0,9	6,1
17	δ -elemeno	1335	1337	1333	1,3	0,4
18	cicloisositiveno	1369	1364	-	0,2	-
19	α -copaeno	1374	1375	1373	3,1	0,7
20	β -bourboneno	1387	1384	-	0,3	-
21	β -cubebeno	1387	1384	-	0,3	-
22	β -elemeno	1389	1392	1388	0,9	3,0
23	metil-eugenol	1403	1407	1406	1,2	0,7
24	(E)-cariofileno	1417	1418	1416	9,0	11,5
25	aromadendreno	1439	1438	-	1,3	-
26	α -humuleno	1452	1452	1452	0,8	1,6
27	allo-aromadendreno	1458	1456	-	0,2	-
28	4,5-di-epi-aristolocheno	1471	1469	-	0,1	-
29	γ -muroleno	1478	-	1476	-	0,3
30	α -amorfeno	1483	1476	-	0,5	-
31	D-germacreno	1484	1481	1478	6,0	2,0
32	β -selineno	1489	1485	1485	2,9	0,4
33	viridifloreno	1496	-	1487	-	0,6
34	curzereno	1499	-	1493	-	8,5
35	biciclogermacreno	1500	1496	-	3,9	-
36	α -muroleno	1500	1500	1496	0,6	0,3
37	A-germacreno	1508	1504	1504	0,4	0,8
38	γ -cadineno	1513	1514	-	0,3	-
39	miristicina	1517	1511	-	0,5	-
40	δ -cadineno	1522	1523	1516	1,3	0,6
41	propiopiperona	1545	1535	-	7,1	-
42	elemol	1548	1550	-	2,2	-
43	elemicina	1555	1560	-	1,8	-
44	B-germacreno	1559	-	1555	-	4,0
45	(E)-nerolidol	1561	1564	1565	1,3	0,4
46	palustrol	1567	-	1568	-	0,6
47	espatulenol	1577	1577	1577	1,8	3,4
48	óxido de cariofileno	1582	1582	1579	0,5	2,0
49	globulol	1590	-	1585	-	2,3
50	cubeban-11-ol	1595	-	1596	-	0,4

Nº	Substâncias	IR* Adams (2017)	IR* PM ^a	IR* PT ^b	%	
					PM ^a	PT ^b
51	rosifoliol	1600	-	1607	-	0,7
52	1-epi-cubenol	1627	-	1627	-	0,4
53	γ -eudesmol	1630	1632	-	0,4	-
54	α -murolol	1644	1647	1657	0,5	1,4
55	β -eudesmol	1649	1650	-	1,4	-
56	α -cadinol	1652	-	1646	-	0,3
57	intermedeol	1665	1655	-	2,2	-
58	germacrona	1693	-	1691	-	13,1
Classes de compostos						
Monoterpenos hidrocarbonetos					27,3	24,5
Monoterpenos oxigenados					4,9	1,7
Total monoterpenos					32,2	26,2
Sesquiterpenos hidrocarbonetos					35,2	26,2
Sesquiterpenos oxigenados					10,3	33,5
Total sesquiterpenos					45,5	59,7
Fenilpropanoides					11,5	6,8
Total identificado					89,2	92,7

*: índice de retenção; a: óleo essencial de folhas de *Piper marginatum*; b: óleo essencial de ramos de *P. tuberculatum*.

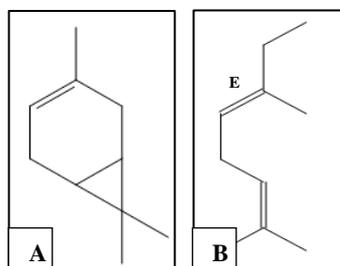


Figura 8. Estruturas químicas dos compostos majoritários encontrados em PM. A: δ -3-careno. B: *E*- β -ocimeno.

Fonte: OLIVEIRA, 2022.

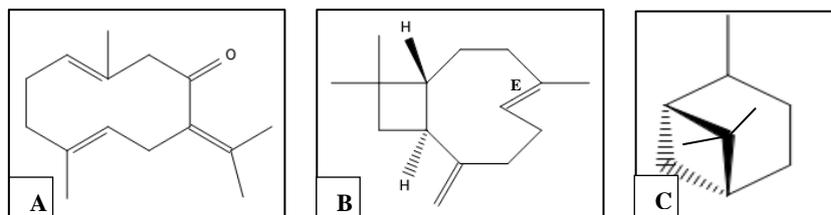


Figura 9. Estruturas químicas dos compostos majoritários encontrados em PT. A: germacrona. B: *E*-cariofileno. C: α -pineno.

Fonte: OLIVEIRA, 2022.

5.3 Ensaio de atividade acaricida

5.3.1 Mortalidade (%) do óleo essencial de *P. marginatum* e *P. tuberculatum* sobre *S. pontifica*

Os óleos essenciais de PM e PT mostraram-se tóxicos para adultos de *S. pontifica* com efeito linear crescente (Tabelas 2 e 3). Comparando as diferentes concentrações de PM em cada tempo de exposição, não houve diferença na mortalidade nas concentrações de 4 a 10 $\mu\text{L/L}$ de ar, nos dois primeiros tempos de exposição. Com 72 horas de exposição, as maiores mortalidades ocorreram nas concentrações de 8 e 10 $\mu\text{L/L}$ de ar. Comparando cada concentração nos diferentes tempos de exposição, houve diferença na mortalidade apenas na concentração de 2 $\mu\text{L/L}$ de ar, nas demais concentrações a mortalidade foi sempre maior após 72 h de exposição (Tabela 2). Para PT, as concentrações 6, 8 e 10 $\mu\text{L/L}$ para 24 horas e 8 e 10 $\mu\text{L/L}$ para 48 horas de exposição, apresentaram diferenças significativas na mortalidade em relação ao aumento gradual da concentração de óleo essencial. Além disso, foram encontradas diferenças nas mortalidades para as concentrações de 2 e 4 $\mu\text{L/L}$ de ar quando o tempo de exposição aumentou de 24h para 48h e depois para 72h, o que indica uma correlação linear de aumento de mortalidade à medida que aumentou o tempo de exposição (Tabela 3).

Óleos essenciais de várias espécies vegetais vêm se tornando alvos de investigações na tentativa de encontrar alternativas naturais para o controle de diferentes espécies de ácaros (ROSADO-AGUILAR et al., 2017). Como exemplo, o estudo do óleo essencial das folhas de *P. marginatum*, coletadas em Pernambuco, demonstrou atividade fumigante, com 56% de mortalidade sobre *S. pontifica* na concentração de 50 $\mu\text{L/L}$ de ar. No entanto, os óleos essenciais de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Eugenia uvalha* Cambess causaram, respectivamente, 100, 93 e 60% de mortalidade sobre *S. pontifica* na concentração de 50 $\mu\text{L/L}$. Contudo, os resultados apresentados por PM e PT, quando comparados aos da literatura, mostram uma melhor eficácia desses óleos essenciais frente a *S. pontifica*.

Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos observados para o óleo essencial de *P. marginatum* coletada em Pernambuco, onde a mortalidade foi menor, sendo 56% em uma concentração de 50 $\mu\text{L/L}$ de ar para 48h de exposição (ASSIS et al., 2011). Este fato pode estar intimamente ligado a variação na composição química dos óleos essenciais, obtidos de espécies coletadas em diferentes regiões do Brasil (GOBO-NETTO & LOPES, 2007). No entanto, para verificar essa correlação no caso das espécies estudadas, faz-se necessário

avaliar a atividade acaricida sobre *S. pontifica* juntamente com a composição química de óleos essenciais de *P. marginatum* e *P. tuberculatum* coletados em outras regiões.

Além disso, o potencial fumigante dos óleos essenciais dessas espécies também foi investigado sobre *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781), apresentando resultados promissores, com mortalidades de 98% para *C. zeylanicum*, 87% para *S. terebinthifolius* e 80% para *E. uvalha* na concentração de 50 µL/L e 48 horas de exposição (ASSIS et al., 2011). Os ácaros *T. putrescentiae* e *Suidasia nesbitti* também são importantes pragas de grãos armazenados, que ataca principalmente grãos como a soja, causando muitas perdas econômicas e reduzindo a capacidade de germinação dos grãos (KIM et al., 2003; FLECHTMANN, 1986). O município de Itacoatiara – AM é o segundo maior porto fluvial escoador do país e possui um importante papel no escoamento da produção de grãos como soja, através de empresas de navegação instaladas na região (REIS et al., 2016). Dessa forma, a continuação desse estudo se faz necessária para a avaliação da atividade fumigante dos óleos essenciais de PM e PT frente a outras pragas de grãos armazenados tais como *T. putrescentiae* e *Suidasia nesbitti*.

Os compostos terpênicos atuam principalmente na defesa dos vegetais contra raios UV, insetos, animais predadores, mas também auxiliam na atração de polinizadores e assim garantem a manutenção da espécie vegetal (NAEEM et al., 2018). Além disso, eles exibem toxicidade ao penetrar no sistema respiratório, cutícula e aparelho digestivo das pragas de grãos armazenados (SANTOS & PRATES, 1999). Assim sendo, o efeito fumigante observado para PM e PT pode estar relacionado com a predominância de substâncias terpênicas nesses óleos essenciais.

Tabela 2. Mortalidade corrigida (média ± desvio padrão) de *S. pontifica* em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações do óleo essencial de *P. marginatum* aplicado por fumigação.

Amostra	Concentração µL/L	Tempo			Média Geral ± DP ¹
		24 h	48 h	72 h	
PM	02	38,46±7,69bA	39,71±1,47bA	34,15±3,66cA	37,44±2,63C
	04	66,15±1,54aB	73,53±4,41aB	93,9±1,22bA	77,86±4,38C
	06	69,23±3,08aB	72,06±1,47aB	87,80±2,44bA	76,36±3,13B
	08	67,69±0,00aC	77,94±0,00aB	89,02±0,00abA	78,22±3,08B
	10	72,31±4,62aC	82,35±0,00aB	100,00±0,00aA	84,89±4,26A
Média Geral ± DP		62,77±3,67C	69,12±4,13B	80,98±6,41A	CV = 5,50%

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de sobreposição no intervalo de confiança a 95%. PM: óleo essencial de folhas *P. marginatum*.

Tabela 3. Mortalidade corrigida (média \pm desvio padrão) de *S. pontifica* em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações do óleo essencial de *P. tuberculatum* aplicado por fumigação.

Amostra	Concentração $\mu\text{L/L}$	Tempo			Média Geral \pm DP ¹
		24 h	48 h	72 h	
PT	02	18,6 \pm 0,6cD	52,3 \pm 1,0bD	78,8 \pm 1,0aD	55,0 \pm 9,0E
	04	18,6 \pm 0,6cD	73,9 \pm 1,1bC	81,2 \pm 0,6aCD	63,0 \pm 10,0D
	06	77,9 \pm 1,5bC	78,4 \pm 1,5bB	84,7 \pm 0,6aBC	85,0 \pm 1,0C
	08	82,6 \pm 1,7abB	80,7 \pm 1,1bB	85,9 \pm 1,0aB	88,0 \pm 1,0B
	10	88,4 \pm 0,6bA	88,6 \pm 0,6bA	96,5 \pm 0,00aA	96,0 \pm 1,0A
Média Geral \pm DP		62,0\pm8,0c	80,0\pm3,0b	90,0\pm2,0a	CV = 4,42%

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de sobreposição no intervalo de confiança a 95%. PT: óleo essencial de caules de *P. tuberculatum*.

