



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE
LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA



RODRIGO BASTOS DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS
ESSENCIAIS DAS FOLHAS E FRUTOS DE *Melaleuca leucadendra* SOBRE A
TRAÇA DAS CRUCÍFERAS (*Plutella xylostella*)**

RECIFE
2019

RODRIGO BASTOS DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS
ESSENCIAIS DAS FOLHAS E FRUTOS DE *Melaleuca leucadendra* SOBRE A
TRAÇA DAS CRUCÍFERAS (*Plutella xylostella*)**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito necessário à obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Augusto Gomes da Camara

RECIFE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237a Santos, Rodrigo Bastos dos.

Análise comparativa do potencial inseticida dos óleos
essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra* sobre a
traça das crucíferas (*Plutella xylostella*) / Rodrigo Bastos dos
Santos. – Recife, 2019.
69 f.: il.

Orientador(a): Cláudio Augusto Gomes da Camara.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife,
BR-PE, 2019.

Inclui referências.

1. Brassicas 2. Óleos essenciais 3. *Melaleuca leucadendra*
4. *Plutella xylostella* I. Camara, Cláudio Augusto Gomes da, orient.
II. Título

CDD 540

Rodrigo Bastos dos Santos

**ANÁLISE COMPARATIVA DO POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS
ESSENCIAIS DAS FOLHAS E FRUTOS DE *Melaleuca leucadendra* SOBRE A
TRAÇA DAS CRUCÍFERAS (*Plutella xylostella*)**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito necessário à obtenção do título de Licenciado em Química.

_____ em 28 de junho de 2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cláudio Augusto Gomes da Camara

Orientador

Prof. Dr. André Augusto Pimentel Liesen Nascimento

Examinador

Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho

Examinador

Mas os que confiam no Senhor renovam suas forças. Voam nas alturas como águias, correm e não ficam exaustos, andam e não se cansam.

Isaías 40:31

AGRADECIMENTOS

Grato sou a Deus, pois toda conquista até o presente momento foi sob Sua permissão. Senhor, que traz paz e felicidade eterna, a qual encontrei em seus braços um lugar de refúgio e fortaleza, sendo Ele, socorro bem presente nos momentos de angústia.

A minha família, que sempre me apoiou e ensinou a respeitar as diferenças, servir ao próximo e conquistar meu espaço. Em especial a minha mãe, Zélia de Bastos Melo, mulher virtuosa, que em todos os momentos me incentivou a perseverar em meus objetivos, a lidar com as frustrações e a sorrir em meio as dificuldades. Em tudo sou grato a ela, pois em toda sua vida não mediu esforço para proporcionar o melhor para mim e amar com tanta intensidade que em sua vida senti o grandioso amor do Pai.

A minha namorada, Bianca Pereira Moura, que suportou meus momentos de aflição e foi alicerce para minha vida acadêmica, me motivando em todas as etapas e aconselhando nos momentos de incertezas.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela educação superior de qualidade, sendo responsável pela construção teórica-científica deste futuro docente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cláudio Augusto Gomes da Camara, por ver em mim um pesquisador promissor e proporcionar além de um ambiente de trabalho, ensinamentos da vida dentro e fora da academia, bem como conhecimentos para o meu crescimento quanto licenciando em química.

Aos meus amigos do Laboratório de Produtos Naturais Bioativo, em especial a Marcílio, Carol e Milena, que no dia a dia tornaram as pesquisas mais prazerosas, sendo de fato companheiros, compartilhando seus conhecimentos e dando suporte nos momentos difíceis, ajudando-me a crescer a cada dia.

Aos meus amigos de turma, bem como de guerra, pois a cada período travamos diversas batalhas e juntos conquistamos cada degrau desta escada da vida rumo a formação. Em especial a Adrya, Johnies e Thaís, que além de amigos se tornaram irmãos e juntos vivemos momentos incríveis, sorrindo e reclamando das artimanhas desta jornada.

Grato sou também ao Colégio Imaculado Coração de Maria e aos meus amigos de estágio, que em um ambiente escolar me tornaram um cidadão melhor e contribuíram em meu aperfeiçoamento profissional.

Também agradeço aos amigos na fé, pois na necessidade de alimentar o espírito, fortaleceram-me e fizeram-me compreender que o maior reconhecimento está em Cristo Jesus, meu Senhor e Salvador.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo, investigar o potencial inseticida dos óleos essenciais das diferentes partes de *Melaleuca leucadendra*, sobre a traça das crucíferas, *Plutella xylostella*, contribuindo com os estudos destinados aos inseticidas botânicos. Para este fim, analisou-se comparativamente a atividade inseticida dos óleos das folhas e frutos de *M. leucadendra* sobre a *P. xylostella* por meio dos bioensaios de toxicidade larvica e toxicidade embriocida, comparando também seus resultados com o inseticida comercial Azamax®. Os OEs obtidos para folhas e frutos de *M. leucadendra*, apresentaram rendimento de 0,28% ± 0,05 e 0,18% ± 0,03 respectivamente, estando todos em padrões aceitáveis para plantas produtoras de óleos essenciais. Como constituinte majoritário destes óleos, foi caracterizado em ambas as partes o sesquiterpeno (*E*)-nerolidol em concentrações acima de 90%. Os resultados obtidos por meio do bioensaio de toxicidade larvica, demonstrou uma concentração média letal de 0,15 mg/mL e 0,17 mg/mL para os óleos dos frutos e folhas de *M. leucadendra*, respectivamente, porém não diferindo estatisticamente entre si. Para os experimentos realizados sobre a fase embrionária de *P. xylostella*, novamente não apresentou diferença estatística, exibindo CL₅₀ de 0,23 mg/mL e 0,28 mg/mL para os óleos das folhas e frutos, respectivamente. Ambos os óleos essenciais, assim como o constituinte majoritário, apresentaram maior toxicidade sobre a traça das crucíferas que o inseticida comercial Azamax® (CL₅₀ = 2,75 mg/mL e CL₅₀ = 2,57 mg/mL sobre as larvas e ovos, respectivamente), se mostrando promissores no controle da *Plutella xylostella*.

Palavras-chave: Brassicas. óleos essenciais. *Melaleuca leucadendra*. *Plutella xylostella*.

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate the insecticidal potential of the essential oils of the different parts of *Melaleuca leucadendra*, on the cruciferous moth, *Plutella xylostella*, contributing to the studies aimed at botanical insecticides. To this end, we analyzed comparatively the insecticidal activity of the leaf and fruit oils of *M. leucadendra* on *P. xylostella* by means of the larvicide toxicity bioassays and embryocid toxicity, also comparing its results with the insecticide Azamax[®] Commercial. The OEs obtained for leaves and fruits of *M. leucadendra*, presented yield of $0.28\% \pm 0.05$ and $0.18\% \pm 0.03$ respectively, being all in acceptable standards for plants producing essential oils. As the majority constituent of these oils, sesquiterpene (*E*)-nerolidol in concentrations above 90% was characterized in both parts. The results obtained through the larvicide toxicity Bioassay showed a lethal mean concentration of 0.15 mg/mL and 0.17 mg/mL for the oils of the fruits and leaves of *M. leucadendra*, respectively, but not statistically different. For the experiments carried out on the embryonic phase of *P. xylostella*, again there was no statistical difference, showing LC₅₀ of 0.23 mg/mL and 0.28 mg/mL for leaf and fruit oils, respectively. Both essential oils, as well as the majority constituent, presented higher toxicity on the cruciferous moth than the commercial insecticide Azamax[®] (LC₅₀ = 2,75 mg/mL and LC₅₀ = 2,57 mg/mL on the larvae and eggs, respectively), showing promising in the control of the *Plutella xylostella*.

Keywords: Brassicas. essential oils. *Melaleuca leucadendra*. *Plutella xylostella*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Constituintes majoritários das diferentes partes de <i>Melaleuca leucadendra</i> distribuídas em diferentes países.....	14
Figura 2. Hortaliças da família das <i>Brassicacea</i>	16
Figura 3. <i>Plutella xylostella</i> : fases do ciclo de vida.....	18
Figura 4. Classificações e exemplos de inseticidas sintéticos aplicados no controle de pragas.....	19
Figura 5. Óleo essencial.....	20
Figura 6. Monoterpenos e sesquiterpenos encontrados na composição química de óleos essenciais.....	22
Figura 7. <i>Melaleuca leucadendra</i> (L.) L.....	32
Figura 8. Aparelho tipo Clevenger modificado.....	45
Figura 9. Preparo de bioensaios: couve e soluções.....	48
Figura 10. Cromatograma dos óleos essenciais das folhas e frutos de <i>Melaleuca leucadendra</i> e seus constituintes majoritários.....	51
Figura 11. Compostos terpênicos da classe dos sesquiterpenos.....	54
Figura 12. Curvas de concentração-resposta dos óleos essenciais das folhas e frutos de <i>Melaleuca leucadendra</i> para os bioensaios sobre larvas e ovos de <i>Plutella xylostella</i>	59
Figura 13. Representação gráfica dos resultados obtidos das CL ₅₀ dos bioensaios de toxicidade larval e ovicida.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atividades e resultados de espécies do gênero <i>Melaleuca</i>	24
Tabela 2. Levantamento bibliográfico referente a espécie <i>Melaleuca leucadendra</i> e o uso de seu óleo essencial.....	34
Tabela 3. Rendimento e percentual relativo dos constituintes químicos identificados nos óleos essenciais das folhas e frutos de <i>Melaleuca leucadendra</i>	52
Tabela 4. Resultados do bioensaio de toxicidade larvícida obtidos a partir dos óleos essenciais de <i>Melaleuca leucadendra</i> , seu constituinte majoritário e o controle positivo sobre <i>Plutella xylostella</i>	56
Tabela 5. Resultados do bioensaio de toxicidade embriocida obtidos a partir dos óleos essenciais de <i>Melaleuca leucadendra</i> , seu constituinte majoritário e o controle positivo sobre <i>Plutella xylostella</i>	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Brassicaceae	16
2.2 Praga agrícola	17
2.2.1 <i>Plutella Xylostella</i>	17
2.3 Manejo Integrado de Pragas (MIP) e os inseticidas sintéticos	18
2.4 Óleos essenciais	20
2.5 Espécie vegetal	22
2.5.1 <i>Melaleuca leucadendra</i> (Myrtaceae)	22
3 METODOLOGIA	45
3.1 Coleta do material vegetal	45
3.2 Obtenção dos óleos essenciais	45
3.3 Análise e identificação dos óleos essenciais de <i>Melaleuca leucadendra</i> por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas	46
3.4 Criação de <i>Plutella xylostella</i>	46
3.5 Bioensaio de toxicidade larvívora	47
3.6 Bioensaio de toxicidade embriocida	48
3.7 Análises estatísticas	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Obtenção e determinação dos constituintes químicos dos óleos essenciais das folhas e frutos de <i>Melaleuca leucadendra</i>	50
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Plutella xylostella (L.) (Lepidóptera: Plutellidae), dentre as várias pragas que atingem a agricultura das *Brassic*as, se apresenta como a mais importante espécie nociva ao desenvolvimento agrícola das plantas desta família (RONDELLI et al, 2011). Grandes prejuízos a traça das crucíferas tem causado aos agricultores deste plantio, seu potencial de redução da qualidade final do produto, em alguns casos, pode levar a morte e perda total do cultivo (BARROS et al, 1993; CASTELO BRANCO e MEDEIROS, 2001). Na região nordeste brasileira, Pernambuco tem se destacado na produção de *Brassic*as, a qual o cultivo de repolho cresceu entre os anos de 1993 a 2005 cerca de 21% (CORRÊA, 2010).

Atualmente, o controle mais eficiente desta praga é efetuado por meio de inseticidas sintéticos (DIAS et al, 2004), todavia, a aplicação contínua e em grande escala pode ocasionar a própria intoxicação dos produtos, aplicadores e consumidores, bem como provocar a resistências desses insetos e um desequilíbrio ambiental (CASTELO BRANCO e MEDEIROS, 2001; HERNÁNDEZ et al, 2012). Diante desta situação, como fonte alternativa, tem sido feito o uso de produtos naturais, como os óleos essenciais obtidos de plantas e seus compostos constituintes, visto que tem apresentado maior seletividade e baixa toxicidade, agindo de forma complexa sobre as células, tecidos e organismos das diversas pragas a qual são aplicados esses produtos (MOREIRA et al, 2007; RAJENDRAN e SRIRANJINI, 2008).

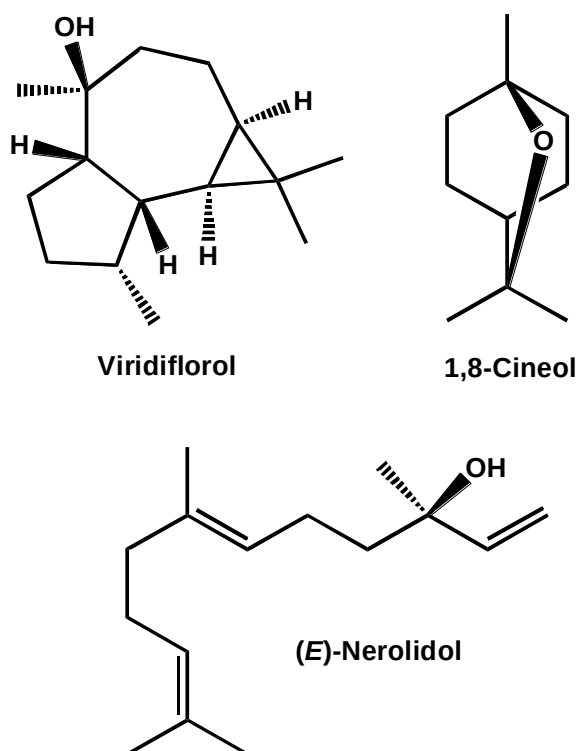
Com aproximadamente 55 mil espécies catalogadas, o Brasil ocupa posição de destaque por sua biodiversidade vegetal presente em seus biomas (HEINRICH et al, 2004). No nordeste brasileiro predominam os biomas da Caatinga e Mata Atlântica, ricas em espécies vegetais aromáticas pertencentes a diversos gêneros. Neste contexto, famílias botânicas, como por exemplo, Myrtaceae, por possuir compostos secundários bioativos com propriedades inseticidas relatados na literatura, vêm sendo bastante estudada no controle de pragas (KUMAR et al, 2012).

Melaleuca leucadendra (L.) L. (Myrtaceae) é uma planta nativa da Austrália conhecida popularmente como “mirto-de-mel” e “árvore do chá”, que tem como característica a alta produção de óleo essencial (OE) (PADALIA et al, 2015). Relatada por possuir atividades biológicas como antifúngica e antioxidante, de fácil adaptação

a diferentes ambientes, esta espécie também ocorre em território brasileiro (ZHANG et al, 2018; TRAN et al, 2013; PINO et al, 2010).

A literatura relata o monoterpreno 1,8-cineol como o principal constituinte nos OEs das folhas da planta coletada em diferentes países como: Cuba, Indonésia, Costa do Marfim, Austrália e Índia (PINO et al, 2010; FARAG et al, 2004). Por outro lado, os OEs obtidos de outras partes da planta como flores e caules são encontrados compostos como o (*E*)-nerolidol e viridiflorol como os principais constituintes (PADALIA et al, 2015; PINO et al, 2010).

Figura 1. Constituintes majoritários das diferentes partes de *Melaleuca leucadendra* distribuídas em diferentes países



Fonte: O autor

Visando óleos essenciais como fonte alternativa no controle de pragas e a família botânica Myrtaceae com suas propriedades inseticidas, este trabalho descreve a investigação comparativa do potencial inseticida dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra* sobre a traça das crucíferas, *Plutella xylostella*.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a ação inseticida dos óleos essenciais das diferentes partes de *Melaleuca leucadendra* para o controle da traça das crucíferas (*Plutella xylostella*), por meio do bioensaio de toxicidade larvícida e embriocida.

1.1.2 Objetivos específicos

- Obter os óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra*.
- Analisar por Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectro de Massas (CG-EM) a composição química dos óleos essenciais de *M. leucadendra*.
- Avaliar a atividade inseticida através do bioensaio de toxicidade larvícida para os óleos essenciais de *M. leucadendra* sobre *P. xylostella* estimando a concentração letal para 50 % da população (CL₅₀).
- Avaliar a atividade inseticida através do bioensaio de toxicidade embriocida para os óleos essenciais de *M. leucadendra* sobre *P. xylostella* estimando a concentração letal para 50 % da população (CL₅₀).
- Comparar a toxicidade entre os óleos essenciais de folhas e frutos de *M. leucadendra*, como também com o inseticida comercial Azamax®.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A prática da agricultura no Brasil se manifesta desde o período pré-colonial, com o exercício da agricultura de subsistência pelos povos nativos. A chegada dos colonizadores contribuiu para o crescimento da agricultura brasileira, visto que se introduziu a produção de cana-de-açúcar na região nordeste do país, contudo, a utilização de mão de obra escrava para o cultivo da monocultura, não resultou assim em um desenvolvimento técnico ou social (BAER, 2003).

Apesar da expansão da área cultivada, a agricultura brasileira apresentou uma verdadeira diversificação agrícola apenas a partir da década de 60 (MATOS e PESSÔA, 2011). Em 2017, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a agricultura somada ao agronegócio no Brasil contribuiu com 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em 2018, a produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, já foi estimada em 224,3 milhões de toneladas, que apesar de 6,8 % menor que a safra de 2017, ainda valida a grande proporção que a agricultura tem tomado no cenário nacional.

2.1 Brassicaceae

Brassicaceae (Figura 2), é uma importante família das dicotiledôneas e angiosperma com uma distribuição global. Adaptadas a climas temperados e subtropicais, suas espécies desempenham um papel importante na agricultura e horticultura mundial. Com aproximadamente 2,2 milhões de hectares cultivados anualmente, esta família compreende 321 gêneros e 3660 espécies, abrangendo o maior número de culturas oleráceas (AL-SHEHBAZ, 2012).

Figura 2. Hortaliças da família das Brassicaceae



Fonte: Google imagens

(<https://www.mundoecologia.com.br> Acesso em: 23.01.2019)

No Brasil, a região Sudeste e Sul se destaca como maiores produtoras de hortaliças, mas com crescimento expressivo no Nordeste e Centro-Oeste (DE CARVALHO et al, 2016). O Nordeste é a segunda maior produtora de couve, que somando a esta hortaliça, o repolho e o brócoles destacam-se na mesa dos consumidores brasileiros. Ainda nesta região, o estado de Pernambuco ocupa a terceira posição entre os maiores produtores (SEBRAE, 2006).

2.2 Praga agrícola

2.2.1 *Plutella Xylostella*

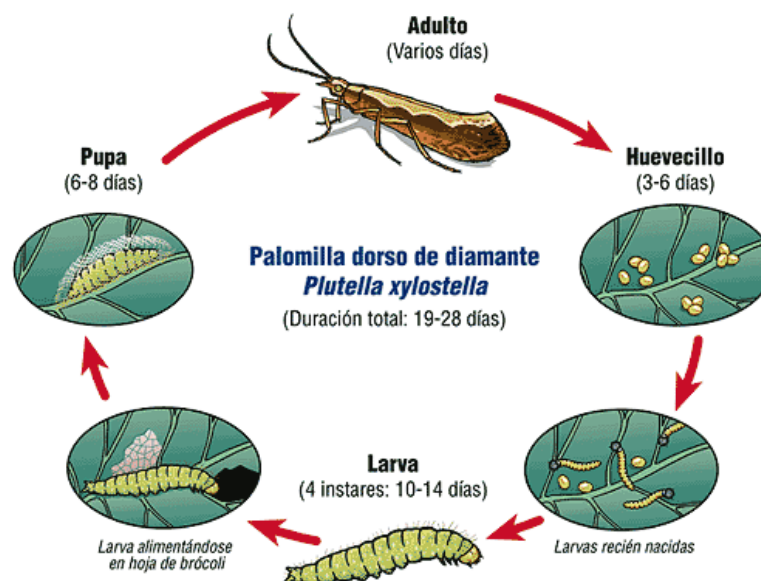
Organismos capazes de reduzir a produção de culturas, as pragas agrícolas, ao atacar o plantio podem transmitir doenças e reduzir a qualidade dos produtos agrícolas, provocando danos econômicos ao produtor. Em um sistema em equilíbrio é comum haver predadores naturais, todavia, segundo a EMBRAPA (2013), a produção agrícola acarreta na diminuição desses predadores naturais permitindo que a produção esteja suscetível a perdas.

Plutella xylostella (L.) (Lepidóptera: Plutellidae) (Figura 3), conhecida popularmente por traça das crucíferas, tem origem relatada provavelmente na região Mediterrânea. É um inseto de ciclo de vida de até 28 dias, quando presente em ambientes mais frios, a qual durante o ano é possível haver até 15 gerações desta praga (DIAS, SOARES e MONNERAT, 2004; MONNERAT et al, 2004).

Apresentada como a praga mais importante das *Brassicacae*, a *P. xylostella* possui potencial de causar até mesmo a perda total da plantação (RONDELLI et al, 2011; CASTELO BRANCO e MEDEIROS, 2001). Esta redução na qualidade final do produto pode chegar a estar entre 58%-100%.

A fase larval, cujas lagartas se alimentam deste plantio, é caracterizada por 4 instares, ou seja, por quatro estágios, chegando a um comprimento total de 11,2 mm (CAPINERA, 2000). Possuem quatro fases em seu ciclo de vida, saindo da forma de ovo, de coloração amarela, e permeando os níveis de larva (em que no primeiro instar são incolores e assumem a coloração verde, geralmente com pequenas manchas brancas, ao passar do ciclo), pupa, cujo a larva está inserida em um casulo de seda, até a fase adulta, a qual adquire asas e antenas com o corpo marrom acinzentado.

Figura 3. *Plutella xylostella*: fases do ciclo de vida



Fonte: Google imagens

(<http://cipactli-es-culturasustentable.blogspot.com/2015/09/alerta-contra-palomilla-dorso-de.html>)

Carvalho (2008), em sua dissertação de mestrado, descreve parte do ciclo da *Plutella*, desde a eclosão até a fase de pupa, da seguinte maneira:

Após a eclosão, as lagartas de primeiro ínstar “minam” as folhas, alimentando-se do parênquima por dois ou três dias. Em seguida, abandonam as “minas” e passam a alimentar-se da epiderme, perfurando as folhas e inutilizando-as para a comercialização. Quando completam o desenvolvimento larval, empupam no interior de um pequeno casulo de seda produzido pela lagarta, na face inferior das folhas. (CARVALHO, 2008, p. 13-14)

Desse modo, os danos causados pela lepidóptera são visivelmente perceptíveis a partir do momento em que passam a se alimentar da epiderme da espécie vegetal. Além disso, devido na fase adulta apresentarem morfologicamente asas, a migração e disseminação da *P. xylostella* se torna mais rápida, consequentemente maiores danos em um menor período de tempo.

2.3 Manejo Integrado de Pragas (MIP) e os inseticidas sintéticos

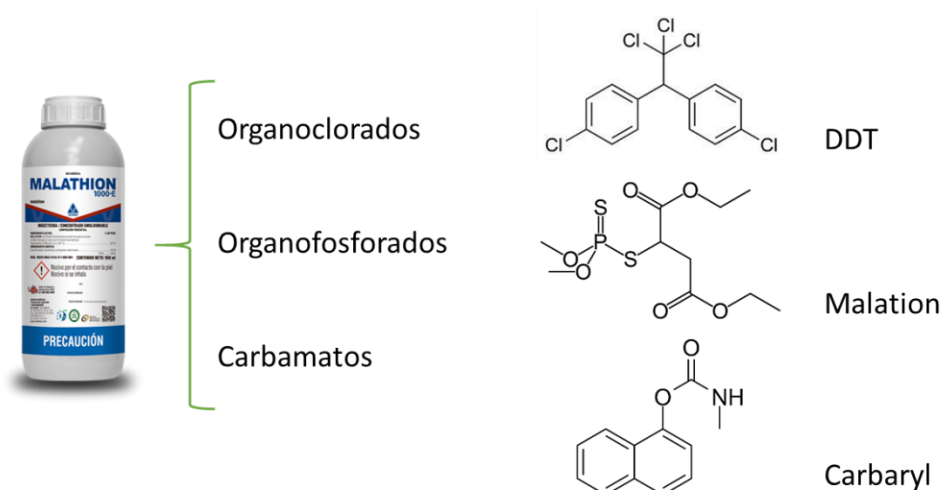
Com a crescente demanda por alimentos e a necessidade em otimizar o controle de pragas, o MIP surge para estabelecer medidas que não provoquem danos econômicos as culturas e a qualidade destes produtos, visando o interesse dos

produtores, da sociedade e do ambiente (BUSOLI et al, 2012). Na seleção deste método de controle, faz-se necessário a avaliação do ecossistema, reconhecendo a praga alvo e os insetos benéficos ao cultivo, a análise do nível de dano econômico causado por esta praga e o momento ideal para a aplicação estratégica de controle do alvo.

Referente aos métodos de controle, estes variam em seis técnicas, são elas: produtos químicos (inseticidas), controle biológico (como predadores e parasitóides), feromônio, manipulação genética de pragas, variedades resistentes a pragas e manipulação do ambiente. Entretanto, a adoção do MIP ainda sofre dificuldades em sua aplicação, necessitando de um quantitativo expressivo de profissionais capacitados para executar todo o processo de monitoramento e reconhecimento da praga alvo (BUSOLI et al, 2014).

Para a *Plutella xylostella*, as medidas de controle geralmente empregadas possibilitam o crescimento contínuo da praga, aumentando seu poder de dano. Como alternativa, o principal método de controle tem sido feito através da aplicação intensiva de inseticidas sintéticos, podendo ser organoclorados, organofosforados e carbamatos, como mostra a figura 4 (SILVA, OLIVEIRA e CAMARA, 2018; CASTELO BRANCO, 2003).

Figura 4. Classificações e exemplos de inseticidas sintéticos aplicados no controle de pragas



Fonte: O autor

Em contrapartida, o uso indiscriminado acarreta em problema ao ecossistema, visto que estes produtos têm alto grau de toxicidade. Este potencial tóxico tem

apresentado não só prejuízos ao meio ambiente, mas também ao homem, aplicador e consumidor dos produtos finais, assim como vem possibilitando o surgimento de populações resistentes (GONG et al, 2014; PEREIRA et al, 2004).