5.3.2 Concentração Letal dos óleos essenciais de *Piper marginatum* e *P. tuberculatum* frente a *S. pontifica*

A partir das inclinações das linhas de respostas e das concentrações letais, observou-se que todas as amostras foram tóxicas para *Suidasia pontifica* (Tabelas 4 e 5). Com exceção da amostra PT a 72 h, todas as inclinações das linhas de respostas foram significativas ($p \leq 1,50 \cdot 10^{-4}$) (Tabela 5). Com base nos intervalos de confiança, para cada óleo testado, não houve diferença das CL_{25%} nas amostras PT e PM, exceto para 72h de exposição em PT. Para a amostra PM, a maior CL_{25%} foi observada a 72 h e para PT, em 24h de exposição. Para as CL_{50%}, as amostras PM e PT não apresentaram diferença ao longo do tempo de exposição, exceto para 72h em PT. Os menores valores de CL_{50%} foram encontrados em 24h para PM e 72h para PT.

Os óleos essenciais de PM e PT exibiram valores de CL_{50%} variando de 1,19 a 2,16 $\mu\text{L/L}$ de ar para PM e entre 0,33 a 4,37 $\mu\text{L/L}$ para PT (Tabelas 4 e 5). A toxicidade apresentada por PM no tempo de exposição de 48 horas foi superior à toxicidade apresentada pelo óleo essencial de *C. zeylanicum* com CL_{50%} de 1,75 $\mu\text{L/L}$ de ar para *S. pontifica*, no mesmo tempo de exposição. Porém, óleos essenciais de *S. terebinthifolius* e *E. uvalha*, apresentaram CL_{50%} de 4,87 e 11,09 $\mu\text{L/L}$ de ar para 48 horas de exposição (ASSIS et al., 2011), maiores do que os resultados do presente estudo para o mesmo tempo de exposição. Dessa forma, os óleos essenciais de *P. marginatum* e *P. tuberculatum* avaliados no presente estudo, tem potencial de ação fumigante para *S. pontifica* superior, quando comparados com outras espécies anteriormente estudadas.

O estudo de Santos & Prattes (1999), avaliou a atividade fumigante de onze monoterpenos baseado na taxa de volatilização. Os monoterpenos mais voláteis, o alfa

pineno, 1,8-cineol, beta pineno e limoneno foram os mais eficazes contra os gorgulhos do milho *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica*. Noutros estudos os monoterpênicos pulegona, mentona, linalol, acetato de linalila, mentol, limoneno e 1,8-cineol, foram relatados com a possibilidade de uso no controle dos ácaros *T. putrescentiae* e *T. longior* (PERRUCCI, 1995; SÁNCHEZ-RAMOS & CASTAÑERA, 2001; MACCHIONE et al., 2002). Baseado nos resultados obtidos para os óleos PM e PT, pode-se inferir que a atividade apresentada está relacionada aos constituintes monoterpênicos mais voláteis presentes nas amostras avaliadas.

O suposto mecanismo de ação envolvido na atividade acaricida apresentada pelos óleos essenciais está relacionado à sua ação neurotóxica e bloqueio do neuromodulador octopamina (encontrado em todos os invertebrados). Nos insetos, a octopamina age como neurotransmissor, regulando seus batimentos cardíacos, movimentos, comportamento e metabolismo (ROEDER, 1999). Além da rápida ação sobre o metabolismo desses organismos, os óleos essenciais são, geralmente, seletivos para os organismos alvo e pouco tóxicos ao meio ambiente. Isso mostra que os óleos essenciais podem ser potentes agentes fumigantes no controle de ácaros de produtos armazenados (ISMAN, 2006).

Tabela 4. Inclinações das linhas de respostas (\pm desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de uma população de *S. pontifica* ao óleo essencial de *P. marginatum*.

Tempo	Amostra	G.L.	n ¹	Inclinação	Z	p	CL _{25%} (min.-max.)	CL _{50%} (min.-max.)
24 h		5	18	0,7009 \pm 0,1849	3,791	1,50.10 ⁻⁰⁴	0,25a (0,05-1,17)	1,19a (0,55-2,58)
48 h	PM	5	18	1,0105 \pm 0,1959	5,158	2,49.10 ⁻⁰⁷	0,50a (0,21-1,18)	1,48a (0,92-2,37)
72 h		5	18	2,4547 \pm 0,2729	8,995	<2,00.10 ⁻¹⁶	1,38a (1,11-1,73)	2,16a (1,86-2,51)

¹n = número de repetições; G.L.: graus de liberdade (n-1). Valores para um mesmo óleo seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de sobreposição do intervalo de confiança a 95%. PM: óleo essencial de *P. marginatum*.

Tabela 5. Inclinações das linhas de respostas (\pm desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de uma população de *S. pontifica* ao óleo essencial de *P. tuberculatum*.

Tempo	Amostra	G.L.	n ¹	Inclinação	Z	p	CL _{25%} (min.-max.)	CL _{50%} (min.-max.)
24 h		5	18	2,426 \pm 0,237	10,238	<2,00.10 ⁻¹⁶	2,77a (2,39-3,23)	4,37a (3,96-4,82)
48 h	PT	5	18	1,0773 \pm 0,1940	5,552	2,8.10 ⁻⁰⁸	0,61a (0,30-1,27)	1,70a (1,14-2,53)
72 h		5	18	0,6882 \pm 0,2319	2,968	3,0.10 ⁻⁰²	0,07b (0,004-1,10)	0,33b (0,06-1,92)

¹n = número de repetições; G.L.: graus de liberdade (n-1). Valores para um mesmo óleo seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de sobreposição do intervalo de confiança a 95%. PT: óleo essencial de *P. tuberculatum*.

5.4 Ensaio de germinação e crescimento de tomate (*Solanum lycopersicon*)

Os resultados obtidos no ensaio de alelopatia para PM e PT sobre tomate estão descritos nas Tabelas 6 e 7 e nas Figuras 10, 11, 12 e 13. De acordo com esses resultados, os óleos essenciais PM e PT influenciaram todos os parâmetros analisados, quando comparados aos controles (Tabela 7). As espécies *Solanum lycopersicon* e *Lactuca sativa* estão entre as culturas mais suscetíveis ao efeito alelopático apresentado por metabólitos secundários, exibindo respostas mesmo à baixas concentrações desses metabólitos, por isso são muito utilizadas para esse tipo de teste (FERREIRA & ÁQUILA, 2000).

Os óleos essenciais PM e PT, em todas as concentrações aplicadas, causaram redução significativa tanto na porcentagem (Figura 11) quanto na velocidade de germinação (Figura 12) das sementes de tomate. Ambas as amostras, em todas as concentrações, exceto para PM 1%, também aumentaram o tempo médio de germinação (TMG) das sementes de tomate, quando comparados aos controles negativos (Tabelas 6 e 7). Os efeitos observados foram dose dependentes, onde a amostra PM, na concentração de 1% apresentou resultados mais significativos (Figuras 11 e 12), exceto para o crescimento radicular e IVG. Em relação a esses parâmetros, ambas as amostras apresentaram valores semelhantes de redução, com resultados mais acentuados na concentração de 1%, chegando a inibir quase totalmente o crescimento das radículas das sementes de tomate (Figura 13).

Comparando as diferentes concentrações de PM e PT, não houve diferença na inibição da germinação das sementes de tomate, tanto nos controles utilizados, quanto na concentração de 0,1%. No entanto, os óleos essenciais PM e PT, aplicados na concentração de 1% reduziram drasticamente a porcentagem de sementes germinadas para o tomate (Tabela 6 e Figura 11). Quanto ao Índice de Velocidade de Germinação (IVG), houve redução acentuada quando se comparou os controles negativos com todas as concentrações de PM e PT aplicadas. No entanto, houve pouca variação do IVG quando as concentrações de PM e PT foram comparadas entre si (Tabela 6 e Figura 12).

De acordo com Ferreira & Áquila (2000), o percentual final de sementes germinadas é capaz de medir a influência de uma substância ou conjunto de substâncias sobre o desenvolvimento de sementes de uma espécie vegetal. Além disso, a depender das características da semente empregada para essa avaliação, podem ocorrer alterações na permeabilidade das membranas, na utilização do oxigênio e até na conformação de enzimas e receptores. Espécies como *Piper hispidervum* e *Piper betle*, mostraram alto potencial

alelopático, inclusive sobre plantas daninhas como *Mimosa pudica* L. (malícia) e *Eclipta prostrata* L. (erva-botão) (SOUZA-FILHO et al., 2009; WORANOOT et al., 2019).

Rosado et al. (2009) avaliaram o efeito do óleo essencial de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) sobre o IVG de sementes de *Solanum lycopersicon*, obtendo resultados semelhantes aos apresentados por PM e PT sobre o IVG do tomate em todas concentrações aplicadas. Além disso, assim como o óleo essencial de manjerição, na concentração de 1%, foi capaz de inibir a germinação e crescimento de todas as sementes de tomate, o óleo essencial de PM, também na concentração de 1%, foi capaz de provocar a morte das sementes (apresentou valores nulos %G e baixos valores de CR para o tomate).

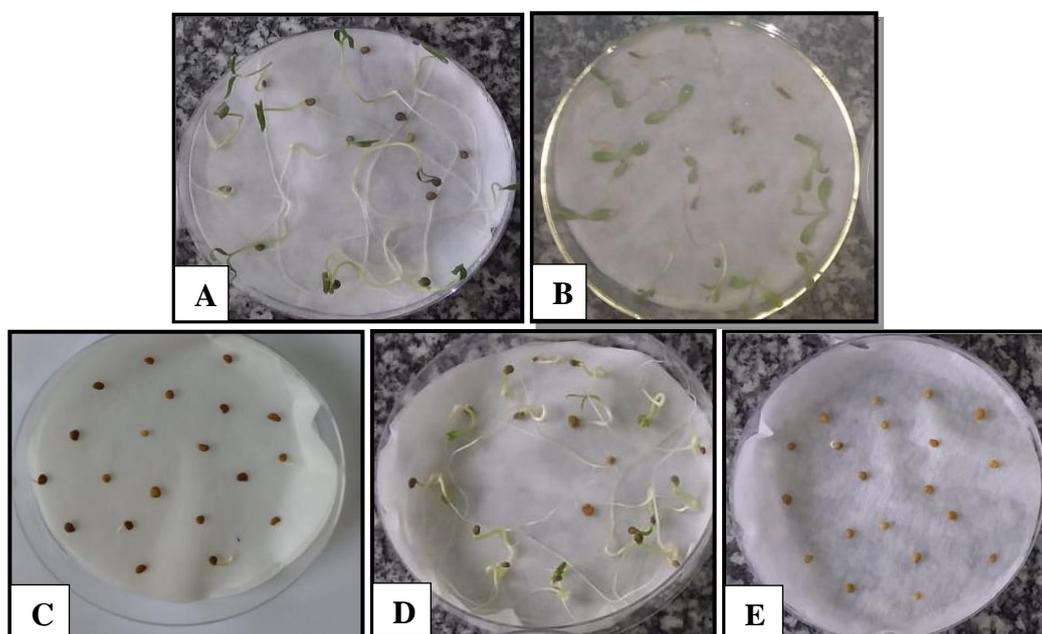


Figura 10. Imagens mostrando o efeito alelopático exibido pelo óleo essencial de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular de sementes de tomate. A: Controle Negativo Água. B: Controle Negativo Tween 1%. C: óleo essencial de PT a 1%; D: óleo essencial de PM a 0,1%; E: óleo essencial de PM a 1,0%.