2.4 Óleos essenciais

Matéria prima presente em diferentes ramos industriais, como alimentício, cosmético e farmacêuticos, os óleos essenciais (Figura 5), definido pela International Standart Organization (ISO) como produtos de matriz vegetal extraídos por arraste com vapor d'água, podem apresentar potencial biológico, devido seu perfil lipofílico, ao qual dificulta a solvatação de seus compostos e aumenta sua permeabilidade no organismo. Quando destinados no controle de pragas estes OEs são denominados inseticidas botânicos (BAKKALI et al, 2008; MORAIS, 2012).

Geralmente extraídos de plantas frescas, em sua maioria são obtidos por meio da técnica de hidrodestilação. Esta técnica se baseia no arraste a vapor, e devido a tensão de vapor ser mais elevada para os óleos, logo a água tem o potencial de “carregar” este óleo, que ao final deve ser seco e armazenado em temperaturas baixas (SIMÕES et al, 2004). Entretanto, outros métodos também podem ser empregados para obtenção de óleos essenciais, como extração por CO₂ supercrítico, enfleurage ou por solventes apolares.

Figura 5. Óleo essencial



Fonte: Google imagens

(<https://gettheglitter.com>)

A interação entre plantas e o meio circundante estimula a produção de substâncias químicas que não necessariamente participam das funções primárias de uma espécie vegetal, ou seja, não estão diretamente ligados ao seu crescimento e

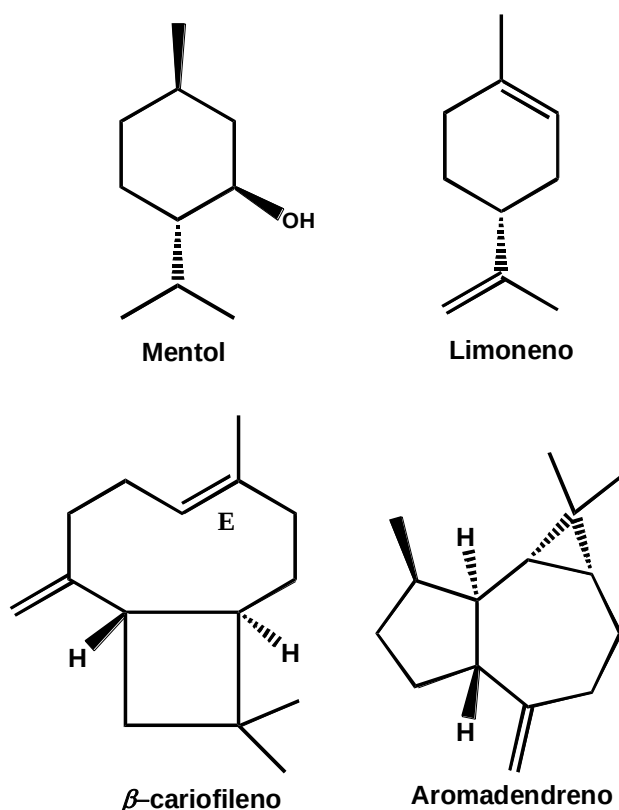
desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2006). Chamados de metabólitos secundários, esses compostos químicos, considerados complexos, voláteis e lipofílicos, apresentam baixo peso molecular e estão presentes nos OEs, cujo percentual e composição variam de acordo com os fatores abióticos (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Estes OEs, em relação aos inseticidas sintéticos, apresentam vantagens, visto que, por serem de origem vegetal diminuem a capacidade de desenvolver resistência da praga-alvo, bem como são de rápida degradação e de baixa toxicidade aos mamíferos quando comparados aos inseticidas sintéticos (ISMAN, 2006; DHARMAGADDA et al, 2005; ALKOFABI et al, 1989).

Na composição química destes óleos é possível observar a presença de três classes de substâncias naturais, são eles os terpenos, compostos fenólicos e alcalóides, dentre estes predominando os compostos terpênicos, ao qual podem ser originados biossinteticamente por meio diferentes rotas metabólicas, como os derivados do ácido chiquímico, ácido mevalônico, e 1-desoxixilulose 5-fosfato (DEWICK, 2002; SHAHIDI & HO, 2005; TAIZ & ZEIGER, 2006; EMBRAPA, 2010). Como principais percussores destes terpenos, se destacam os isômeros dimetilalil pirofosfato (DMAPP) e o isopentenil pirofostato (IPP).

Estes terpenos, podem ser caracterizados pela função orgânica a qual são inseridos, como álcool, cetona, aldeído e hidrocarbonetos, bem como por meio do número de carbonos que compõe sua estrutura, monoterpene (10 carbonos), sesquiterpene (15 carbonos), diterpene (20 carbonos), dentre outras. São exemplos de compostos terpênicos o mentol, limoneno, β -cariofileno e aromadendreno, representados na figura 6.

Figura 6. Monoterpenos e sesquiterpenos encontrados na composição química de óleos essenciais.



Fonte: O autor

2.5 Espécie vegetal

2.5.1 *Melaleuca leucadendra* (Myrtaceae)

Rico em diversidade vegetal, o Brasil possui mais de 55.000 espécies catalogadas, entre 350.000 a 550.000 existentes, esse acervo tem despertado interesse em novas pesquisas, visto que fontes alternativas são buscadas para o controle de pragas (SIMÕES e SPITZER, 2008; MOREIRA et al, 2007). Com aproximadamente 132 gêneros e 5950 espécies, a família Myrtaceae, por ser abundante em metabólitos secundários bioativos, ocupam posição de destaque, estando distribuída na América do Sul, Austrália e Ásia tropical (FIGUEIREDO et al, 2008; CHRISTENHUSZ e BYNG, 2016).

O gênero *Melaleuca*, cujas espécies variam de pequenos arbustos a grandes produtoras de madeira, compreende aproximadamente 230 espécies, das quais muitas com valor econômico, visto que se apresentam como fonte de óleo essencial e constituintes aromáticos (PALADIA et al, 2015). Este gênero da família Myrtaceae

também desperta interesse no uso de seus diversos óleos essenciais, devido a utilização desses como emergentes potenciais inseticidas, acaricidas e no combate de diferentes pragas.

Um levantamento bibliográfico feito no banco de dados Scifinder (Chemical Abstract) no dia 11 de fevereiro de 2019, utilizando como palavra-chave o termo “*Melaleuca*” e refinado com estudos envolvendo atividade inseticida de óleos essenciais, foram encontradas 98 referências.

A tabela 1 apresenta espécies de *Melaleuca* e seus respectivos resultados obtido sobre diferentes alvos a partir da utilização de seus respectivos OEs. Neste levantamento observa-se propriedades inseticidas sobre *Coptotermes gestroi*, *Helicoverpa armigera* e *Sitophilus zeamais* a partir da espécie *Melaleuca alternifolia* (CLERICI et al, 2018; LIAO et al, 2017; LIAO et al, 2016). Outros insetos lepidópteros como *Choristoneura rosaceana* e *Trichoplusia ni* também são relatados sendo controlados por espécies de *Melaleuca* (MACHIAL et al, 2010).

Tabela 1. Atividades e resultados de espécies do gênero *Melaleuca*.

Espécie	Atividade	Resultados	Referência
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Atividade inseticida sobre <i>Tribolium castaneum</i> (Coleoptera: Tenebrionidae)	CL ₅₀ = 236,33 µl/L air	SIDDIQUE et al, 2017
<i>Melaleuca bracteata</i>		CL ₉₅ = 449,70 µl/L air	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Atividade inseticida e repelente sobre cupins subterrâneos (<i>Coptotermes gestroi</i>)	Mortalidade por imersão: (52, 5±7,60%) Mortalidade por pulverização: (80,25±5,45%)	CLERICI et al, 2018
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Atividade inseticida e efeito bioquímico sobre <i>Helicoverpa armigera</i>	AFC ₅₀ = 8,93 mg/ml DL ₅₀ = 50,28 µg/larva	LIAO et al, 2017
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Atividade inseticida sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	Maior dose: 11,97 mg/L Mortalidade (24h, 48h e 72h): 82,22%, 85,56% e 92,04%	LIAO et al, 2016

CL ₅₀ = 8,42%, 7,70% e 6,78%			
<i>Melaleuca teretifolia</i>	Atividade biológica sobre <i>Drosophila suzukii</i>	<u>Atividade fumigante</u>	JANG et al, 2016
		CL ₅₀ = 2,36 mg/L (macho)	
		CL ₅₀ = 2,97 mg/L (fêmea)	
		<u>Contato</u>	
		CL ₅₀ = 2,27 mg/L (macho)	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Influência sobre <i>Rhipicephalus microplus</i>	CL ₅₀ = 4,23 mg/L (fêmea)	PAZINATO et al, 2014
		<u>Puro:</u>	
		100% de inibição reprodutiva para 5 e 10% do produto;	
		Atividade acaricida com mortalidade de 70% para 1% do produto;	
		<u>Nanopartículas:</u>	
		100% de inibição reprodutiva para 0,375 e 0,75% do produto;	

<i>Melaleuca viridiflora</i>	Toxicidade fumigante e de contato sobre os biotipos B e Q de <i>Bemisia tabaci</i> .	Fumigação com 2,4 ml/cm ³ : 97%±1,8	KIM et al, 2011
<i>Melaleuca viridiflora</i>	Toxicidade sobre <i>Choristoneura rosaceana</i> (Lepidoptera: Tortricidae) e <i>Trichoplusia ni</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	<u><i>M. viridiflora</i></u> <i>C. rosaceana</i> : 6,0%±2,0 <i>T. ni</i> : 2,0%±1,2	MACHIAL et al, 2010
<i>Melaleuca alternifolia</i>		<u><i>M. alternifolia</i></u> <i>C. rosaceana</i> : 6,0%±2,0 <i>T. ni</i> : 5,0%±1,9	
<i>Melaleuca cajuputi</i>	Atividade acaricida sobre <i>Luciaphorus perniciosus</i> Rack (Acari: Pygmephoridae)	<u>Contato</u> DL ₅₀ = 19,705 µg/cm ² <u>Fumigação</u> DL ₅₀ = 0,476 µg/cm ³	PUMNUAN, CHANDRAPATYA e INSUNG, 2010
<i>Melaleuca sp</i>	Atividade inseticida sobre <i>Callosobruchus maculatus</i>	<u>0 a 48h de idade</u> 100% de mortalidade nas concentrações de 2,0 e 2,5 L/t	PEREIRA et al, 2008

<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Atividade inseticida sobre <i>Musca domestica</i>	<u>Atividade tópica</u>	PAVELA, 2008
		DL ₅₀ >100 µg/fly	
		<u>Atividade fumigante</u>	
		DL ₅₀ = 9,3 µg/cm ³ CI ₉₅ = 8,5 –10,2	
<i>Melaleuca dissitiflora</i>	Atividade fumigante sobre <i>Lycoriella ingenua</i> (Diptera: Sciaridae)	<u>10 µl/L</u>	PARK et al, 2006
		23,3% (±3,3)	
<i>Melaleuca uncinata</i>		<u>10 µl/L</u>	
		23,3% (±3,3)	
<i>Melaleuca linarifolia</i>		<u>10 µl/L</u>	
		36,6% (±3,3)	
<i>Melaleuca quinquenervia</i>		<u>25 µl/L</u>	
		96,6% (±3,3)	

<i>Melaleuca fulgens</i>	Toxicidade fumigante sobre diferentes estágios de desenvolvimento de <i>Sitophilus oryzae</i>	<u>Ovos:</u>	LEE et al, 2004
		200 µl/L - LT ₅₀ = 82,40	
		<u>Larvas:</u>	
		100 µl/L - LT ₅₀ = 31,10	
		200 µl/L - LT ₅₀ = 14,30	
		<u>Pupas:</u>	
		100 µl/L - LT ₅₀ = 55,60	
		200 µl/L - LT ₅₀ = 38,40	
		<u>Adultos:</u>	
		100 µl/L - LT ₅₀ = 16,20	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade fumigante em mitocôndria e NAD ⁺ /NADH dehidrogenase em <i>Tribolium confusum</i>	<u>CL₅₀ 24, 48 e 72 horas:</u>	LIAO et al, 2018
		7,45, 7,9 e 6,37 mg/L de ar	
		<u>Maior dose (11,97 mg/L):</u>	
		91,11%, 97,78% e 98,86%	
		OBS: Em <i>T. Confusum</i> tratadas houve alterações ultraestruturais detectadas	

		pela vacuolização da matriz mitocondrial	
		<u>Concentração de 2g/L após 24 e 48</u> <u>horas:</u>	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade e repelência sobre <i>Myzus persica</i>	DI = 0,8 e DI = 0,75 CL ₅₀ = 0,37 g/L após 24h de exposição	CHOHAN et al, 2018
		<u>Sobre <i>Musca domestica</i> Concentração</u> <u>de 5,0%</u>	
		100,0% eficaz após 12 h de exposição ao óleo (F = 210,1; d.f. = 2; P < 0, 5)	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade sobre <i>Musca domestica</i> e <i>Haematobia irritans</i>	<u>Sobre <i>Haematobia irritans</i></u> <u>Concentração de 1,0 e 5,0%</u> 100,0% eficaz após 4 h de exposição ao óleo (F = 41,3; d.f. = 7; P < 0, 5)	KLAUCK et al, 2014

		<u>Concentração de 5 e 10% (v/v)</u>	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade sobre <i>Bovicola ocellatus</i>	Redução > 80% (mortalidade) em 2 horas (F = 82,33; d.f. = 3; P < 0, 5)	ELLSE, BURDEN e WALL, 2013
		<u>Letalidade a 1,05 mg/cm³:</u>	
<i>Melaleuca viridiflora</i>		98% (±1,7)	
		<u>Fumigação (mg/cm³)</u>	
	Toxicidade fumigante sobre	CL ₅₀ = 0,57 (0,48-0,69)	
	<i>Camptomyia corticalis</i> (Diptera: Cecidomyiidae)	<u>Letalidade a 1,41 mg/cm³ e 1,05 mg/cm³:</u>	KIM et al, 2012
<i>Melaleuca alternifolia</i>		77% (±3,3) e 42% (±1,7)	
		<u>Fumigação (mg/cm³)</u>	
		CL ₅₀ = 3,85 (3,26-4,71)	
		<u><i>Aedes albopictus</i></u>	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade sobre pragas não alvo de organismos aquáticos	CL ₅₀ = 267,130 ppm	CONTI et al, 2014
		<u><i>Daphnia magna</i></u>	

	(<i>Aedes albopictus</i> (Diptera: Culicidae) e <i>Daphnia magna</i> (Cladocera: Crustacea))	CL ₅₀ = 80,636 ppm	
		<u>Piolhos:</u>	
		100% de mortalidade com concentração de 1% do produto após 30 minutos de exposição	
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Toxicidade sobre piolhos e ovos de <i>Pediculus capitis</i> (head lice)		CAMPLI et al, 2012
		<u>Ovos:</u>	
		50% de mortalidade com concentração de 2% do produto após 4 dias de exposição	

Melaleuca leucadendra (L.) L. (Figura 7), árvore de até 40 metros de altura, é uma espécie nativa da Austrália, mas de ocorrência também no Brasil (PADALIA et al, 2015; TRAN et al, 2012). Popularmente conhecida por “mirto-de-mel”, e caracterizada pela alta produção de óleo essencial, apresenta constituintes químicos variável de acordo com diferentes condições abióticas.