Tabela 6. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais PM e PT na germinação e no comprimento radicular das plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Tratamentos	G%	TMG	IVG%	VG	CR (cm/planta)
PM					
Água	82,50 c	4,01 c	4,41 c	0,25 c	66,62 c
Tween	97,50 c	1,86 b	13,14 d	0,54 d	39,13 b
0,1	82,50 c	6,22 d	2,84 bc	0,16 b	58,31 bc
1,0	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,30 a
PT					
Água	82,50 c	4,01 c	4,41 c	0,25 c	66,62 c
Tween	97,50 c	1,86 b	13,14 d	0,54 d	39,13 b
0,1	76,25 c	6,30 d	2,69 b	0,16 b	44,63 bc
1,0	23,75 b	7,75 e	0,61 a	0,13 b	4,39 a

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de sobreposição no intervalo de confiança a 95%. G%: percentual de germinação; TMG: tempo médio de germinação; IVG%: percentual do índice de velocidade de germinação; VG: velocidade média de germinação; CR: comprimento da radícula; PM: óleo essencial das folhas de *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

Tabela 7. Resultados da análise de variância (ANOVA) para PM e PT sobre a % germinação, IVG, TMG, VG e comprimento radicular das plântulas (CR) de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Tratamento	Grau de liberdade	Valor de F	Valor de p	CV (%)
% germinação	5	62,06	0,0000*	16,38
IVG	5	177,72	0,0000*	18,16
TMG	5	99,57	0,0000*	13,66
VG	5	181,20	0,0000*	13,03
CR (cm/planta)	5	27,74	0,0000*	35,73

Legenda: *houve diferença significativa; valores mais altos de F (teste de comparação de variâncias) indicam correlações mais fortes; probabilidade de significância (p); índice de velocidade de germinação (IVG); tempo médio de germinação (TMG); velocidade média de germinação (VG).

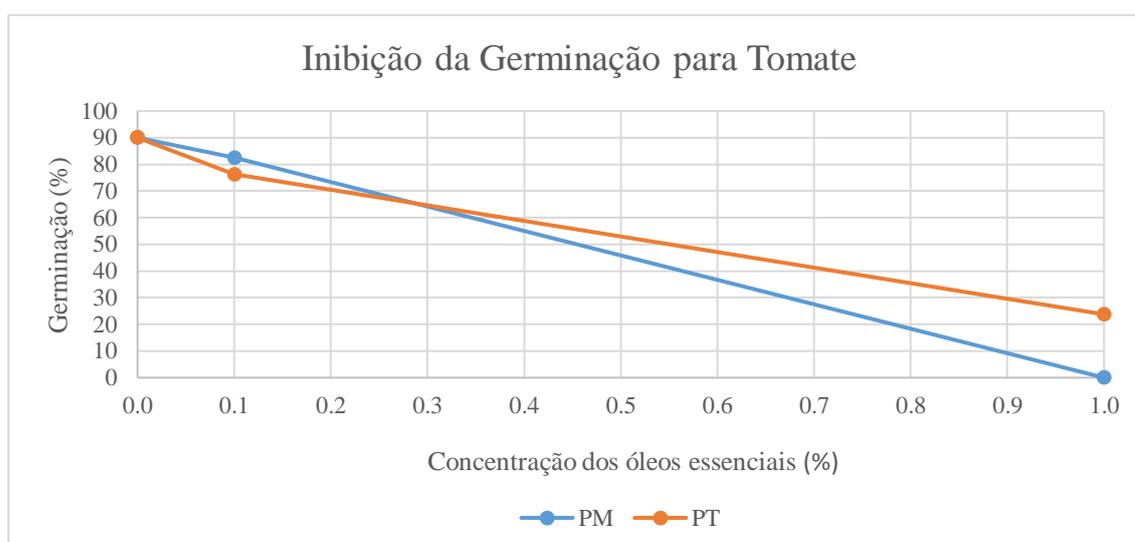


Figura 11. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre a porcentagem de germinação de sementes de tomate. PM: óleo essencial de folhas *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

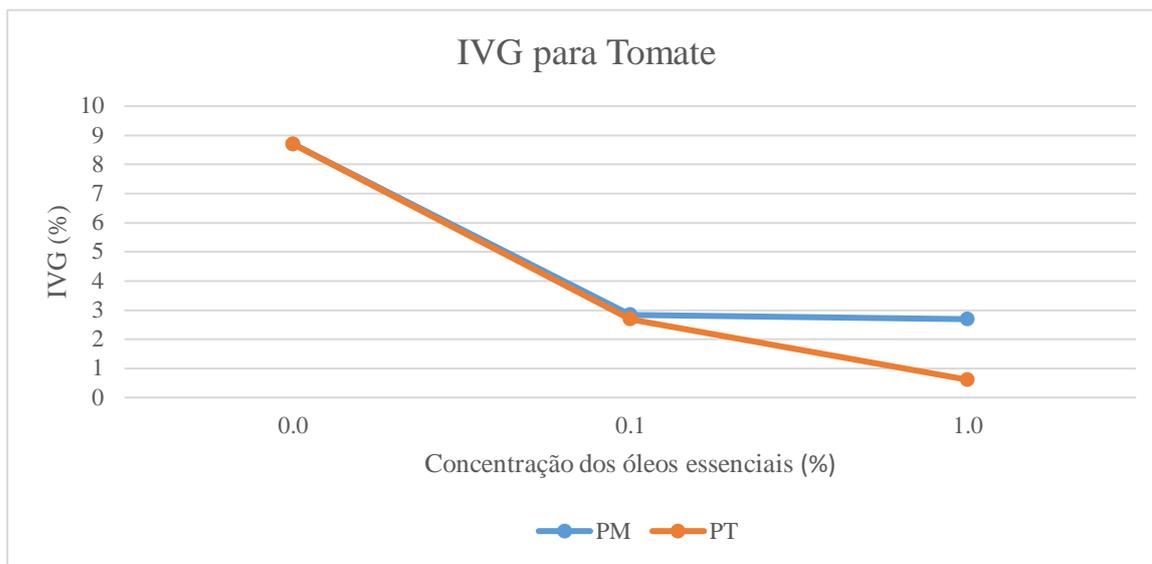


Figura 12. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de tomate. PM: óleo essencial de folhas *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

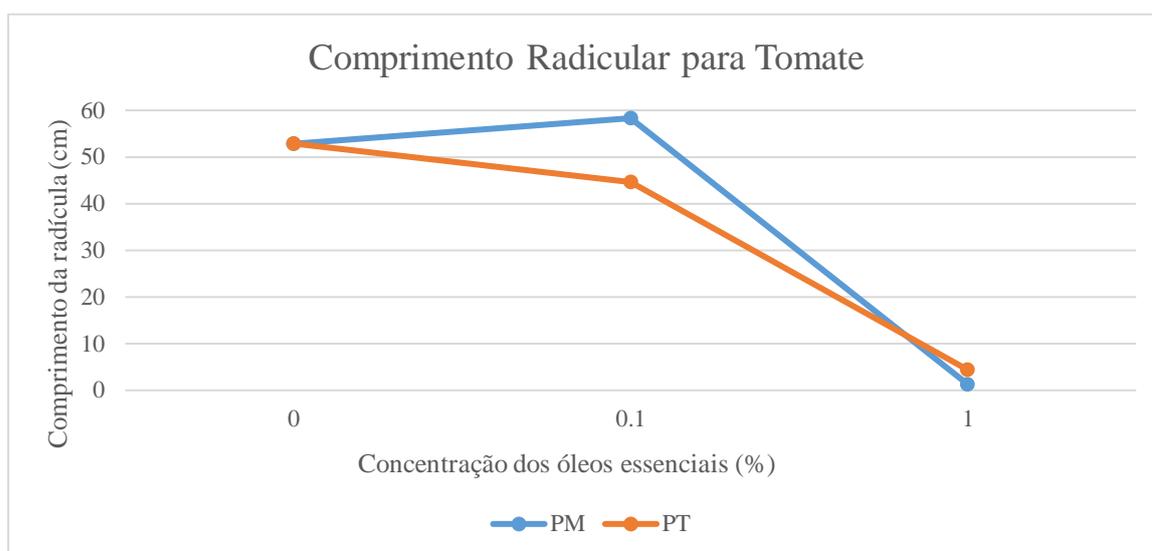


Figura 13. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Comprimento Radicular (CR) de sementes de tomate. PM: óleo essencial de folhas *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

5.5 Ensaio de germinação e crescimento de alface (*Lactuca sativa*)

Os resultados obtidos no ensaio de alelopatia para PM e PT sobre alface estão descritos nas Tabelas 8 e 9 e nas Figuras 14, 15, 16 e 17. De acordo com esses resultados, os óleos essenciais PM e PT influenciaram todos os parâmetros analisados quando comparados aos controles, exceto a velocidade de germinação (Tabela 9). Os efeitos observados foram dose dependentes, onde a amostra PM, na concentração de 1% apresentou resultados mais significativos (Figuras 15 e 16), exceto para o crescimento radicular, onde PT já na concentração de 0,1% foi mais efetivo (Figura 17).

O óleo essencial de PM aplicado a 1% causou redução significativa na porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 8, Figuras 15 e 16), além de reduzir o comprimento médio das radículas das plântulas de alface (Figura 17), no entanto, não mostrou resultados positivos sobre o tempo médio de germinação (Tabela 8). Para PT, a porcentagem de germinação (Figura 15), o tempo médio de germinação (TMG) (Figura 16), assim como a velocidade de germinação não foram significativamente afetados em relação aos controles (Tabela 8).

Não houve diferença na inibição da germinação das sementes de alface entre os controles utilizados, PM a 0,1% e as demais concentrações de PT. No entanto, o óleo essencial de PM aplicado na concentração de 1% reduziu drasticamente a porcentagem de sementes germinadas para a alface (Figura 15). Quanto ao Índice de Velocidade de Germinação (IVG), houve redução acentuada apenas quando se comparou os controles negativos com a concentração de 1% de PM. No entanto, PT apresentou redução significativa do IVG em ambas as concentrações analisadas quando comparadas aos controles, porém, quando essas concentrações foram comparadas entre si, não mostraram diferença (Figura 16). Em relação ao comprimento radicular, a amostra PT apresentou redução quase linear quando se comparou os controles e as concentrações aplicadas, diferentemente de PM, que apresentou acentuada redução apenas para a concentração de 1% (Figura 17). Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os resultados encontrados por Miranda et al. (2015), o óleo essencial PM a 1% mostrou resultados superiores para %G, IVG e CR de sementes de *Lactuca sativa*, em relação ao óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris* L.).