Estudos revelam diferentes quimiotipos encontrados para a *M. leucadendra*, ou seja, revelam composição variada de seus metabólitos secundários como objetivo de adaptação em ambientes particulares desta espécie.

As folhas da espécie coletadas em países como Cuba e Indonésia, revela a composição química de seus óleos a predominância do monoterpeneo 1,8-cineol, ao passo que, a mesma parte da planta com ocorrência na Austrália apresentou como constituinte majoritário, o também monoterpeneo, terpinen-4-ol (SABIR et al, 2014; RINI et al, 2012; PINO et al, 2010).

Um outro quimiotipo também pode ser encontrado em outros países como o Brasil e Índia, revelando nos óleos essenciais das folhas de *M. leucadendra* a predominância do (*E*)-nerolidol, com percentuais acima de 90% (PALADIA et al, 2015; COITINHO et al, 2011).

Figura 7. *Melaleuca leucadendra* (L.) L.



Fonte: O autor

Um levantamento bibliográfico feito no banco de dados Scifinder (Chemical Abstract) no dia 23 de janeiro de 2019, utilizando como palavra-chave o termo

Melaleuca leucadendra, revelou 67 referências que continham o termo, dentre as quais 14 estudos envolvendo óleos essenciais.

O uso do termo *Melaleuca lecadendron* tem sido empregado por muito tempo para descrever qualquer uma das espécies de *Melaleuca* de folhas largas (BLAKE, 1968), assim como, vem sendo aplicado em diversos artigos que relatam atividades da *M. leucadendra*.

Neste contexto, um outro levantamento bibliográfico foi realizado utilizando o mesmo banco de dados e na mesma data, todavia aplicando o termo *Melaleuca lecadendron*. Neste levantamento 320 referências foram encontradas a qual 148 envolveram óleos essenciais.

A tabela 2, apresenta os resultados observados a partir das análises dos artigos obtidos. Nestes estudos, atividades inseticidas sobre *Sitotroga cerealella* e *Sitophilus zeamais* foram analisados (SONG et al, 2016; COITINHO et al, 2011). Além de propriedades inseticidas, atividades antifúngicas, antimicrobiana e antioxidante foram estudados (RINI et al, 2012; PRAKASH et al, 2016; AMBROSIO et al, 2017) .

Tabela 2. Levantamento bibliográfico referente a espécie *Melaleuca leucadendra* e o uso de seu óleo essencial

PARTE DA PLANTA	CONSTITUINTES MAJORITARIOS	LOCAL DE COLETA	ATIVIDADE	RESULTADO DA ATIVIDADE	REFERÊNCIA
Folhas	(E)-Nerolidol (90,85%)	Índia	Composição química	-	PADALIA et al, 2015
Galhos	(E)-Nerolidol (86,13%)				
Flores	(E)-Nerolidol (76,58%)				
Folhas	1,8- Cineol (43,0 %) Viridiflorol (24,2 %) α - Terpineol (7,0 %) α - Pineno (5,3 %)	Cuba	Análise fitoquímica e atividade antioxidante <i>in vitro</i>	<u>DPPH</u> Atividade antioxidante: 9,9 $\pm$ 0,3 to 76,6 $\pm$ 0.4% EC ₅₀ = 2,4 $\pm$ 0,4 mg/mL <u>BHT</u> Atividade Antioxidante: 7,54 $\pm$ 0,04 to 60,66 $\pm$ 0,03 IC ₅₀ = 0,23 $\pm$ 0,05 mg/mL <u>ABTS</u> 448 $\pm$ 9 mm	PINO et al, 2010
Frutos	Viridiflorol (47,6 %) Globulol (5,8 %) Guaiol (5,3 %)			<u>DPPH</u> Atividade antioxidante: 6,1 $\pm$ 0,5 to 78,8 $\pm$ 0,2% EC ₅₀ : 2,3 $\pm$ 0,2 mg/mL	

				<u>BHT</u>	
				Atividade Antioxidante:	
				9,46±0,07 to 61,89±0,04%	
				IC ₅₀ = 0,19±0,02 mg/mL	
				<u>ABTS</u>	
				565±11 mm	
				<u>Toxicidade fumigante</u>	SONG et al, 2016
				<i>T. putrescentiae</i>	
				DL ₅₀ = 3,93 µg/cm ³	
				<i>S. cerealella</i>	
				DL ₅₀ = 2,61 µg/cm ³	
				<u>Toxicidade</u>	FARAG et al, 2004
				DL ₅₀ = 12,58 lg/cm ²	
Folhas	1,8-Cineol (64,30%) α-Terpineol (11,02%) Limoneno (6,70%)	-	Atividade antimicrobiana	<i>B. subtilis</i> / <i>A. niger</i> (13,2 mm e 14,7 mm)	
			Teor de óleo	(1,20%–1,58%)	
			Atividade antiviral	92%	
			Atividade antioxidante	Aumento vitamina C	
				Diminuição vitamina E	

-	Metil eugenol (96,6±0,7%)	Brasil	Composição química	-	SILVA et al, 2007
Folhas	-	-	Avaliação de fungicidas botânicos para proteção de alimentos armazenados de infestação por fungos	<u>Aspergillus flavus</u> (Naviot 4Nst): 16,60%±0,00% <u>Aspergillus flavus</u> (Saktiman 3 NSt): 28,74%±1,08%	KUMAR et al, 2007
Folhas	1,8-Cineol (48%) <i>p</i> -Cimeno (13,2%) <i>p</i> -Cimeno (13,2%) α -Terpineol (9,8%)	Vietnam	Composição química	-	TODOROVA et al, 1988
Folhas	1,8-Cineol (38,4%) Nerolidol (28,7%) Aromadendreno (14,4%) α -Terpineol (12,6%)	Venezuela	Atividade antimicrobiana	<i>Bacillus cereus</i> : ativo <i>Staphylococcus aureus</i> : ativo <i>Escherichia coli</i> : inativo <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : inativo <i>Artemia salina</i> CL ₅₀ = 22,25 µg/mL	COLMENARES et al, 1998
Folhas	(<i>E</i>)-Nerolidol - 92,5%	Brasil	Toxidade por contato e ingestão de óleos essenciais	CL ₅₀ µL/40g= 75,8 (70,83–81,05)	COITINHO et al, 2011

para adultos <i>Sitophilus zeamais</i>					
Folhas	(E)-Nerolidol - 92,5%	Brasil	Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho	% mortalidade (média ± EP): [] ³ μL 40g ⁻¹ : 120,0 93,8±2,55a (0 dias) 1,6±1,56d (30-60 dias) 1,6±1,56c (90-120 dias)	COITINHO et al, 2010
Comercial	-	Indonésia	Efeito repelente sobre <i>Aedes</i> , <i>Anopheles</i> e <i>Culex</i> <i>mosquitos</i>	<i>Aedes</i> : PP: 360 / R%: 43,2 <i>Anopheles</i> : PP: 480 / R%: 100 <i>Culex</i> : PP: 480 / R%: 100	AMER et al, 2006
Folhas	1,8-Cineol (44,76–60,19%) α-Terpineol (5,93–12,45%) d(+)-Limoneno (4,45–8,85%) β-Cariofileno (3,78– 7,64%)	Indonésia	Propriedades fitoquímicas	Rendimento: 0,61% a 1,59% Gravidade específica: 0,870 a 0,912 A refração: 1,468 a 1,470 Rotação óptica: (-)2,47° to (-)0,98°	PUJIARTI et al, 2011

Folhas	1,8-Cineol (49,22–55,04 %)	Indonésia	Atividade antioxidante	IC ₅₀ = 7,21-9,23 mg/mL	RINI et al, 2012
	α -Terpineol (8,79–10,70 %)		anti-hialuronidase	IC ₅₀ = 1,94-3,03 mg/mL	
	<i>d</i> -Limoneno (5,58–6,39 %)		Atividade antifúngica	<i>Fomitopsis palustres</i> (IC ₅₀ = 0,12–3,16 mg/mL),	
	β -Cariofileno (5,03–7,64 %)			<i>Trametes versicolor</i> (IC ₅₀ = 0,01–0,06 mg/mL),	
				<i>Cladosporium cladosporioides</i> (IC ₅₀ = 0,03–0,49 mg/mL) <i>Chaetomium globosum</i> (IC ₅₀ = 0,06–0,15 mg/mL)	
Folhas	HE: 1,8-Cineol (50,4%) Viridiflorol (16,4%) α -Pineno (12,4%) α -Terpineol (8,1%)	Costa do Marfin	Controle biológico contra mosca branca <i>Bemisia tabaci</i> Genn	Dose μ L/L Branco: ≤ 5 % 0,4: 87,5 $\pm$ 7,2 1,0: 95,9 $\pm$ 5,0 1,6: 97,4 $\pm$ 0,4 2,2: 98,0 $\pm$ 3,3 2,8: 99,1 $\pm$ 1,4 3,4: 100	TIA et al, 2013
	ET: 1,8-Cineol (48,5%) α -Terpineol (14,5%) Limoneno (12,0%)				

α -Pineno (6,8%)					
Comercial	-	Índia	Atividade antifúngica	Zona de inibição <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp ciceris: 13,5±2,12 (mm) <i>Alternaria porri</i> : 8,63±0,55 (mm)	PAWAR et al, 2007
Folhas	-	-	Fungitoxicidade sobre <i>Botrytis cinerea</i>	Inibição percentual do crescimento em 500 ppm: 40	TRIPATHI et al, 2008
Comercial	-	Índia	Controle biológico de bactérias fitopatogênicas <i>Pantoea agglomerans</i> e <i>Erwinia chrysanthemi</i>	Zona de inibição (mm) <i>P. agglomerans</i> : 6,66±0,5 <i>E. chrysanthemi</i> : 13,6±1,1	CHUDASAMA et al, 2014
Folhas	-	Índia	Eficácia in vitro sobre <i>Aspergillus niger</i>	Zona de inibição de hifas (mm) : 7 Zona de inibição de esporos (mm): 13 (84.5 · 10 ⁴)	PAWAR et al, 2006
Folhas	Terpinen-4-ol (30 - 48%) γ -Terpineno (10 - 28%)	Austrália	-	-	SABIR et al, 2014

	1,8-Cineol (0 - 15%) α -Terpineol (5 - 13%)				
			Atividade antifúngica	MIC: todos >10	
Folhas	-	Índia	Antiaflatoxina	-	PRAKASH et al, 2016
			Atividade antioxidante	DPPH (IC ₅₀) (μL/mL): 3,96±0,04 ^e	
Folhas	1,8-Cineol (19,9%) β -Eudesmol(15,8%) α -Eudesmol (11,3%) Guaiol (9,0%) Viridiflorol (8,9%)	Índia	Composição química	-	KUMAR et al, 2005
Folhas	Viridiflorol (38,2%) 1,8-Cineol (21,3%) α -Terpenil acetato (10,8%) α -Terpineol (10,1%) Limoneno (6,4%)	Cuba	Composição química	-	PINO et al, 2002
-	-	China	Atividade antifúngica	MIC = 62,5	ZHANG et al, 2018