Óleos essenciais de diversas espécies vegetais, inclusive espécies de *Piper* possuem grande capacidade de atuar sobre a germinação e desenvolvimento de sementes (ABD-ELGAWAD et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021; SOUZA-FILHO et al., 2009; ALVES et al., 2014; ANDRIANA et al., 2019). Além disso, óleos essenciais geralmente afetam a produção de pigmentos, provavelmente por inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase ou alterações na biossíntese desses pigmentos, o que indica uma interferência na fotossíntese (ANDRIANA et al., 2019). Outrossim, substâncias terpênicas (as quais são maioria em PM e PT), tais como α -pineno, δ -3-careno e *E*- β -ocimeno (alguns componentes majoritários de PM e PT), estão fortemente associadas a atividade fitotóxica apresentada por óleos essenciais (AMRI et al., 2013). Baseado nesses resultados descritos na literatura, sugere-se que a atividade alelopática encontrada nesse trabalho pode estar relacionada a presença dos compostos terpênicos nos óleos essenciais de PM e PT.

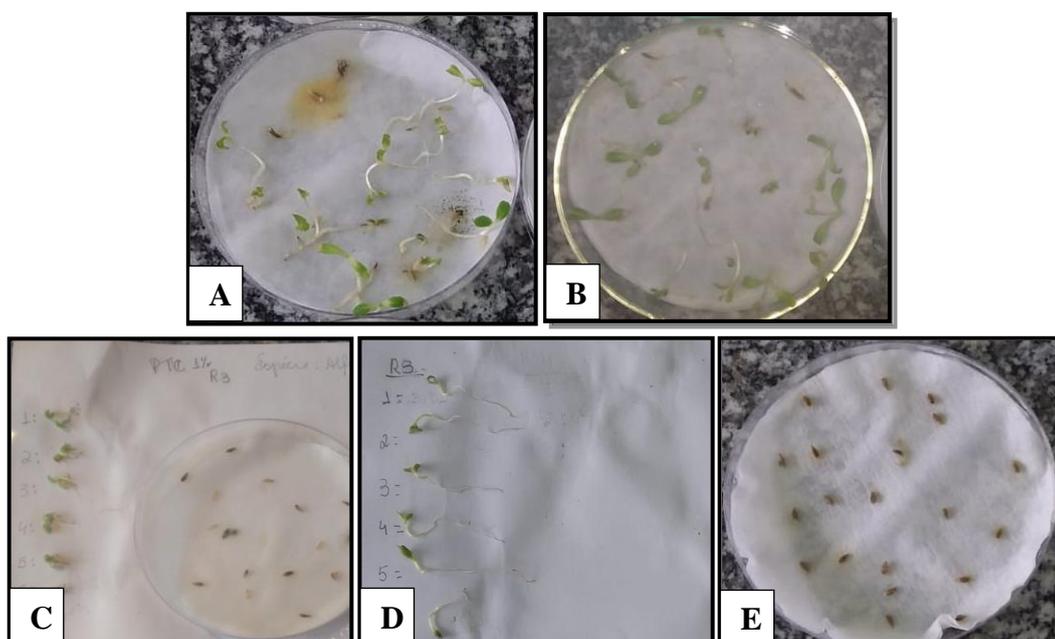


Figura 14. Imagens mostrando o efeito alelopático exibido pelo óleo essencial de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular de sementes de alface. A: Controle Negativo Água. B: Controle Negativo Tween 1%. C: Óleo essencial de PT a 1%. D: óleo essencial de PM a 0,1%; E: óleo essencial de PM a 1,0%.

Tabela 8. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais de PT e PM sobre a germinação e comprimento radicular das plântulas de alface (*Lactuca sativa*).

Tratamentos	G%	TMG	IVG%	VG	CR (cm/planta)
PM					
Água	87,50 b	3,64 b	6,32 b	0,28 a	17,92 bc
Tween	88,75 b	2,58 b	6,12 b	0,39 a	26,88 c
0,1	62,25 b	3,90 b	4,10 b	0,26 a	19,03 bc
1,0	5,0 a	0,87 a	0,52 a	0,28 a	1,19 a
PT					
Água	87,50 b	3,64 b	6,32 b	0,28 a	17,92 bc
Tween	88,75 b	2,58 b	6,12 b	0,39 a	26,88 c
0,1	65,0 b	2,61 b	3,79 ab	0,39 a	9,50 ab
1,0	61,25 b	3,17 b	3,50 ab	0,32 a	2,82 a

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de sobreposição no intervalo de confiança a 95%. G%: percentual de germinação; TMG: tempo médio de germinação; IVG%: percentual do índice de velocidade de germinação; VG: velocidade média de germinação; CR: comprimento da radícula; PM: óleo essencial das folhas de *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

Tabela 9. Resultados da análise de variância (ANOVA) para PM e PT sobre a % germinação, IVG, TMG, VG e comprimento radicular das plântulas de alface (*Lactuca sativa*).

Tratamento	Grau de liberdade	Valor de F	Valor de <i>p</i>	CV (%)
% germinação	5	20,44	0,0000*	21,83
IVG	5	7,632	0,0005*	37,66
TMG	5	11,209	0,0001*	13,66
VG	5	0,626	0,6822	44,96
CR (cm/planta)	5	10,86	0,0001*	46,97

Legenda: *houve diferença significativa; valores mais altos de F (teste de comparação de variâncias) indicam correlações mais fortes; probabilidade de significância (*p*); coeficiente de variação em porcentagem (CV%); índice de velocidade de germinação (IVG); tempo médio de germinação (TMG); velocidade média de germinação (VG).

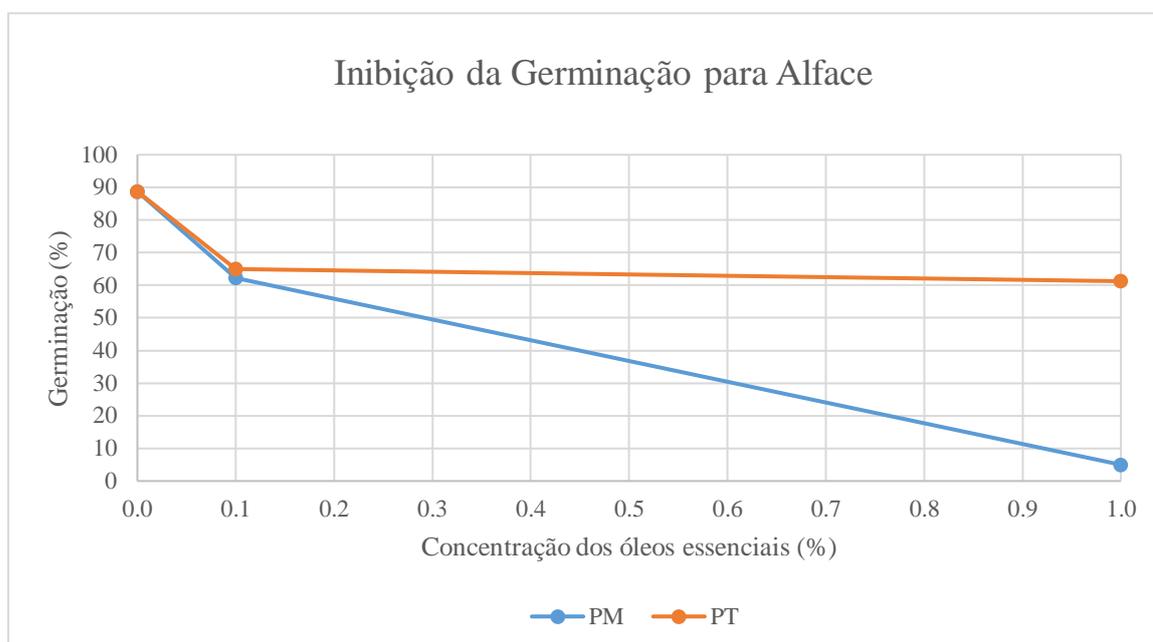


Figura 15. Efeito alelopático de concentrações dos óleos essenciais PM e PT sobre a porcentagem de germinação de sementes de alface. PM: óleo essencial de folhas *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

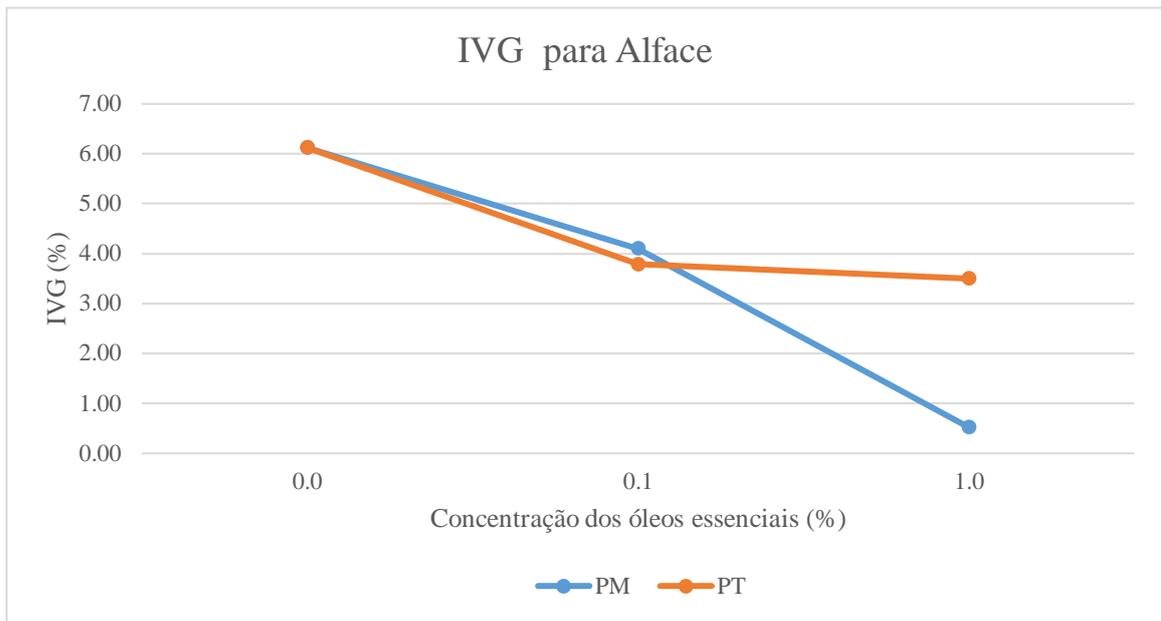


Figura 16. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de alface. PM: óleo essencial de folhas *Piper marginatum*; PT: óleo essencial de ramos de *Piper tuberculatum*.