Folhas	1,8-Cineol (48,7±0,54%) Viridiflorol (27,8±0,75%) α -Terpineol (7.6±0,03%)	Brasil	Composição química	-	SIANI et al, 2016
Folhas	-	Brasil	<u>Toxicidade para</u> <i>Tyrophagus putrescentiae</i> Schrank e <i>Suidasia pontifica</i> Oudemans (Acari: Astigmata)	41±1% mortalidade com 50uL/L para <i>T. Putrescentiae</i> ; <i>S. pontifica</i> < 50% com concentração de 50uL/L;	ASSIS et al, 2011
Folhas	Metil eugenol (até 99%) (E)-Metil isoeugenol (até 86%)	Austrália	Composição química	-	BROPHY e LASSAK, 1988
Folhas	1,8 Cineol Limoneno	Egito	Composição química	-	FARAG et al, 2018
Folhas	1,8 Cineol (22,45%) α -Terpineol (12,45%) (E)-Cariofileno (6,95%)	Indonésia	Composição química	-	MUCHTARIDI, TJIRARESMI e FEBRIYANTI, 2015
Folhas	(E)-Nerolidol (37,3%) Ledol (19,5%) 1,8-Cineol (15,4%),	Benim	Anti-oviposição e atividade repelente (fêmea <i>Sitotroga cerealella</i>)	doses de óleos essenciais (0,1%, 0,5% e 1%) foram causadas 52,22% e 75,68% repelência, com uma taxa média de 61% de repelência.	ADJALIAN et al, 2015

Folhas	Metil eugenol (95,4%)	Paquistão	Composição química, atividade antioxidante e anti bacteriana	<u>Zona de inibição</u> 13,2-16,3 mm (<i>E. aerogenes</i>); IC ₅₀ = 39,1±0,3 ug/mL;	SIDDIQUE et al, 2017
Folhas	-	Brasil	Atividade antimicrobiana	<i>Salmonella enteritidis</i> IZD (7,1±0,5 ^{hij(-)}) PC (16,0±0,9 ^{ab(++)}) %I (44,4) <i>Lactobacillus plantarum</i> IZD (7,8±0,1 ^{de(-)}) PC (7,1±1,1 ^{a(++)}) %I (109,7) (-) não sensível (++) sencível	AMBROSIO et al, 2017
Folhas	-	Italia	Dinâmica de inativação de <i>Salmonella enterica</i> e <i>Listeria monocytogenes</i>	MIC >40	MAZZARRINO et al, 2015
Comercial	-	Taiwan	Atividades antimicrobiana, anti-tirosinase e antioxidante	Inibição da formação de dopacromo % (5,5±2,2)	LIN et al, 2011

			DPPH efeito limpeza% (8,9±1,8) Poder de redução relativa% (12,6±3,1) Efeito quelante% (88,6±0,8)		
Comercial	-	USA	Inibição de resistência a meticilina de <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) por óleo essencial	Zona de inibição de MRSA por óleos essenciais (mm) 19mm	CHAO et al, 2008
Folhas	-	Tailândia	Efeito sinérgico repelente e irritante de óleos essenciais combinados em mosquitos <i>Aedes aegypti</i> (L.)	<u>Dose (0,3%)</u> Mosquitos Escapados: 1,7% Não escapados: 0,0% <u>Dose (0,5%)</u> Mosquitos Escapados: 0,0% Não escapados: 1,7% ENSAIOS SEM CONTATO <u>Dose (0,3%)</u>	NOOSIDUM, CHAREONVIRIYAPHAP e CHANDRAPATYA, 2014

Mosquitos

Escapados: 0,0%

não escapados: 6,8%

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais Bioativos (LPNBio) do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em parceria com o Laboratório de Inseticidas Naturais do Departamento de Agronomia da UFRPE. As análises químicas dos óleos essenciais foram desenvolvidas no Centro de Apoio a Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE.

3.1 Coleta do material vegetal

As diferentes partes da *Melaleuca leucadendra* (Folha e Fruto), foram coletados em um fragmento de Mata Atlântica, denominado de mata de Dois-irmãos, no campus sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O material vegetal foi encaminhado para o Laboratório de Produtos Naturais Bioativos do Departamento de Química (LPNBio/DQ) desta instituição para obtenção dos óleos essenciais.

3.2 Obtenção dos óleos essenciais

Separadamente, as partes coletadas de *Melaleuca leucadendra* foram triturados, pesados e acondicionados em um balão de fundo redondo com água destilada e submetidos à hidrodestilação, utilizando um aparelho Clevenger modificado (Figura 8). Devido à diferença de densidade os óleos foram separados da água, secos com sulfato de sódio anidro e armazenados a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ em frascos de vidro vedados.

Figura 8. Aparelho tipo Clevenger modificado



Fonte: O autor

Após duas horas de extração uma alíquota de cada óleo foi recolhida e o rendimento foi calculado com base na massa do material fresco.

3.3 Análise e identificação dos óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra* por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

Os óleos obtidos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectroscopia de massas utilizando um cromatógrafo HP 5050B SERIES II, acoplado a um espectrômetro de massas HP-5971, equipado com uma coluna capilar de sílica fundida J & W Scientific DB5 (30 m x 0.25 mm x 0,25 µm).

A análise cromatográfica (CG) foi obtida utilizando um aparelho Hewlett Packard 5890 SERIES II equipado com um detector de ionização de chama (FID) e com uma coluna capilar de sílica fundida J & W Scientific DB-5 (30 m x 0.25 mm x 0.25µm); As temperaturas do injetor e detector foram respectivamente o programa de temperatura da coluna foi 40°C (1 minuto) até 220°C a 4°C/min; 220°C até 280°C a 20°C/min. Os espectros de massas foram obtidos com um impacto eletrônico de 70 eV, 0,84 scan/sec de m/z 40 a 550. Uma solução de 1,5µL de óleo com 10mg em hexano destilado foi injetada. Os índices de retenção foram obtidos pela co-injeção do óleo com uma mistura de hidrocarbonetos lineares C11-C24 e calculados de acordo com a equação de VAN DEN DOOL e KRATZ (1963).

A identificação foi feita com base na comparação dos índices de retenção seguida pela comparação computadorizada do espectro de massa obtido com aqueles contidos na biblioteca de espectro de massas do NIST do banco de dados GC/EM (ADAMS, 2007). Bem como pela comparação direta das sugestões dos massas disponíveis na biblioteca do computador (Wiley, com 250.000 compostos), contemplando apenas as similaridades entre os fragmentogramas.

3.4 Criação de *Plutella xylostella*

A população de *P. xylostella* obtida a partir da criação estoque do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas do programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), criada conforme metodologia proposta por Torres et al. (2006), com algumas adaptações e estabelecida no Laboratório de Produtos Naturais do PPGEA da UFRPE sob condições de 25 ± 2°C, U.R. 70 ± 15%.

Os adultos foram confinados em gaiolas plásticas transparentes (12 cm de diâmetro x 15 cm de altura) com abertura lateral vedada com tela de náilon para uma boa ventilação. Dentro da gaiola, um disco de oito centímetros de diâmetros, foi posto sobre uma esponja de mesmo diâmetro embebida em água com intuito de servir como substrato para postura dos ovos. Foi fornecido, impregnado em um pedaço de algodão, mel 10% diluído em água para alimentação dos adultos.

Após a postura dos ovos, os discos foram coletados e transferidos para um recipiente plástico retangular (6,0 x 11 x 16 cm) com abertura na tampa vedada com tecido voil para ventilação. Com a eclosão das larvas, folhas frescas de couve orgânico previamente lavadas com solução de hipocloreto de sódio 1% foram oferecidas como alimento até a formação das pulpas. Estas pulpas foram coletadas e armazenadas para posterior transferência para as gaiolas de criação de adultos.

3.5 Bioensaio de toxicidade larvicida

A técnica utilizada para determinar a toxicidade das larvas foi o de imersão de disco de folha, onde discos de folha de couve (5 cm Ø) foram mergulhados durante 15 segundos em 20 ml de diferentes concentrações de solução do produto avaliado (óleo essencial ou composto isolado) em água destilada contendo 1,0% de Dimetilsulfóxido (DMSO) e 0,1% de Wil fix. Colocou-se para secar durante 5 minutos à temperatura ambiente. Após a secagem, dez larvas de terceiro instar de *P. xylostella* foram transferidos para cada disco de folha e a mortalidade registrada 48 h após a exposição. Nove discos foliares por concentração foram submetidos a teste totalizando 90 insetos e para cada óleo um mínimo de 7 concentrações foi exigido (Figura 9). Para verificar os efeitos da toxicidade do formulado, os resultados foram comparados com controle positivo de um inseticida botânico (ingrediente ativo azadiractina), o Azamax®, e o controle negativo (água destilada, Dimetilsulfóxido e Wil fix.).

Figura 9. Preparo de bioensaios: couve e soluções



Fonte: O autor

Os dados de mortalidade foram analisados pelo modelo Probit (FINNEY, 1971) por meio do Sistema SAS para Windows versão 9.00 (SAS Institute, 2001) para determinar os valores de CL_{50} , com intervalos de confiança de 95%. A metodologia de Robertson et al (2007) foi usada para calcular razões de toxicidade e razões de resistência com intervalos de confiança a 95%.

3.6 Bioensaio de toxicidade embriocida

Foram formados 10 casais recém-emergidos de *P. xylostella* em recipientes telados contendo um disco de couve com cinco centímetros de diâmetro por 72 h para efetuarem oviposição. Os discos foram trocados no intervalo de 1-6 horas, duas vezes ao dia. Cada disco foi contado o número de ovos e utilizado 30 ovos, os quais foram imersos nas soluções dos concentrados emulsionados de OEs e em água destilada (controle), totalizando 120 ovos por tratamento em delineamento inteiramente casualizado. A secagem dos discos foi à temperatura ambiente por 5 minutos.

Os discos foram dispostos sobre papel de filtro, sobrepostos numa esponja saturada em água, no interior de bandejas plásticas, à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h. A viabilidade de ovos foi avaliada após 72 h da aplicação dos tratamentos mediante contagem do número de larvas eclodidas. Os dados de mortalidade embriocida foram analisados pelo modelo Probit (FINNEY, 1971) por meio do Sistema SAS para Windows versão 9.00 (SAS Institute, 2001) para determinar os valores de CL_{50} , com intervalos de confiança de 95%. A metodologia de Robertson et al (2007) foi usada para calcular razões de toxicidade e razões de resistência com intervalos de confiança a 95%.

3.7 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas, os dados obtidos para mortalidade, assim como a quantidade de ovos, após atenderem aos testes de normalidade e homogeneidade de variância foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SAS (SAS Institute 2002-2004).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de Probit, assim como as concentrações que matam 50% da população de *P. xylostella* (CL₅₀). A metodologia de Robertson (1992) foi utilizada para o cálculo das razões de toxicidade, com seus respectivos intervalos de confiança a 95%. Os gráficos foram plotados através do Sigma plot 2008.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Obtenção e determinação dos constituintes químicos dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra*

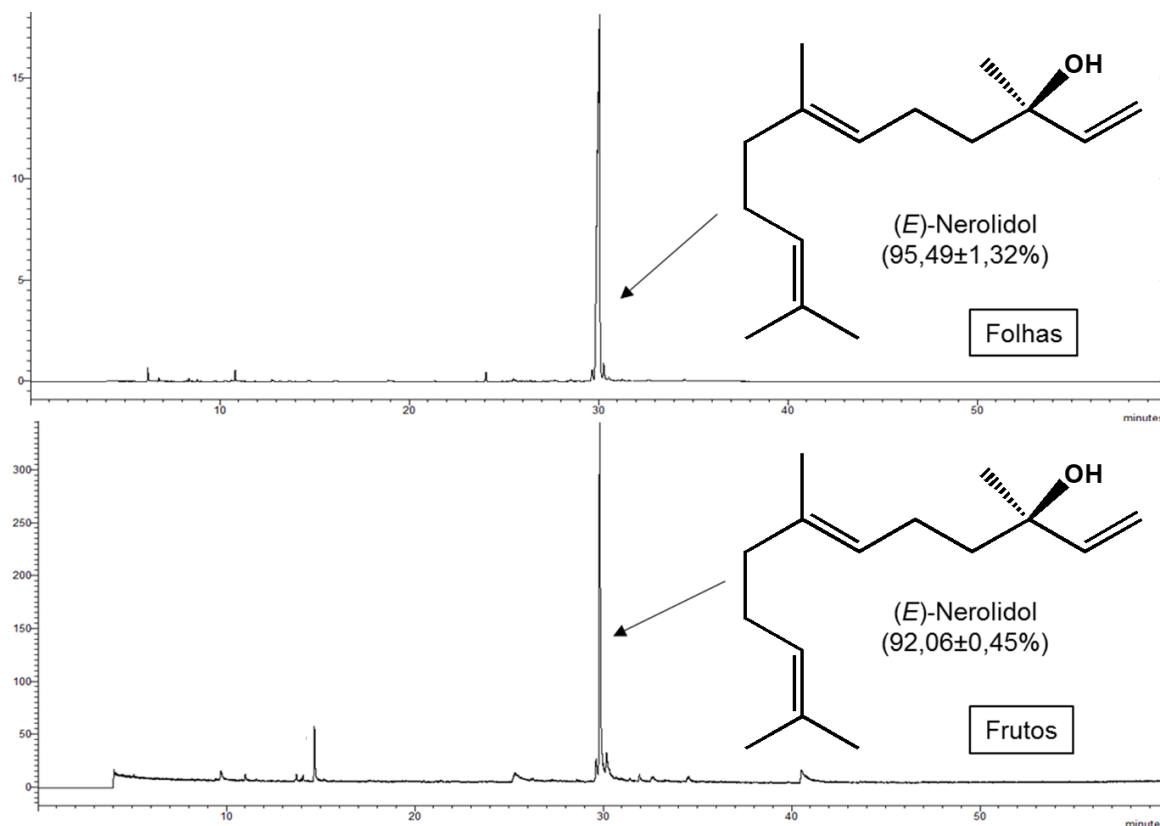
A extração dos os óleos essenciais das folhas e frutos de *M. leucadendra* foi realizada por meio da técnica de hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger modificado. Os OEs obtidos foram analisados e identificados através de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas na ordem crescente de eluição em uma coluna apolar DB-5 de 30 cm possibilitando a obtenção dos perfis químicos destes óleos.