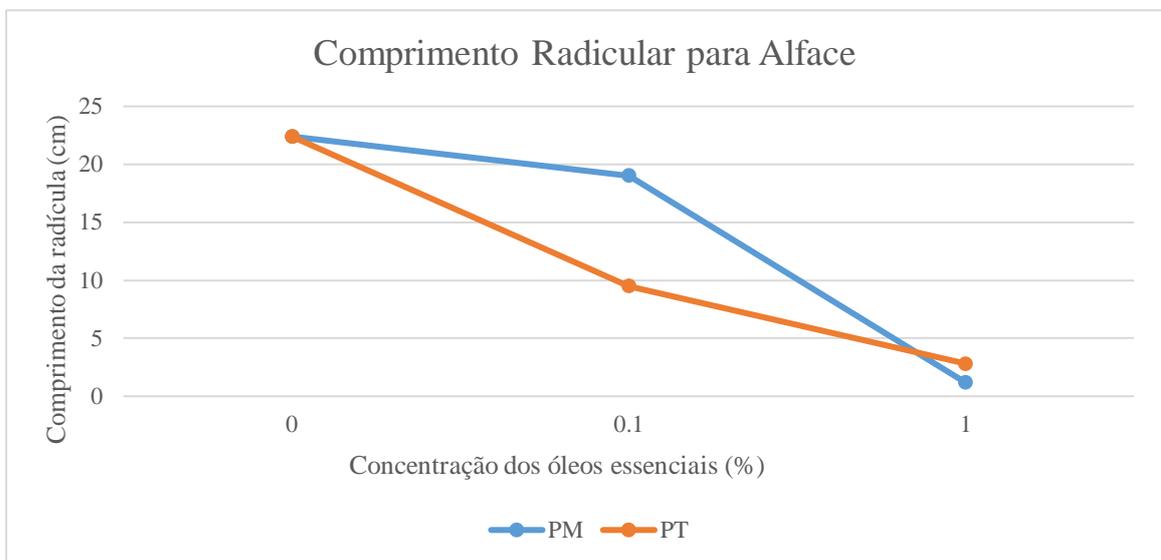


Figura 17. Efeito alelopático de concentrações de óleos essenciais PM e PT sobre o Comprimento Radicular (CR) de sementes de tomate.

6. CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de PM e PT são predominantemente constituídos por substâncias terpênicas, em especial, os sesquiterpenos. PM apresentou monoterpenos como constituintes majoritários. Já em PT, houve predominância de dois sesquiterpenos e um monoterpeno.

Ambos os óleos essenciais apresentaram bom efeito fumigante sobre *S. pontifica*, em especial PM, que atingiu 100% de mortalidade na concentração de 10µL/L de ar, no tempo de 72h de exposição.

Os óleos essenciais PM e PT inibiram a germinação e diminuíram a velocidade de germinação e crescimento das sementes de *L. sativa* e *S. lycopersicon*, com destaque para PM aplicada a 1% que foi capaz de provocar a morte das sementes.

Este estudo pode servir de base para futuras pesquisas, visando a descoberta de novas moléculas para o desenvolvimento de produtos com aplicação na agricultura, tais como herbicidas e fumigantes de origem natural. No entanto, há a necessidade de continuação desse estudo para verificar quais são os compostos responsáveis pelas atividades biológicas observadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ELGAWAD, A.; GENDY, A. E.; EL-ALMIER, Y.; GAARA, A.; OMER, E.; AL-ROWAILY, S.; ASSAEED, A.; AL-RASHED, S.; ELSHAMY, A. Essential oil of *Bassia muricata*: Chemical characterization, antioxidant activity, and allelopathic effect on the weed *Chenopodium murale*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 27, n. 7, p. 1900-1906, 2020.

AGUIAR-MENEZES, E. L. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 16,17 e 18.

ALBUQUERQUE, M.; SANTOS, R.; LIMA, L.; MELO FILHO, P.; NOGUEIRA, R.; CÂMARA, C. A. G.; RAMOS, A. R. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, n. 2, p. 379-395, 2011.

ALMEIDA, C. A.; AZEVEDO, M. M. B.; CHAVES, F. C. M.; OLIVEIRA, M. R.; RODRIGUES, I. A.; BIZZO, H. R.; GAMA, P.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C. S. *Piper* Essential Oils Inhibit *Rhizopus oryzae* Growth, Biofilm Formation, and Rhyzopuspepsin Activity. **Canadia Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology**, p. 1-7, 2018.

ÁLVARES, C. A.; SVIDZINSKI, T. I. E.; CONSOLARO, M. E. L. Candidíase vulvovaginal: fatores predisponentes do hospedeiro e virulência das leveduras. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 43, p. 319-327, 2007.

ALVES, M. C.S.; MEDEIROS FILHO, S.; SOUZA NETO, M. V.; BRITO, R.; ARAUJO, R. C. Allelopathic effect of essential oils of medicinal plants in *Bidens pilosa* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 731-736, 2014.

ALVES, H. S.; ROCHA, W. R. V.; FERNANDES, A. F. C.; NUNES, L. E.; PINTO, D. S.; COSTA, J. I. V.; CHAVES, M. C. O.; CATÃO, R. M. R. Atividade antimicrobiana de produtos obtidos de espécies de *Piper*. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 21, p. 168-180, 2016.

AMENÚ, D. Antimicrobial activity of medicinal plant extracts and their synergistic effect on some selected pathogens. **American Journal of Ethnomedicine**, v. 1, p. 018-029, 2014.

AMRI, I.; HAMROUNI, L.; HANANA, M.; JAMOSSI, B. Reviews on phytotoxic effects of essential oils and their individual components: Newns approach for weeds management. **International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology**, v. 4, n. 1, p. 96-114, 2013.

ANDRADE, E. H. A.; CARREIRA, L. M. M. SILVA, M. H. L.; SILVA J. D.; BASTOS, C. N.; SOUSA P. J. C.; GUIMARÃES E. F.; MAIA J. G. S. Variability in essential oil composition of *Piper marginatum* sensu lato. **Chemistry & Biodiversit** v. 5, p. 199, 2008.

ANDRADE, E. H. A.; ELSIN, E. F.; MAIA, J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* na Amazônia**. – Belém: FEQ/UFPA; p. 15-18 e 25, 2009.

ANDRIANA, Y.; XUAN, T. D.; QUY, T. N.; TRAN, H. D.; LE, Q. T. Biological activities and chemical constituents of essential oils from *Piper cubeba* Bojer and *Piper nigrum*. **Molecules**, v. 24, p. 1876-1892, 2019.

ANNIS, PC. STORED GRAIN. **Invertebrate Pests**. Reference Module in Food Science. Elsevier, p. 1-6, 2016.

AQUINO, P.; GOMES FIGUEREDO, F.; PEREIRA, N.; NASCIMENTO, E.; MARTIN, A.; VERAS, H.; OLIVEIRA, C.; FERREIRA, S.; LEANDRO, L.; MENEZES, I. Evaluación de la actividad antiedematogénica tópica y antibacteriana del extracto metanólico de hojas de *Sideroxylon obtusifolium*. **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, p. 131-140, 2016.

ARAÚJO, M.J.C.; CÂMARA, C. A. G.; BORN, F. S.; MORAES, M. M.; BADJI, C. A. Acaricida activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 139–155, 2012.

ARAÚJO, M. S. C.; COSTA, J. W.; COSTA, A. A.; TOCCHIO, P. S. P. L.; ARAÚJO, L. S. A.; NUNES, V. M. A. A utilização de plantas medicinais e da fitoterapia em comunidades assistidas pela Estratégia Saúde da Família. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, v. 17, p. 6-16, 2015.

ARAÚJO, C. A.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; VASCONCELOS, G. J. N.; PEREIRA, M. R. S.; ZARTMAN, C. E. First record of the chemical composition of essential oil of *Piper bellidifolium*, *Piper durilignum*, *Piper acutilimum* and *Piper consanguineum* from the Brazilian Amazon forest. **Acta Amazonica**, v. 48, p. 330-337, 2018.

- ARAÚJO, M. J. C.; MORAES, M. M.; BORN, F. S.; CAMARA, C. A. G. Acaricidal property and repellent action against *Tetranychus urticae* Koch of essential oils from three species of *Piper* that occur in fragments of the Atlantic Forest in the State of Pernambuco, Brazil. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 3, p. 629-638, 2020
- ASSIS, C. P. O.; GONDIM JR, M. G. C.; SIQUEIRA, H. A. A.; CÂMARA, C. A. G. Toxicity of essential oils from plants towards *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) and *Suidasia pontifica* Oudemans (Acari: Astigmata). **Journal of Stored Products Research**, v. 47, p. 311-315, 2011.
- AUTRAN, E. S.; NEVES, I. A.; SILVA, C. S. B.; SANTOS, G. K. N.; CÂMARA, C. A. G.; NAVARRO, D. M. A. F. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresource Technology**, v. 100, p. 2284–2288, 2009.
- BAY-HURTADO, F.; LIMA, R. A.; TEIXEIRA, L. F.; SILVA, I, C, F, S.; BAY, M.; AZEVEDO, M. S.; FACUNDO, V. A. Atividade antioxidante e caracterização do óleo essencial das raízes de *Piper marginatum* Jacq. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 1504 – 1511, 2016.
- BRAGA, A. G. S.; BARBIERI, F. S.; BRITO, L. G.; CELESTINO, C. O.; COSTA, T. S.; FACUNDO, V. A. Atividade pesticida de extratos de *Piper tuberculatum* Jacq sobre *Haematobia irritans* L. **Biota Amazonia**, v. 7, p. 54-57, 2017.
- BRAGA, A. G. S.; SOUZA, K. F. A.; BARBIERI, F. S.; FERNANDES, C. F.; ROCHA, R. B.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; LACERDA, C. L.; CELESTINO, C. O.; FACUNDO V. A.; BRITO, L. G. Acaricidal activity of extracts from different structures of *Piper tuberculatum* against larvae and adults of *Rhipicephalus microplus*. **Acta Amazônica**, v. 48, p. 57-62, 2018.
- BRANQUINHO, L. S.; SANTOS, J. A.; CARDOSO, C. A. L.; MOTA, J. S.; LANZA JUNIOR, U.; KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Anti-inflammatory and toxicological evaluation of essential oil from *Piper glabratum* leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 198, p. 372-378, 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico sobre aditivos Aromatizantes**. Dispõe sobre os aditivos aromatizantes que são produzidos e comercializados nos territórios dos Estados Partes do MERCOSUL, ao comércio entre eles e às importações extrazona. ANVISA, Resolução da Diretoria Colegiada-RDC nº 2 de 15 de janeiro, Anexo 2, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.
- BRÚ, J.; GUZMAN, J. D. Folk medicine, phytochemistry and pharmacological application of *Piper marginatum*. **Revista Brasileira de Farmacognosia** v. 26, p. 767–779, 2016.
- CARVALHO-SILVA, M.; GUIMARÃES, E. F.; MEDEIROS E. V. S. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Piperaceae. **Boletim Botânico Universitário de São Paulo**, v. 31, p. 27-40, 2013.