Após o processo de extração, os OEs de *M. leucadendra* foram submetidos ao cálculo de rendimento, sendo este baseado na quantidade de óleo obtido por materiais vegetais frescos. O resultado demonstrou ser o óleo das folhas de *M. leucadendra* cerca de 1,5 vezes mais rentável que o óleo obtido a partir dos frutos, com valores de $0,28\% \pm 0,05$ e $0,18\% \pm 0,03$ respectivamente.

Em relação aos resultados obtidos por Pino (2010), os óleos essenciais das folhas e frutos de *M. leucadendra*, coletados no campus da UFRPE/SEDE, apresentaram menor rendimento em relação as mesmas partes coletadas em Cuba. Todavia, foi possível verificar que os óleos das folhas da árvore do chá apresentaram maior rendimento em relação aos óleos dos frutos da mesma planta.

Após a extração e cálculo do rendimento dos óleos essenciais, uma alíquota de cada um foi injetada em CG-EM com intuito de obter o cromatograma e os espectros referentes aos constituintes químicos destes OEs, para posteriormente serem identificados e quantificados, obtendo assim seu perfil químico. A figura 10 apresenta o cromatograma dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra*, assim como a identificação dos picos cromatográficos referente aos constituintes majoritários.

Figura 10. Cromatograma dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra* e seus constituintes majoritários



Fonte: O autor

Na análise dos cromatogramas obtidos, é possível notar que, em ambos, houve uma semelhança entre os sinais cromatográficos no tempo de retenção de 30 minutos, evidenciando assim a presença de um mesmo constituinte químico, que pela intensidade deste sinal e sua área, revela ser este composto o majoritário em ambos os óleos essenciais de *M. leucadendra*.

Para a caracterização completa do perfil químicos dos OEs, a análise dos espectros obtidos, que considerou a comparação dos índices de retenção, seguida pela comparação com a biblioteca de espectro de massas do NIST e espectros de massas disponíveis na biblioteca do computador (Wiley, com 250.000 compostos), foi possível listar os constituintes químicos presentes nos óleos das folhas e frutos de *M. leucadendra*. A tabela 3 apresenta o perfil químico dos OEs, listando os compostos e seus percentuais, bem como a natureza terpênica dos óleos.

Tabela 3. Rendimento e percentual relativo dos constituintes químicos identificados nos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra*.

Composto	IR ^a	IR ^b	Folhas	Frutos	Metodo de identificação
Rendimento(%) ± DP			0,28±0,05	0,18±0,03	
α -Pineno	930	932	0,10±0,01	-	IR, EM, CI
β -Pineno	966	961	0,22±0,02	0,03±0,00	IR, EM, CI
Limoneno	1021	1025	0,48±0,07	-	IR, EM, CI
1,8-Cineol	1025	1026	2,48±0,16	0,44±0,04	IR, EM, CI
Terpinen-4-ol	1177	1174	0,37±0,03	-	IR, EM, CI
α -Terpineol	1187	1186	0,28±0,01	0,05±0,01	IR, EM, CI
β -Cariofileno	1420	1417	0,57±0,02	-	IR, EM, CI
(Z)- β -Farneceno	1441	1440	0,06±0,00	0,11±0,01	IR, EM
α -Patchouleno	1457	1454	0,03±0,00	-	IR, EM
(E)-Nerolidol	1566	1561	95,49±1,32	92,06±0,45	IR, EM, CI
Espatulanol	1572	1577	0,14±0,00	0,28±0,01	IR, EM, CI
Viridiflorol	1594	1592	0,05±0,00	-	IR, EM
Allo-aromadendreno	1641	1639	-	0,03±0,00	IR, EM, CI
α -Eudesmol	1655	1652	0,01±0,00	-	IR, EM

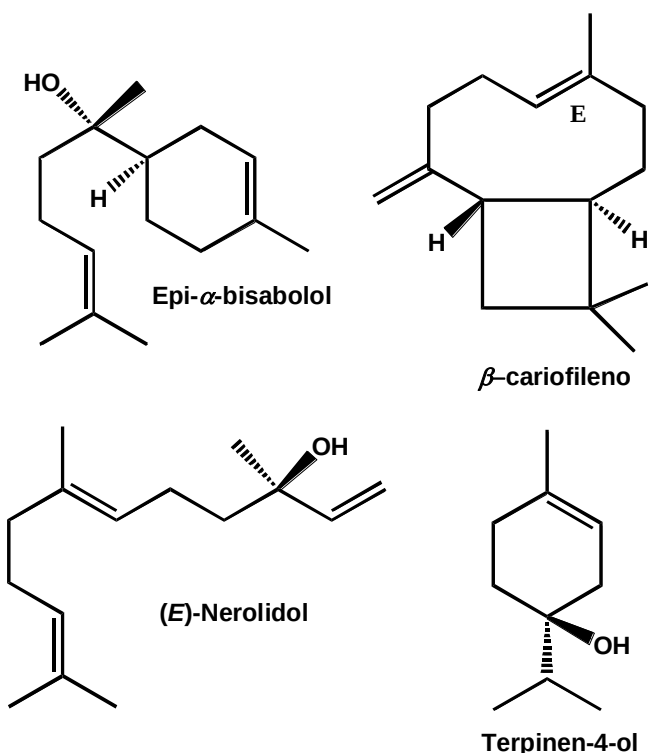
Intermediol	1670	1665	-	0,15±0,02	IR, EM
Epi- α -bisabolol	1686	1683	0,12±0,01	2,00±0,090	IR, EM
Total			97,54±1,35	95,15±0,48	
Monoterpenos			1,08±0,14	0,52±0,04	
Sesquiterpenos			96,46±1,27	94,63±0,046	

^aÍndices de retenção calculados baseados nos tempos de retenção em comparação com uma série de *n*-alcanos em coluna de capilaridade de 30m DB-5.

^bÍndices de retenção da literatura. IR = Índice de Retenção, EM = Espectro de Massas, CI = Co-Injeção com padrão autêntico.

Nos óleos essenciais das folhas e frutos de *M. leucadendra* um total de 16 compostos foram identificados, a qual representam um percentual de $97,54 \pm 1,35$ e $95,15 \pm 0,48$ da composição química destes óleos, respectivamente. Os óleos das diferentes partes da espécie trabalhada apresentaram um perfil químico de natureza terpênica, com predominância de compostos da classe dos sesquiterpenos. A figura 11 apresenta quatro destes compostos terpênicos.

Figura 11. Compostos terpênicos da classe dos sesquiterpenos



Fonte: O autor

Dos 14 compostos identificados no OE das folhas de *M. leucadendra*, $96,46 \pm 1,27\%$ pertence a classe química dos sesquiterpenos, com destaque para os majoritários (E)-nerolidol ($95,49 \pm 1,32\%$) e o β -cariofileno ($0,57 \pm 0,02\%$). Para o OE dos frutos de *M. leucadendra*, 9 compostos foram identificados sendo $94,63 \pm 0,046\%$ de natureza sesquiterpênica, predominando o (E)-nerolidol ($92,06 \pm 0,45\%$) e o Epi- α -bisabolol ($2,00 \pm 0,090\%$).

Na literatura, o 1,8-cineol é relatado como constituinte majoritário nos OEs das folhas de *M. leucadendra*, com percentuais acima de 40,0 %, para a espécie coletada na Indonésia (49,22–55,04%), Costa do Marfim (50,4%) e Cuba (43,0%) (RINI et al, 2012; TIA et al, 2013; PINO et al, 2010). Em contrapartida, outros trabalhos

apresentaram o mesmo constituinte majoritário do estudo presente na composição química do óleo essencial das folhas de *Melaleuca leucadendra*, obtendo percentuais acima de 90% de (*E*)-nerolidol para a espécie coletada na Índia e no Brasil (PADALIA et al, 2015; COITINHO et al, 2011). No presente relato, o monoterpeno 1,8-cineol, também foi identificado nos OEs das folhas ($2.48 \pm 0.16\%$) e frutos ($0.44 \pm 0.04\%$), estando aproximadamente 5 vezes mais presente nas folhas.

Assim como relatado por Sabir et al (2014), o Terpene-4-ol foi possível ser identificado nas folhas do óleo essencial de *M. leucadendra*, todavia no presente relato em percentuais abaixo de 1%, ao passo que no estudo realizado na Austrália este constituinte químico se apresentava em percentuais entre 30 e 48%.

Referindo-se aos óleos essenciais dos frutos de *M. leucadendra*, o trabalho realizado por Pino et al. (2010) com a espécie coletada em Cuba, demonstrou ser o viridiflorol o constituinte majoritário desta parte da planta com percentual de 47,6%, enquanto que o óleo da espécie estudada foi constituído majoritariamente por (*E*)-nerolidol, não sendo revelado a presença do constituinte relatado em Cuba.

Apesar de apresentar mesmo constituinte majoritário, os OEs das folhas da espécie coletada na Índia, apresenta como segundo constituinte majoritário o β -cariofeleno, ao passo que os resultados do presente trabalho detectaram, para esta posição, o 1,8-cineol também presente no trabalho de Siani (2016), todavia em menor percentual. Vale salientar que, devido ao grande percentual de (*E*)-nerolidol nos óleos essenciais das folhas e frutos de *M. leucadendra* relatados na pesquisa, a espécie configura-se como fonte desta substância, a qual além de apresentar atividade inseticida é conhecida por apresentar várias atividades biológicas, como antioxidante, anticancerígeno, antimicrobiana, entre outras (CHAN et al, 2016).

As alterações em termos quantitativos observados entre a composição química dos óleos estudados no presente relato e dos encontrados na literatura, pode ter sua base fundamentada nos diferentes fatores ambientais externos aos quais as espécies vegetais coletadas foram submetidas. Estes fatores abióticos, segundo GOBBONETO e LOPES (2007), como clima, solo, incidência solar, disponibilidade de água e entre outros aspectos, são responsáveis pela diferença percentual dos metabólitos secundários presentes nos óleos essenciais.

4.2 Toxicidade larvica e embriocida dos óleos essenciais de *M. leucadendra* sobre a *P. xylostella*.

O experimento de toxicidade larvica, também denominado de contato residual, dos óleos essenciais, extraídos das folhas e frutos de *M. leucadendra*, foi realizado com uma amostra de 1.570 larvas do 3º instar, expostas a diferentes concentrações dos formulados a base dos OEs e água destilada contendo 1,0% de DMSO e 0,1% de Wil fix. A avaliação dos experimentos foi feita após 48 horas de exposição sobre influência das diferentes concentrações utilizadas neste bioensaio.

Visto que, os óleos essenciais estudados se apresentaram como fonte para a extração do (*E*)-nerolidol, fez-se necessário também a análise do potencial inseticida deste constituinte químico, visando identificar uma correlação entre a mortalidade deste composto e as observadas para os óleos. Além disso, foi realizado também os testes de contato residual com o inseticida botânico comercial Azamax®, com intuito de comparar a eficiência deste produto com os produtos de *M. leucadendra*.

Ambos os óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra* se apresentaram tóxico a *Plutella xylostella*. A toxicidade letal para reduzir a população em 50% (CL₅₀) das larvas das traça das crucíferas foi estimada em 0,15 e 0,17 mg.mL⁻¹, para frutos e folhas, respectivamente de acordo com a tabela 4.

Tabela 4. Resultados do bioensaio de toxicidade larvica obtidos a partir dos óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra*, seu constituinte majoritário e o controle positivo sobre *Plutella xylostella*.

Toxicidade larvica					
Óleo essencial	N ⁽¹⁾	CL ₅₀ (mg/mL) ⁽²⁾ (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ ² (4)	G.L. ⁽⁵⁾
<i>M. leucadendra</i> (frutos)	730	0,15 (0,13-0,17)	1,95±0,12	5,32	5
<i>M. leucadendra</i> (folhas)	840	0,17 (0,15-0,19)	1,91±0,11	6,42	5
(<i>E</i>)-Nerolidol	840	0,18 (0,16-0,20)	2,10±0,11	2,41	5
Azamax®	840	2,75 (2,37-3,19)	1,55±0,09	3,51	5

⁽¹⁾Número de indivíduos utilizados. ⁽²⁾Concentração letal média para reduzir a população em 50%. ⁽³⁾Erro padrão. ⁽⁴⁾Qui-quadrado. ⁽⁵⁾Grau de liberdade.

O constituinte majoritário (*E*)-nerolidol, também se mostrou tóxico a fase larval da *P. xylostella* apresentando concentração letal de 0,18 mg.mL⁻¹. Quando comparado os resultados de contato residual entre óleos e o sesquiterpeno, o bioensaio sobre a fase larval da traça das crucíferas não diferiu estatisticamente. Com isso, é possível inferir que, por apresentar perfil químico composto basicamente por (*E*)-nerolidol, com valores acima de 90%, este terpenóide se configura como principal substância responsável pela toxicidade apresentada por estes óleos.

Na análise do resultado obtido para o teste de toxicidade larvicida do Azamax®, foi verificado que este produto apresentou concentração letal para redução de 50% da população de *P.xylostella* de 2,75 mg.mL⁻¹. Comparando este resultado aos obtidos por meio da espécie vegetal, os óleos essenciais e seu constituinte majoritário se mostraram cerca de 15 vezes mais tóxico que o inseticida botânico, assumindo características de promissores inseticidas naturais.