- CARNEIRO, J. N. P.; CRUZ, R. P.; SILVA, J. C. P.; ROCHA, J. E.; FREITAS, T. S.; SALES, D. L.; BEZERRA, C. F.; ALMEIDA, W. O.; COSTA, J. G. M.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; REBELO, R. A.; BEGNINI, I. M.; COUTINHO, H. D. M.; MORAIS-BRAGA, M. F. B. *Piper diospyrifolium* Kunth.: Chemical analysis and antimicrobial (intrinsic and combined) activities. **Microbial Pathogenesis**, v. 136, p. 1-9, 2019.
- CASTRO, M. J. P.; SILVA, P. H. S.; PÁDUA, L. E. M. Atividade de extrato de *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 3, p. 437-442, 2008.
- CELESTINO, C. O.; RIBEIRO VARÃO, C. A.; VELUDO, H. H.; BRAGA, A. G.; LIMA, R. A. Ação inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* (Jacq.). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 3, n. 2, p. 3-9, 2016.
- CHAHAL, J.; OHLYAN, R.; KANDALE, A.; WALIA, A.; PURI, S. Introduction, phytochemistry, traditional uses and biological activity of Genus *Piper*: A review. **International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research**, v. 2, p. 130-144, 2011.
- CHANPRAPAI, P.; CHAVASIRI, W. Antimicrobial activity from *Piper sarmentosum* Roxb. against rice pathogenic bacteria and fungi. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 2513-2524, 2017.
- CHITRA, S.; SUBRAMANIAN, S. Stored insect pests and their damage symptoms: An overview. **Journal of Grain Storage Research**, v. 78, p. 5-58, 2016.
- DOREVICH, S.; DWORKIN, M. S.; DEFLORIO, S. A.; JANDA, W. M.; WELLNER, J.; HERSHOW, R. C. Enteric pathogens in stool, samples of Chicago- área water recreators with new-onset gastrointestinal symptoms. **Water Research**, v. 46, p. 4961-4972, 2012.
- ESTRELA, J. L.V.; FAZOLIN M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. Toxicity of essential oils of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* against *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 217-222, 2006.
- FACUNDO, V. A.; POLLI, A. R.; RODRIGUES, R. V.; MILITÃO, J. S. I. T.; STABELLI, R. G.; CARDOSO, C. T. Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* H. B. K. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008).
- FARRÉ-ARMENGOL, G.; FILELLA, I.; LLUSIA, J.; PEÑUELAS, J. β -ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms. **Molecules**, v. 22, p. 1148-1157, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p.175-204, 2000.

FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros em Produtos Armazenados e na Poeira Domiciliar**. Editora: FEALQ, 1986

FRANZ, C. M. Essential oil research: past, present and future. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, p. 112-113, 2010.

GAÍNZA, Y. A.; FANTATTO, R. R.; CHAVES, F. C. M.; BIZZO, H. R.; ESTEVES, S. N.; CHAGAS, A. C. S. *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* isolates: cross resistance and the research of natural bioactive compounds. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 25, p. 383-393, 2016.

GELLER, M.; HAHNSTADT, L.; REGO, R. M.; FERNÁNDEZ-CALDAS, E. Anafilaxia induzida por farinha de trigo contaminada por ácaros. **Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia**, v. 32, p. 199-201, 2009.

GHAZOUANI, N.; SIFAOU, I.; BACHROUCH, O.; ABDERRABBA, M.; PINERO, J. E.; LORENZO-MORALES, J. Essential oil composition and anti *Acanthamoeba* studies of *Teucrium ramosissimum*. **Experimental Parasitology**, v. 183, p. 207-211, 2017.

GOBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Mediciniais: Fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos Secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381, 2007.

GOGOSZ, A. M.; BOEGER, M. R. T.; NEGRELLE, R. R. B.; BERGO, C. Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero *Piper* (Piperaceae). **Rodrigésia**, v. 63, p. 405-417, 2012.

GONÇALVES, R.; AYRES, V. F. S.; MAGALHÃES, L. G.; CROTTI, A. E. M.; CORRÊA, G. M.; GUIMARÃES, A. C.; TAKEARA, R. Chemical composition and schistosomicidal activity of essential oil of two *Piper* species from the Amazon Region. **Journal of essential Oil Bearing Plants**, v. 21, p. 811-820, 2019.

HASTUTI, U. S.; UMMAH, Y.P. I.; KHASANAH, H. N. Antifungal activity of *Piper aduncum* and *Peperomia pellucida* leaf ethanol extract against *Candida albicans*. **AIP Conference Proceedings**, v. 10, p. 1-8, 2017.

HUBERT, J.; STEJSKAL, V.; ATHANASSIOU, C. G.; THRONE, J. E. Health hazards associated with arthropod infestation. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 553-573, 2018.

ISLAM, A. K. M. M.; YEASMIN, S.; QASEM, J. R. S.; JURAIMI, A. S.; ANWAR, M. D. P. Allelopathy of medicinal plants: Current status and future prospects in weed management. **Agricultural Sciences**, v. 9, p. 1569-1588, 2018.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v. 72, p. 57-65, 2015.

- JAGADEESAN, R. NAYAK, M. K. Phosphine resistance does not confer cross-resistance to sulfuryl fluoride in four major stored grain insect pests. **Pest Management Science**, v. 73, p. 1391-1401, 2017.
- JUGREET, B. S.; SUROOWAN, S.; RENGASAMY, R. R. K.; MAHOMOODALLY, M. F. Chemistry, bioactivities, mode of action and industrial applications of essential oils. **Trends in Food Science & Technology**, v. 101, p. 89-105, 2020.
- KALAIARASI, V.; JOHNSON, M.; JANAKIRAMAN, N.; SIVARAMAN, A. Phytochemical and Antibacterial Studies on *Peperomia Pellucida* (L.) H.B.K. **International Journal of Pharmaceutical Science and Research**, v. 1, p. 04-06, 2016.
- KAMAL, J. Allelopathy: A brief review. **Journal of Novel Applied Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2020.
- KHAN, R. A. Natural products chemistry: The emerging trend and prospective goals. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 26, p. 739-753, 2018.
- KIM, E. H.; KIM, H. K. AHN, Y. J. Acaricidal activity of plant essential oils against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 6, p. 77-82, 2003.
- KANG, Z. W.; LIU, F. H.; ZHANG, Z. F.; TIAN, H. G.; LIU, T. X. Volatile β -ocimene can regulate developmental performance of peach aphid *Myzus persicae* through activation of defense responses in chinese cabbage *Brassica pekinensis*. **Frontiers in Plant Sciences**, v. 9, p. 708-719, 2018.
- KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidiae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum** v. 40, p. 2-10, 2018.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- LAGO, J. H. G.; CHEN, A.; YOUNG, M. C. M.; GUIMARÃES, E. F.; OLIVEIRA, A.; KATO, M. J. Prenylated benzoic acid derivatives from *Piper aduncum* L. and *P. hostmannianum* C. DC. (Piperaceae). **Phytochemistry Letters**, v. 2, 96-98, 2009.
- LAGO, J. H. G.; RAMOS, C. S.; CASANOVA, D. C. C.; MORANDIM, A. A.; BERGAMO, D. C.; CAVALHEIRO, A. J.; BOLZANI, V. S.; FURLAN, M.; GUIMARÃES, E. P.; YOUNG, M. C.; KATO, M. J. Benzoic Acid Derivatives from *Piper* Species and Their Fungitoxic Activity against *Cladosporium cladosporioides* and *C. sphaerospermum*. **Journal of Natural Products**, v. 67, p. 1783-1788, 2004.
- LANGENHEIM, J. H. Higher plant terpenoids: A phytocentric overview of their ecological roles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 6, p. 1223-1280, 1994.

- LEAL, A. L. A. B.; BEZERRA, C. F.; ROCHA, J. E.; SANTOS, A. T. L.; CRUZ, R. P.; CARNEIRO, J. N. P.; SALES, D. L.; FREITAS, T. S.; TINTINO, S. R.; ALMEIDA, W. O.; AMARAL, W.; SILVA, L. E.; FERRIANI, A. P.; MAIA, B. H. L. N. S.; MORAIS-BRAGA, M. F. B.; BARRETO, H. M.; COUTINHO, H. D. M. *Piper cernuum* Vell.: Chemical profile and antimicrobial potential evaluation. **Industrial Crops & Products**, v. 140, p. 1-9, 2019.
- LIMA, R. A.; BARROS, A. C.V.; ALMEIDA, K. P. C.; PANTOJA, T. M. A. Prospecção fitoquímica do extrato vegetal de *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) e seu potencial antimicrobiano. **Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 11, p. 316-334, 2018.
- LI, Y.; YANG, L.; FU, J.; YAN, M.; CHEN, D.; ZHANG, L. Microbial pathogenic and virulence mediated by integrons on Gram-positive. **Microbial pathogenesis**, v. 111, p. 481-486, 2017.
- LO, D. S.; SHIEH, H. H.; RAGAZZI, S. L. B.; KOCH, V. H. K.; MARTINEZ, M. B.; GILIO, A. E. Infecção urinária comunitária: etiologia segundo idade e sexo. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 35, p. 93-98, 2013.
- LORINI, I. **Controle integrado de pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 52 p., 1998.
- MACCHIONE, F.; CIONE, P. L.; FLAMINI, G.; MORELLI, I.; PERRUCCI, S.; FRANCESCHI, A.; MACCHIONE, G.; CECCARINE, L. Acaricidal activity of pine essential oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored food mite. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4586-4588, 2002.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and Vigor 1. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MAJOLO, C.; MONTEIRO, P. C.; NASCIMENTO, A. V. P.; CHAVES, F. C. M.; GAMA, P. E.; BIZZO, H. R.; CHAGAS, E. C. Essential Oils from Five Brazilian *Piper* Species as Antimicrobials Against Strains of *Aeromonas hydrophila*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, p. 746-761, 2019.
- MARTINAZZO, A. P.; OLIVEIRA, F. S.; TEODORO, C. E. S. Atividade antifúngica do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* no controle do *Aspergillus flavus*. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 01-08, 2019.
- MARTINS NETO, M.; DANESI, C. C.; UNFER, D. T. Candidíase Bucal Revisão da Literatura. **Saúde**, v. 31, p. 16-26, 2005.
- MARTINS, S. A.; SANTOS, R. C.; RAMOS, A. R.; FIGUEIREDO, P. L. B.; SILVA, C. R.C.; SILVA, J. K R. Allelopathic potential and phytochemical screening of *Piper divaricatum* extracts on germination and growth of indicator plant (*Lactuca sativa*). **South African Journal of Botany**, v. 138, p. 495-499, 2021.
- MASOMI, F.; HASSANSHAHIAN, M. Antimicrobial Activity of Five Medicinal Plants on *Candida albicans*. **Iranian Journal of Toxicology**, v. 10, p. 39-43, 2016.