Para o bioensaio de toxicidade embriocida 2.100 ovos foram utilizados, com avaliação após 72 horas de exposição as diferentes concentrações utilizadas dos OEs das folhas e frutos do mirto-de-mel, constituinte majoritário e Azamax®. Com a análise dos dados obtidos estimou-se em 0,28 e 0,23 mg.mL⁻¹ para CL₅₀ dos OEs dos frutos e folhas de *M. leucadendra*, respectivamente, porém não diferindo estatisticamente.

Na análise dos resultados obtido para o (*E*)-nerolidol, foi observado um decréscimo na mortalidade sobre a *Plutella xylostella*, a qual se mostrou aproximadamente três vezes menos tóxico a praga em relação aos OEs, como CL₅₀ de 0,66 mg.mL⁻¹. A tabela 5 apresenta ambos resultados de toxicidade embriocida dos objetos de estudo.

Tabela 5. Resultados dos bioensaio de toxicidade embriocida obtidos a partir dos óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra*, seu constituinte majoritário e o controle positivo sobre *Plutella xylostella*.

Toxicidade embriocida					
Óleo essencial	N ⁽¹⁾	CL ₅₀ (mg/mL) ⁽²⁾ (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ ² (⁴)	G.L. ⁽⁵⁾

<i>M. leucadendra</i> (frutos)	1050	0,28 (0,25-0,31)	1,78±0,09	8,36	5
<i>M. leucadendra</i> (folhas)	1050	0,23 (0,20-0,26)	1,87±0,09	2,15	5
(E)-Nerolidol	1050	0,66 (0,59-0,73)	2,38±0,13	7,16	5
Azamax®	1050	2,57 (2,29-2,86)	1,92±0,10	3,90	5

(¹)Número de indivíduos utilizados. (²)Concentração letal média para reduzir a população em 50%. (³)Erro padrão. (⁴)Qui-quadrado. (⁵)Grau de liberdade.

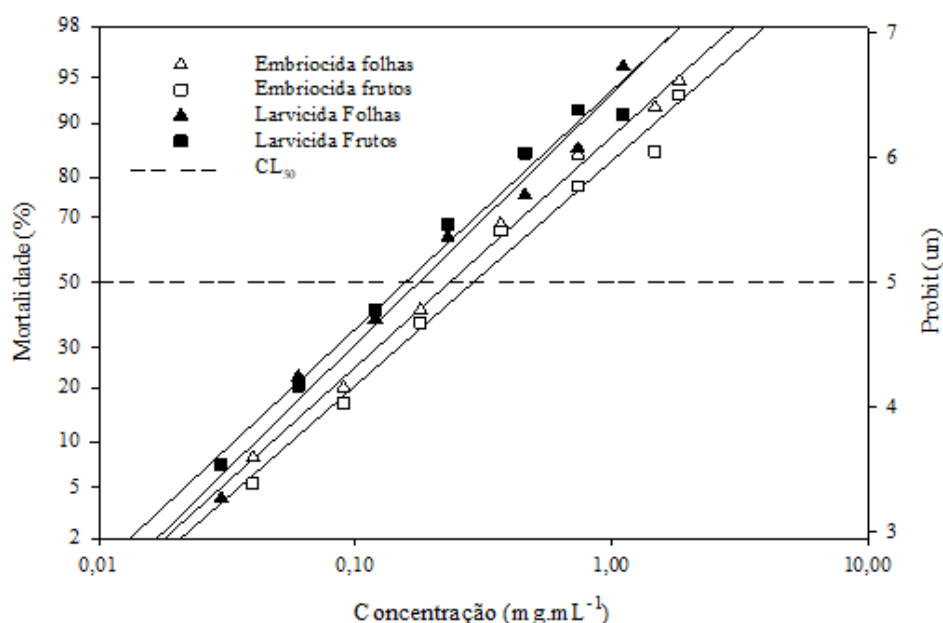
Semelhantemente ao procedimento realizado no bioensaio de contato residual, o teste biológico com o inseticida botânico comercial também foi efetuado. Para o Azamax®, uma mortalidade de 50% da população de *P. xylostella* foi estimada em 2,57 mg.mL⁻¹, resultado esse que demonstra a necessidade de uma maior concentração do produto em relação aos materiais obtidos por meio da *Melaleuca leucadendra*.

Portanto, sobre a fase embrionária, o óleo essencial das folhas e frutos de *M. leucadendra* se mostraram tóxico a traça das crucíferas que os demais objetos de investigação, seguidos do constituinte majoritário e Azamax®. Logo, é possível concluir novamente que os produtos derivados da espécie de *Melaleuca* se apresentam como promissores também sobre os ovos da *Plutella xylostella*.

Devido os óleos essenciais não diferirem estatisticamente, a eficiência destes produtos sobre a *P. xylostella* pode estar relacionada à semelhança do perfil químico destes óleos, com predominância do (E)-nerolidol. Entretanto, as diferenças percentuais de concentração letal média do constituinte químico e dos óleos essenciais, para o bioensaio de toxicidade embriocida, podem estar relacionados ao fato destes óleos serem constituídos de uma mistura complexa de diferentes compostos, que não mais dependem da ação de um único constituinte, mas das interações destes compostos sobre a fase embrionária da *Plutella xylostella*, a qual promove um aumento da toxicidade, provocando a utilização de concentrações menores destes óleos em relação ao constituinte majoritário puro.

As curvas de concentração-resposta obtidas para avaliar mortalidade das larvas de terceiro instar e ovos de *Plutella xylostella* se adequaram ao modelo de Probit, com valores do χ^2 não significativos (valores de P acima de 0,05). A figura 12 apresenta as curvas referentes aos óleos essenciais das diferentes partes de *Melaleuca leucadendra*.

Figura 12. Curvas de concentração-resposta dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Melaleuca leucadendra* para os bioensaios sobre larvas e ovos de *Plutella xylostella*.



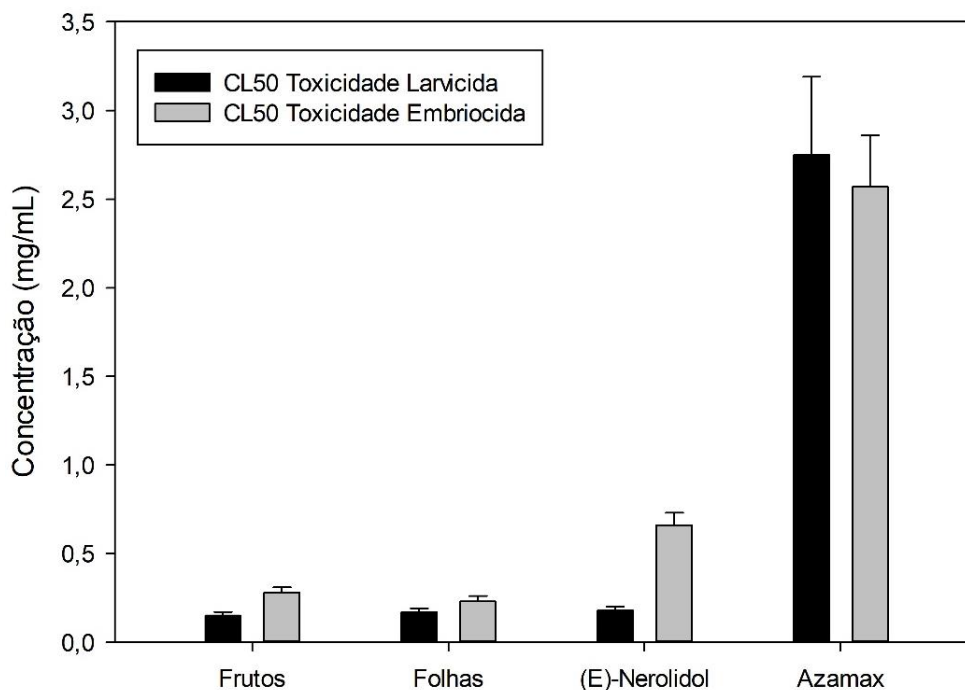
Fonte: O autor

Por meio destas curvas, é possível observar que para valores próximos a CL_{95} , cujas concentrações letais médias estão em torno de 1 mg.mL^{-1} , ambos os óleos essenciais das folhas e frutos de *M. leucadendra* se comportam semelhantemente sobre as larvas de 3º instar, ou seja, com mortalidades iguais. Este fenômeno pode ser confirmado por meio das retas sobrepostas nesta proximidade, com isso no intuito de haver um controle de praga em que o esperado seja uma mortalidade de 95% da população, ambos os óleos podem ser utilizados, sem comprometer sua eficiência.

Comparando os resultados dos testes, percebe-se que os óleos essenciais, assim como seu constituinte majoritário, apresentam maior eficiência sobre a praga em fase larval ao invés da fase embrionária, pois as concentrações utilizadas para a redução da população em 50% foram mais baixas para esta fase da praga. A figura

13 apresenta um gráfico de barras em que é possível verificar a diferença entre as concentrações letais estimadas em todos bioensaios testados.

Figura 13. Representação gráfica dos resultados obtidos das CL₅₀ dos bioensaios de toxicidade larval e ovicida



Fonte: O autor

Apesar de ser uma fase mais sensível, os embriões da *P. xylostella* podem ser protegidos por seus invólucros, acarretando numa maior dificuldade de penetração do OEs no interior do ovo. Sendo assim, por estarem na fase de larva, a praga além de entrar em contato com o produto aplicado nas folhas (contato residual) de forma superficial, por se alimentar da couve, este inseto também sofre com o controle químico por meio da ingestão.

Ao contrário do que é observado nos dados de mortalidade apresentados pelos óleos essenciais e (E)-nerolidol, o Azamax®, apresentou menor concentração letal para a redução da população de *P. xylostella* em 50% sobre os ovos desta praga. Logo, sua maior eficiência como inseticida se dá a partir dos estágios iniciais da praga.

5 CONCLUSÃO

Entre os óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra* testados, a extração a partir das folhas apresentou maior rendimento. Verificou-se que ambos os óleos das folhas e frutos são constituídos majoritariamente por sesquiterpenos, com destaque para o (*E*)-nerolidol, presente em ambas as partes, com percentuais acima de 90%, caracterizando estes óleos como fonte para a obtenção deste composto.

De acordo com os diferentes bioensaios testados, os óleos essenciais de *M. leucadendra* se mostraram tóxicos sobre ambas as fases da *Plutella xylostella*, larva e ovo, exigindo menores concentrações sobre a fase larval. Em ambos os testes de toxicidade larvicida e embriocida, os resultados obtidos para a redução da população de *P. xylostella* em 50% por meio dos óleos não diferiram estatisticamente.

A análise de toxicidade referente ao composto majoritário dos óleos, demonstrou ser o (*E*)-nerolidol o constituinte químico principal responsável pela mortalidade da praga no terceiro instar. Entretanto, apesar da semelhança entre os perfis químicos dos óleos essenciais, no bioensaio realizado sobre a fase embrionária, a mistura complexa dos compostos destes produtos promoveu um aumento da toxicidade em relação ao constituinte químico testado separadamente.

O estudo químico dos óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra* em comparação com os resultados apresentados pelo inseticida comercial, Azamax®, demonstrou ser os óleos promissores inseticidas naturais. Concomitantemente, o (*E*)-nerolidol também se apresentou promissor no controle da *Plutella xylostella*, sendo assim, ambos os objetos de estudos apresentaram potencial como fonte alternativa aos métodos de controle da traça das crucíferas.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy**. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 804 p., 2007.
- ADJALIAN, E. et al. **Anti-oviposition and repellent activity of essential oil from *Melaleuca leucadendron* leaf acclimated in bénin against the angoumois grain moth**. IJBPAS, v.4, n. 2, p. 797-806, 2015.
- ALKOFAHI, A. J.K. et al. **Search for new pesticides from higher plants**. In: ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P. (eds.). **Insecticides of plant origin**. American Chemical Society, Washington, p. 25-43, 1989.
- AL-SHEHBAZ, I.A. **A generic and tribal synopsis of the Brassicaceae (Cruciferae)**. Taxon, v. 61, p. 931-954, 2012.
- AMBROSIO, C.M.S. et al. **Antimicrobial activity of several essential oils on pathogenic and beneficial bacteria**. Industrial Crops and Product, v. 97, p. 128-136, 2017.
- AMER, A.; MEHLHORN, H. **Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes**. Parasitology Research, v. 99, p. 478–490, 2006.
- ASSIS, C.P.O. et al. **Toxicity of essential oils from plants towards *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) and *Suidasia pontifica* Oudemans (Acari: Astigmata)**. 4. ed, Journal of Stored Products Research, v. 47, p. 311-315, 2011.
- BAER, W. **A Economia Brasileira**. 2. Ed, Nobel, São Paulo, 2003.
- BAKKALI, F. et al. **Biological effects of essential oils – A review**. 2. ed. Food and chemical toxicology, v. 46, p. 446-475, 2008.
- BARROS, R. et al. **Controle químico da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em repolho**. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 22, p. 463-469, 1993.
- BLAKE, S.T. **Queensland Herbarium**. n. 1, 1968.
- BROPHY, J.J.; LASSAK, E.V. ***Melaleuca leucadendra* L. Leaf oil: two phenylpropanoid chemotypes**. Flavour and Fragrance Journal, v. 3, p. 43-46, 1988.
- BUSOLI, A.C.; et al. **Atualidades em manejo integrado de pragas**. In: BUSOLI, A.C. et al. **Tópicos em entomologia agrícola VII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel. p. 309-329, 2014.
- BUSOLI, A.C.; et al. **Atualidades em manejo integrado de pragas**. In: BUSOLI, A.C. et al (Eds.). **Tópicos em entomologia agrícola V**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda. p.173-192, 2012.