- MELO, E. A.; MANCINI, FILHO, J.; GUERRA, N. B.; MACIEL, G. R. Atividade Antioxidante de Extratos de Coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 23, p. 195-199, 2003.
- MENDES, V. A.; STOCCO, P.; LARA, A. C.; OLIVEIRA, C. M. O.; LISBOA, H. C. F. Avaliação do uso de produtos naturais na prática do profissional de saúde. **Revista Saúde (Santa Maria)**, v. 44, p. 1-7, 2018.
- MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; GOMES, M.; ANDRADE, J. S.; TEIXEIRA, M. L. Allelopathic activity of medicinal plant essential oils on seed germination and vigor of lettuce achenes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, s1, p. 1783-1798, 2015.
- MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; ANDRADE, J. S.; OLIVEIRA, C. M. Comparative analyses of potential allelopathic of *Thymus vulgaris* essential oil and its major constituent in germination and vigor of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.). **Exacta**, v. 8, n. 2, p. 45-53, 2015.
- MOEINI, R.; MEMARIANI, Z.; ASADI, F.; BOZORGI, M.; GORJI, N. *Pistacia* genus as a potential source of neuroprotective natural product. **Planta Medica**, p. 1014-1075, 2019.
- MOGHADDAM, M.; MEHDIZADEH, L. **Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents**. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. Soft chemistry and food fermentation. Academic Press, p. 379-419, 2017.
- MOLONEY, M. G. Natural Products as a Source for Novel Antibiotics. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 37, p. 689-701, 2016.
- MONZOTE, L.; SCULL, R.; COS, P.; SETZER, N. Essential Oil from *Piper aduncum*: Chemical Analysis, Antimicrobial Assessment, and Literature Review. **Medicines** v. 4, p. 1-14, 2017.
- MORAES, M. M.; SILVA, T. M. G.; SILVA, R. R.; RAMOS, C. S.; CÂMARA, C. A. G. Circadian variation of essential oil from *Piper marginatum* Jacq. **Boletim Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, p. 270-277, 2014.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. S4050-S4063, 2009.
- NAVICKIENE, H. M. D.; MORANDIM, A. A.; ALÉCIO, A. C.; REGASINI, L. O.; BERGAMO, D. C. B.; TELASCREA, M.; CAVALHEIRO, A. J.; LOPES, M. N.; BOLZANI, V. S.; FURLAN, M.; MARQUES, M. O. M.; YOUNG, M. C. M.; KATO, M. J. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 467-470, 2006.
- NIGEBGA, P. M.; CUI, G.; KHALID, M. Z.; ZHONG, G. Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. **Agriculture**, v. 12, p. 600-624, 2022.
- OLIVEIRA, L. F.; DAMASCENO, C. S.; CAMPOS, R.; SOUZA, A. M.; MENDES, G. J. A. F.; DIAS, J. F. G.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D. Chemical composition of the volatile

oil of *Croton glandulosus* Linnaeus and its allelopathic activity. **Natural Product Research**, v. 35, p. 4803-4806, 2021.

OLIVEIRA, M. R.; SILVA, L. A.; SILVA, R. S.; QUEIROZ, C. C. B.; TAKEARA, R. Chemical composition and biological activities of essential oils of *Piper* species from the Amazon. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n. 6, p. 536-548, 2021.

OYEMITAN, I. African medicinal spices of genus *Piper*. **Medicinal spices and vegetables from Africa: Therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases**, p. 581-597, 2017.

PACHECO, F. P.; NOBREGA, L. H. P. N.; TONINI, M.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Common bean seeds quality during storage under treatments with potential repellent of aromatic plants. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, p. 473-479, 2016.

PAIXÃO, L. A.; CASTRO, F. F. S. A colonização da microbiota intestinal e sua influência na saúde do hospedeiro. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 14, p. 85-96, 2016.

PASCOLI, I. C.; ANJOS, M. M.; SILVA, A. A.; LORENZETI, F. B.; CORTEZ, D. A. G.; MIKCHA, J. M. G.; NAKAMURA, T. U.; NAKAMURA, C. V.; ABREU FILHO, B. A. Piperaceae extracts for controlling *Alicyclobacillus acidoterrestris* growth in commercial orange juice. **Industrial Crops & Products**, v. 116, p. 224-230, 2018.

PEREIRA, A. C. C.; CASTRO, G. L. S.; RODRIGUES, P. C.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, D. A.; SOUZA, C. R. B. An endophytic *Pseudomonas* sp. of *Piper tuberculatum* promotes growth on *Piper nigrum* through increase of root biomass production. **Physiological and Molecular Phatology**, v. 108, p. 101420, 2019.

PERRUCCI, S. Acaricidal activity of some essential oils and their constituents against *Tyrophagus longior*, a mite of stored food. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 5, p. 560–563, 1995.

PINTO, A. C.; SILVA, D. H. S.; BOLZANI, V. S.; LOPES, N. P.; EPIFANIO, R. A. Produtos Naturais: Atualidade, Desafios e Perspectivas. **Quimica Nova**, v. 25, p. 45-61, 2002.

POOLMAN, J. T. *Escherichia coli*. In: QUAH, S. R. **International Encyclopedia of Public Health** 2 nd edition 2 585-593. Academic Press, 2016.

PORTET, B.; FABRE, N.; ROZENBERG, R.; HABIB-JIWAN, J. L.; MOULIS, C.; QUATIN-LECLERQ, J. Analysis of minor flavonoids in *Piper hostmannianum* var. *berbicense* using liquid chromatography coupled with atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1210, p. 45-54, 2008.

PUKCLAI, P.; KATO-NOGUCHI, H. Allelopathic Activity of *Piper sarmentosum* Roxb. **Asian Journal of Plants Sciences**, v. 10, p. 147-152, 2011.

QIN, W.; HUANG, S.; LI, C.; CHEN, S.; PENG, Z. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on

Brontispa longissima (Gestro) (Coleoptera: Hispididae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 96, p. 132-139, 2010.

RAMOS, L. S.; SILVA, M. L.; LUZ, A. I. R.; ZOGHBI, M. G. B.; MAIA, J. G. S. Essential Oil Of *Piper marginatum*. **Journal of Natural Products** v. 49, p. 712-741, 1986.

RAPADO, L. N.; NAKANO, E.; OHLWEILER, E. P.; KATO, M. J.; YAMAGUCHI, L. F.; PEREIRA, C. A. B.; KAWANO, T. Molluscicidal and ovicidal activities of plant extracts of the Piperaceae on *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). **Journal of Helminthology**, v. 85, 66-72, 2011.

REDDY, P. S.; JAMIL, K.; MADHUSUDHAN, P.; ANJANI, G.; DAS, B. Antibacterial Activity of Isolates from *Piper longum* and *Taxus baccata*. **Pharmaceutical Biology**, v. 39, p. 236, 238, 2001.

REGASINI, L. O.; COTINGUIBA, F.; PASSERINI, G. D.; BOLZANI, V. S.; CICARELLI, R. M. B.; KATO, M. J.; FURLAN, M. Trypanocidal activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, p. 199-203, 2009a.

REGASINI, L. O.; COTINGUIBA, F.; MORANDIM, A. A.; KATO, M. J.; SCORZONI, L.; MENDES-GIOANNINI, M. J.; BOLZANI, V. S.; FURLAN, M. Antimicrobial activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) against opportunistic yeasts. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 12, p. 2866-2870, 2009b.

REIGOSA, M.; GOMES, A. S.; FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013.

REIS, AF.; QUEIROZ, M.A.S.; ROCHA, Y. A. Análise logística de exportação pelo município de Itacoatiara. Vantagens e Desvantagens. Possíveis soluções. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 12 p., 2016.

RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIN, J. D.; GONÇALVES, G. L. P.; ANSANTE, T. F.; GLORIA, E. M.; LOPES, J. C.; MELLO-SILVA, R.; FERNANDES, J. B. Searching for promising sources of grain protectors in extracts from Neotropical Annonaceae. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales**, v. 15, p. 215-232, 2016.

RIBEIRO, N.; CAMARA, C.; RAMOS, C. Toxicity of essential oils *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). **Chilean Journal Of Agricultural Research**, v. 76, p. 71-76, 2016.

RIFFEL, A.; COSTA, J. G. **Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura**. 1^a ed. – Aracajú : Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 16 e 19, 2015.

RITO, D. S.; VIEIRA, E. F. T.; MENEZES, I. C.; LAMEIRA, O. A.; POLTRONIERI, M. C.; LEMOS, O. F.; RODRIGUES, S. M. Caracterização morfológica de piperáceas nativas conservadas em casa de vegetação. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e33410615686, 2021.

ROACH, C. R.; HALL, D. E.; ZERBE, P.; BOHLMANN, J. Plasticity and evolution of (-)-3-carene synthase and (-)-sabinene synthase functions of a Sitka Spruce monoterpene synthase

gene family associated with weevil resistance. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 289, n. 34, p. 23859-23869, 2014.

ROEDER, T. Octopamine in invertebrates. **Progress in Neurobiology**, v. 59, p. 533-561, 1999.

ROSADO-AGUILAR, A. J.; ARJONA-CAMBRANES, K.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I.; BOLIO-GONZÁLEZ, M. E.; ORTEGA-PACHECO, A.; ALZINA-LÓPEZ, A.; GUTIÉRREZ-RUIZ, E. J.; GUTIÉRREZ-BLANCO, E.; AGUILAR-CABALLERO, A. J. Plant products and secondary metabolites with acaricide activity against ticks. **Veterinary Parasitology**, v. 30, p. 66-76, 2017.

ROSADO, L. D. S.; RODRIGUES, H. C. A.; PINTO, J. E. B. P.; CUSTÓDIO, T. N.; PINTO, L. B. B.; BERTULUCCI, S. K. V. Alelopatia do extrato aquoso e do óleo essencial de folhas do manjerição “Maria Bonita” na germinação de alface, tomate e melissa. **Revista Brasileira de Pantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 422-428, 2009.

SALAZAR, G. J. T.; SOUSA, J. P.; LIMA, C. N. F.; LEMOS, I. C. S.; SILVA, A. R. P.; FREITAS, T. S.; COUTINHO, H. D. M.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C. Phytochemical characterization of the *Baccharis dracunculifolia* D. C. (Asteraceae) essential oil and antibacterial activity evaluation. **Industrial Crops & Products**, v. 122, p. 591-595, 2018.

SALES, S. S.; MONTEIRO, A. B.; DELMONDESA, G.; NASCIMENTO, E. P.; FIGUÊIREDO, F. R. S. D. N.; RODRIGUES, C. K. S.; LACERDA, J. F. E.; FERNANDES, C. N.; BARBOSA, M. O.; BRASIL, A. X.; TINTINO, S. R.; GOMEZ, M. C. V.; CORONEL, C.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M.; FELIPE, C. F. B.; MENEZES, I. R. A.; KERNTOPF, M. R. Antiparasitic activity and essential oil chemical analysis of the *Piper tuberculatum* Jacq fruit. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 17, n. 1, p. 268-275, 2018.

SAMAIN, M.S.; VRIJDAGHS, A.; HESSE, M.; GOETGHEBEUR, M.H.; RODRIGUES, F.J.R.; STOLL, A.; NEINHUIS, C.; WANKE, S. *Verhuellia* is a segregate lineage in Piperaceae: more evidence from flower fruit and pollen morphology, anatomy and development. **Annals of Botany**, v. 105, p. 88-677, 2010.

SÁNCHEZ-RAMOS, I.; CASTAÑERA, P. Acaricidal activity of natural monoterpenes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. **Journal of Stored Products Research**, v. 37, p. 93-101, 2001.

SANTANA, M. L. G.; LEAL, T. T. B.; MELO, J. P. R.; CAMARA, C. A. G. Atividades inseticidas de óleos essenciais de *Mentha spicata* L. e *Menta arvensis* L. sobre *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae). **Global Sciences and Technology**, v. 12, p. 126-132, 2019.

SANTOS, J. P.; PRATES, H. T. Perspectivas de uso de produtos naturais provenientes de plantas, no manejo integrado de pragas de grãos armazenados. **Anais da Conferência Brasileira De Pós-Colheita**, Porto Alegre, Passo Fundo: ABRAPÓS: CESA: Embrapa Trigo, v. 1, p. 23-37, 1999).

SANTOS, N. Q. A Resistência Bacteriana no Contexto da Infecção Hospitalar. **Texto Contexto Enfermagem**, v. 13, p. 64-70, 2004.

SANTOS, A. L.; SANTOS, D. O.; FREITAS, C. C.; FERREIRA, B. L. A.; AFONSO, I. F.; RODRIGUES, C. R.; CASTRO, H. C. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 43, p. 413-423, 2007.

SANTOS, M. S.; POSER, G.; BORDIGNON, S.; RIBEIRO, V. L. S.; FERRAZ, A. B. F. Análise química e avaliação da atividade acaricida das folhas de *Piper amalago*, *P. mikonianum* e *P. xyslostoides* em larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, p. 65-71, 2010.

SANTOS, T. G.; REBELO, R. A.; DALMARCO, E. M.; GUEDES, A.; GASPER, A. L.; CRUZ, A. B.; SCHMIT, A. P.; CRUZ, R. C. B.; STEINDEL, M.; NUNES, R. K. Composição Química e Avaliação da Atividade Antimicrobiana do Óleo Essencial das Folhas de *Piper malacophyllum* (C. Presl.) C. DC. **Química Nova**, v. 35, p. 477-4881, 2012.

SANTOS, M. R. A.; LIMA, R. A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, C. A. D.; ALPIREZ, P. P. V.; FACUNDO, V. A. Composição química e atividade inseticida do extrato acetônico de *Piper alatabaccum* Trel & Yuncker (Piperaceae) sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 332-336, 2013.

SANTOS, W. B.; MAJOLO, C.; SANTOS, D. S.; ROSA, M. C.; MONTEIRO, P. C.; ROCHA, M. J. S.; OLIVEIRA, M. I. B.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C. In vitro efficacy of essential oils of Piperaceae species in the control of acanthocephalan *Neoechinorhynchus buttnerae*. **Brazilian Journal of Hygiene and Animal Sanity**, v. 12, p. 460-469, 2018.

SAUTER, I. P.; ROSSA, G. E.; LUCAS, A. M.; CIBULSKI, S. P.; ROEHE, P. M.; SILVA, L. A.; ROTT, M. B.; VARGAS, R. M. F.; CASSEL, E.; POSER, G. L. Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 292-295, 2012.

SAWYER, D. **População e desenvolvimento sustentável na Amazônia [livro eletrônico]** Brasília : UNFPA-Fundo de População das Nações Unidas - (Série população e desenvolvimento sustentável, p. 20, 2015.

SEKINE, T.; APPIAH, K. S.; AZIZI, M.; FUJII, Y. Plant growth inhibitory activities and volatile active compounds of 53 spices and herbs. **Plants**, v. 9, p. 26

4-277, 2020.

SEQUEDA-CASTAÑEDA, L. G.; CÉLIS, C.; GUTIÉRREZ, S.; GAMBOA, F. *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae): Phytochemical, therapeutic, botanical insecticidal and phytosanitary uses. **Pharmacology Online** v. 138, p. 136-145, 2015.

SILVA, N. R.; SILVA, G. A.; PICANÇO, M. C.; XAVIER, V. M.; PEREIRA, R. M.; TOMAZ, A. C. Toxicidade de Extratos de Plantas ao Ácaro Rajado *Tetranychus urticae*. **VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, v. 6, p. 1-4, 2009.

SILVA, D. M. H.; BASTOS, C. N. Atividade Antifúngica de Óleos Essenciais de Espécies de *Piper* Sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 143-145, 2007.

SILVA-SANTOS, A.; BIZZO, H. R.; ANTUNES, A. M. S.; D'AVILA, I. A. A participação da indústria óleo-cítrica na balança comercial brasileira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, p. 8-13, 2006.

SILVA, M. A.; PASSARINI, G. M.; MARTINEZ, L. N.; FACUNDO, V. A.; TELES, C. G. B.; KUEHN, C. C. Chemical constituents and bioactivities of essential oils from plants of the genus *Piper* L. (Piperaceae): A review. **South American Journal**, v. 6, n. 2, p. 776-817, 2019.

SILVA, L. E.; CONFORTIN, C.; AMARAL, W.; ALBERTON, M. D.; PAIM, M.; SANTOS, S. C.; REBELO, R. A. Screening for inhibitory activity of volatile oils from *Piper* spp. on acetylcholinesterase and α -glucosidase. **Rodriguésia**, v. 72, p. e00492020, 2021.

SIQUEIRA, J. S. S.; BATISTA, S. A.; SILVA JR, A.; FERREIRA, M. F.; AGOSTINI, M.; TORRES, S. R. Candidíase oral em pacientes internados em UTI. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 71, p. 176-179, 2014.

SHINOHARA, N. K. S.; BARROS, V. B.; JIMENEZ, S. M. C.; MACHADO, E. C. L.; DUTRA, R. A. F.; LIMA FILHO, J. L. *Salmonella* spp., importante agente patogênico veiculado em alimentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 1675-1683, 2008.

SOARES, L. A.; NISHI, C. Y. M.; WAGNER, H. L. Isolamento das bactérias causadoras de causadores de infecções urinárias e seu perfil de resistência aos antimicrobianos. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 2, p. 84-92, 2006.

SOUSA, J. M.; GONDIM JR, M. G. C.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. Ácaros em produtos armazenados comercializados em supermercados e feiras livres da cidade do Recife. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 303-309, 2005.

SOUSA, E. P. S.; SILVA, P. H. S.; PÁDUA, L. E. M.; BARRETO, A. L. H. Toxicidade do óleo essencial de *Piper tuberculatum* Jacq. em ninfas de segundo ínstar do percevejo-vermelho-do-caupi *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (Hemiptera; Coreidea). **Congresso Brasileiro de Defensivos Agrícolas Naturais**, v. 5 - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011.

SOUSA, T. M.; CUNHA NETO, A.; HERNANDES, T.; SOUTO, P. C. S. Microrganismos Patogênicos e Indicadores de Condições Higiênico-Sanitária em Carne Moída Comercializada na Cidade de Barra do Garças, MT. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, p. 124-130, 2012.

SOUZA-FILHO, A. P.S.; VASCONCELOS, M. A. M.; ZOGHBI, M. G. B.; CUNHA, R. L. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 389-396, 2009.

SOUZA, M. T. BERNARDI, D.; KRINSKI, D.; MELO, D. J.; OLIVEIRA, D. C.; RAKES, M.; ZARBIN, P. H. G.; MAIA, B.H. L. N. S.; ZAWADNEAK, M. A. C. Chemical

composition of essential oils of selected species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and *Trichopria anastrephae*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 13056-13065, 2020.

SURESH, T.; HATHA, A. A. M.; SREENIVASAN, D.; SANGEETHA, N.; LASHMANAPERUMALSAMY, P. Prevalence and antimicrobial resistant of *Salmonella enteritidis* and other salmonelas in the eggs and egg-storing trays from retails markets of Coimbatore, South India. **Food Microbiology**, v. 23, p. 294-299, 2006.

TAKEARA, R.; GONÇALVES, R.; AYRES, V. F. S.; GUIMARÃES, A. C. Biological Properties of Essential Oils from the *Piper* Species of Brazil: A Review. In: EL-SHEMY, H. A. **Aromatic and Medicinal Plants - Back to Nature**. Intec Open : Croatia, p. 81-93, 2017.

TORRES, S. R.; PEIXOTO, C. B.; CALDAS, D. M.; SILVA, E. B.; AKITI, T.; NUCCI, M.; UZEDA, M. Relationship between salivary flow rates and *Candida* counts in subjects with xerostomia. **Oral, Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 93, p. 149-154, 2002.

TREMATERRA, P.; PAULA, M. C. Z.; SCIARRETA, A.; LAZZARI, S. M. N. Spatial-Temporal Analysis of Insect Pests Infesting a Paddy Rice Storage Facility. **Crop Protection**, v. 33, p. 469-479, 2004.

VAN BELKUN, A.; MELLES, D. C.; NOUWEN, J.; VAN LEEUWEN, W. B.; VAN WAMEL, W.; VOS, M. C.; WERTHEIM, H. F. L.; VERBRUGH, H. A. Co-evolutionary, aspects of human colonisation and infection by *Staphylococcus aureus*. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 9, p. 32-47, 2009.

VEIGA, J. B.; SCUDELLER, V. V. Etnobotânica e medicina popular no tratamento de malária e males associados na comunidade ribeirinha Julião – baixo Rio Negro (Amazônia Central). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 737-747, 2015.

VIANA, G. A.; SAMPAIO, C. G.; MARTINS, V. E. P. Produtos Naturais de origem vegetal como ferramentas alternativas para o controle larvário de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* larvae control. **Revista de Saúde e Ciências Biológicas**, v. 6, p. 449-462, 2016.

VIEGAS JR, C.; BOLZANI, V. S. Os Produtos Naturais e a Química Medicinal Moderna. **Química Nova**, v. 29, p. 326-337, 2006.

VILLAMIZAR, L. H.; CARDOSO, M. G.; ANDRADE, J. TEIXEIRA, M. L.; SOARES, M. J. Linalool, a *Piper aduncum* essential oil component, has selective activity against *Trypanosoma cruzi* trypomastigote forms at 4° C. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 112, p. 131-139, 2017.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância** – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v. 16 p., 2010.

VORIS, D. G. R.; DIAS, L. S.; LIMA, J. A.; LIMA, K. S. C.; LIMA, J. B. P.; LIMA, A. L. S. Evaluation of larvicidal, adulticidal, and anticholinesterase activities of essential oils of *Illicium verum* Hook. F., *Pimenta dioica* (L.) Merr., and *Myristica fragrans* Houtt. against

Zika vírus vectors. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 22541-22551, 2018.

WORANOOT, K.; BUARUANG, R.; ARANYAKANON, K.; RATANASUT, K.; KONGBANGKERD, A.; JANNOEY, P.; NANGNGAM, P.; CHOOPAYAK, C. *Fusarium solani* upregulated sesquiterpene synthase expression, sesquiterpene production and allelopathic activity in *Piper betle* L. **Rice Science**, v. 26, n. 5, p. 290-299, 2019.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SOUZA, P. E.; PIMENTEL, F. A.; GUIMARÃES, L. G. L.; SALGADO, A. P. S. P. Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopagênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 193-198, 2009.

ZÉCRI, F. J.; ALBERT, R.; LANDRUM, G.; HINTERDING, K.; COOKE, N. G.; GUERINI, D.; STREIFF, M.; BRUNS, C.; NUSSLIN-HILDSSHEIM, B. Pyrazole derived from (+)-3-carene; a novel potent, selective scaffold for sphingosine-1-phosphate (S1P1) receptor agonists. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 20, p. 35-37, 2010.