CAMPLI, E.D. et al. **Activity of tea tree oil and nerolidol alone or in combination against *Pediculus capitis* (head lice) and its eggs.** Parasitology Research, v. 111, p. 1985–1992, 2012.

CAPINERA, J.L. University of Florida, 2000. Disponível em: <https://entnemdept.ifas.ufl.edu/creatures/veg/leaf/diamondback_moth.htm> Acesso em: 05 de Jan. 2019.

CARVALHO, J.S. ***Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) efeito da sinigrina aplicada em folhas de couve e brócolis.** Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista campus Jaboticabal, São Paulo. 2008.

CASTELO BRANCO, M. et al. **Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações de traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 3, p. 549-552, 2003.

CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M.A. **Impacto de inseticidas sobre parasitóides da traça-das-crucíferas em repolho, no Distrito Federal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.7-13, 2001.

CHAN, W.K. et al. **Nerolidol: A Sesquiterpene Alcohol with Multi-Faceted Pharmacological and Biological Activities.** 5 ed. Molecules, v. 21, 529, 2016.

CHAO, S. et al. **Inhibition of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) by essential oils.** Flavour and Fragrance Journal, v. 23, p. 444–449, 2008.

CHOHAN, T.A. et al. **Repellency, toxicity, gene expression profiling and In silico studies to explore insecticidal potential of *Melaleuca alternifolia* essential oil against *Myzus persicae*.** Toxins, v. 10, n. 11, 425, 2018.

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; BYNG, J. W. **The number of known plants species in the world and its annual increase.** Phytotaxa, v. 261, n. 3, p. 201–217, 2016.

CHUDASAMA, K.S.; THAKER, V.S. **Biological control of phytopathogenic bacteria *Pantoea agglomerans* and *Erwinia chrysanthemi* using 100 essential oils.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, v. 47, n. 18, p. 2221-2232, 2014.

CLERICI, D.J. et al. **Effects of nanostructured essential oils against subterranean termites (*Coptotermes gestroi*).** Journal of Applied Entomology, v. 142, p. 406-412, 2018.

COITINHO, R.L.B.C. et al. **Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1492-1496, 2010.

COITINHO, R.L.B.C. et al. **Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *sitophilus zeamais* motschulsky, 1885 (coleoptera: curculionidae).** Ciências agrotécnica Lavras, v. 35, n. 1, p. 172-178, 2011.

COLMENARES, N.G. et al. **Phytoconstituents and antimicrobial activity of *Melaleuca leucadendron* leaf essential oil from Venezuela.** *Ciência*, v. 6, n. 2, p. 123-128, 1998.

CONTI, B. et al. **Mosquitocidal essential oils: are they safe against non-target aquatic organisms?** *Parasitology Research*, v. 113, p. 251–259, 2014.

CORRÊA, V.S. **Resistência de populações pernambucanas de traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticida.** Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

DE CARVALHO, C. et al. **Anuário brasileiro de hortaliças 2017.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 56, 2016.

DEWICK, P.M. **Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach.** 2 Ed., p. 514, 2002

DHARMAGADDA, V.S.S. et al. **Larvicidal activity of *Tagetes patula* essential oil against three mosquito species.** *Bioresource Technology*, v. 96, p. 1235-1240, 2005.

DIAS, D.G.S.; SOARES, C.M.S.; MONNERAT, R.G. **Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 3, p. 553-556, 2004.

ELLSE, L.; BURDEN, F.A.; WALL, R. **Control of the chewing louse *Bovicola* (Werneckiella) *ocellatus* in donkeys, using essential oils.** *Medical and Veterinary Entomology*, v. 27, p. 408–413, 2013.

FARAG, N.F. et al. **Characterization of essential oils from Myrtaceae species using ATR-IR vibrational spectroscopy coupled to chemometrics.** *Industrial Crops & Products*, v. 124, p. 870-877, 2018.

FARAG, R.S. et al. **Chemical and biological evaluation of the essential oils of different *Melaleuca* species.** *Phytotherapy Research*, v.18, p. 30–35, 2004.

FIGUEIREDO, A.C. et al. **Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils.** *Flavour Fragrance Journal*, v. 23, p. 213-226, 2008.

FINNEY, D.J. **Probit analysis.** Cambridge, England: Cambridge University Press, 31p., 1971.

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

GONG, W. et al. **Chlorantraniliprole resistance in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae).** *Journal of Economic Entomology*, v. 107, n. 2, p. 806-814, 2014.

HEINRICH, M. et al. **Fundamentals of pharmacognosy and phytotherapy**. 2. ed. London: Churchill Livingstone. 309 p., 2004.

HERNÁNDEZ, M.M. et al. **Compatibility of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* with flufenoxuron and azadirachtin against *Tetranychus urticae***. Experimental and Applied Acarology. v. 58, p. 395-405, 2012.

ISMAN, M.B. **Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world**. Annual Review of Entomology, v.51, n.1, p.45-66, 2006.

JANG, M. et al. **Biological activity of Myrtaceae plant essential oils and their major components against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)**. Pest Management Science, v. 73, p. 404–409, 2017.

KIM, J. et al. **Fumigant toxicity of plant essential oils against *Camptomyia corticalis* (Diptera: Cecidomyiidae)**. Journal of Economic Entomology, v. 105, n. 4, p. 1329–1334, 2012.

KIM, S. et al. **Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci***. Pest Management Science v. 67, p. 1093–1099, 2011.

KLAUCK, V. et al. **Insecticidal and repellent effects of tea tree and andiroba oils on flies associated with livestock**. Medical and Veterinary Entomology, v. 28, n. 1, p. 33-39, 2014.

KUMAR, A.; TANDON, S.; YADAV, A. **Chemical composition of the essential oil from fresh leaves of *Melaleuca leucadendron* L. from north India**. Journal of Essential Oil Bearing Plants, v. 8, n. 1, p. 19-22, 2005.

KUMAR, P. et al. **Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*)**. Acta Tropica, v. 122, p. 212-218, 2012.

KUMAR, R. et al. **Evaluation of some essential oils as botanical fungitoxicants for the protection of stored food commodities from fungal infestation**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 87, p. 1737–1742, 2007.

LEE, B. et al. **Fumigant toxicity of *Eucalyptus blakelyi* and *Melaleuca fulgens* essential oils and 1,8-Cineole against different development stages of the rice weevil *Sitophilus oryzae***. Phytoparasitica, v. 32, n. 5, p. 498-506, 2004.

LIAO, M. et al. **Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armigera***. Journal of Applied Entomology, v. 141, p. 721-728, 2017.

LIAO, M. et al. **Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil and RNA-Seq analysis of *Sitophilus zeamais* transcriptome in response to oil fumigation**. PLoS One, v. 11, n.12, p. 1-19, 2016.

LIAO, M. et al. **Toxicity of *Melaleuca alternifolia* essential oil to the mitochondrion and NAD⁺/NADH dehydrogenase in *Tribolium confusum*.** PeerJ, p. 1-20, 2018. DOI 10.7717/peerj.5693.

LIN, C.C. et al. **Antimicrobial, anti-tyrosinase and antioxidant activities of aqueous aromatic extracts from forty-eight selected herbs.** Journal of Medicinal Plants Research, v. 5, n. 26, p. 6203-6209, 2011.

MACHIAL, C.M. et al. **Evaluation of the toxicity of 17 essential oils against *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae).** Pest Management Science, v. 66, p. 1116–1121, 2010.

MATOS, P.F.; PESSÔA, V.L.S. **A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território.** Geo UERJ, n. 22, v. 2, p.290-322, 2011.

MAZZARRINO, G. et al. ***Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* inactivation dynamics after treatment with selected essential oils.** Food Control, v. 50, p. 794-803, 2015.

MONNERAT, R.G. et al. **Caracterização de populações geograficamente distintas da traça-das-crucíferas por susceptibilidade ao *Bacillus thuringiensis* Berliner e RAPD-PCR.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.3, p.607-609, 2004.

MORAIS, M.M. **Relação entre a toxicidade de mono e sesquiterpenos identificados no óleo essencial de espécies dos gêneros *Ocotea* (Lauraceae) e *Eugenia* (Myrtaceae) sobre o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*).** Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

MOREIRA, D.M. et al. **Plant compounds insecticide activity against coleoptera pests of stored products.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.7, p. 909-915, 2007.

MUCHTARIDI, M.; TJIRARESMI, A.; FEBRIYANTI, R. **Analysis of active compounds in blood plasma of mice after inhalation of cajuput essential oil (*Melaleuca leucadendron* L.).** Indonesian Journal of Pharmacy, v. 26, n. 4, p. 219-227, 2015.

NOOSIDUM, A.; CHAREONVIRIYAPHAP, T.; CHANDRAPATYA, A. **Synergistic repellent and irritant effect of combined essential oils on *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes.** Journal of Vector Ecology, v. 39, n. 2, p. 298-305, 2014.

PADALIA, R.C. et al. **The essential oil composition of *Melaleuca leucadendra* L. grown in India: A novel source of (E)-nerolidol.** Industrial Crops and Products, v. 69, p. 224–227, 2015.

PARK, I. et al. **Fumigant activity of plant essential oils and components from horseradish (*Armoracia rusticana*), anise (*Pimpinella anisum*) and garlic (*Allium sativum*) oils against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae).** Pest Management Science, v. 62, p. 723–728, 2006.

PAVELA, R. **Insecticidal Properties of Several Essential Oils on the House Fly (*Musca domestica* L.)**. Phytotherapy research, v. 22, p. 274–278, 2008.

PAWAR, V.C.; THAKER, V.S. **Evaluation of the anti-*Fusarium oxysporum* f. sp *cicer* and anti-*Alternaria porri* effects of some essential oils**. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 23, p. 1099–1106, 2007.

PAWAR, V.C.; THAKER, V.S. ***In vitro* efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger***. Mycoses, v. 49, p. 316–323, 2006

PAZINATO, R. et al. **Influence of tea tree oil (*Melaleuca alternifolia*) on the cattle tick *Rhipicephalus microplus***. Experimental and Applied Acarology, v. 63, n. 1, p. 77-83, 2014.

PEREIRA, A.C.R.L. et al. **Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]**. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 3, p. 717-724, 2008.

PEREIRA, F.F. et al. **Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)**. Neotropical Entomology, v. 33, n. 2, p. 231-236, 2004.

PINO, J. et al. **Chemical composition of cajuput oil (*Melaleuca leucadendra* L.) from Cuba**. Journal of Essential Oil Research, v. 14, p. 10-11, 2002.

PINO, J.A. et al. **Phytochemical analysis and *in vitro* free-radical-scavenging activities of the essential oils from leaf and fruit of *Melaleuca leucadendra* L.** Chemistry & Biodiversity, v. 7, p. 2281-2288, 2010.

PRAKASH, B. et al. **Antifungal, antiaflatoxin and antioxidant activity of plant essential oils and their *in vivo* efficacy in protection of chickpea seeds**. Journal of Food Quality, v. 39, p. 36–44, 2016.

PUJIARTI, R.; OHTANI, Y.; ICHIURA, H. **Physicochemical properties and chemical compositions of *Melaleuca leucadendron* leaf oils taken from the plantations in Java, Indonesia**. Journal of Wood Science, v. 57, p. 446–451, 2011.

PULMNUAN, J.; CHANDRAPATYA, A.; INSUNG, A. **Acaricidal activities of plant essential oils from three plants on the Mushroom Mite, *Luciaphorus perniciosus* Rack (Acari: Pygmephoridae)**. Pakistan Journal of Zoology, v. 42, n. 3, p. 247-252, 2010.

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. **Plant products as fumigants for stored-product insect control**. Journal of Stored Products Research, Oxford, v.44, n.2, p.126-135, 2008.

RINI, P.; OHTANI, Y.; ICHIURA, H. **Antioxidant, anti-hyaluronidase and antifungal activities of *Melaleuca leucadendron* Linn. leaf oils.** Journal of Wood Science, v. 58, p. 429–436, 2012.

ROBERTSON, J.L. et al. **Bioassays with arthropods.** 2 ed. California: CRC Press, 127 p., 1992.

ROBERTSON, J.L. et al. **Bioassays with arthropods.** 2. ed., California, CRC Press, 224p. 2007.

RONDELLI, V.M. et al. **Associação do óleo de mamona com *Beauveria bassiana* no controle da traça-das-crucíferas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Informação Tecnológica Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 2, p. 212-214, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/2024>>. Acesso em: 18 Jun. 2018 handle: 11449/2024

SABIR, S. et al. **Pharmacological attributes and nutritional benefits of tea tree oil.** International Journal of Biosciences, v. 5, n. 2, p. 80-91, 2014.

SAS Institute. SAS/STAT User's guide, version 8.2, TS level 2MO. SAS Institute, Inc. 2001.

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. **SAS user's guide: basics.** 9.1.3 ed. Cary, 2002-2004.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Censo Agropecuário.** Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 777 p., 2006.

SHAHIDI, F.; HO, C-T. (Ed.). **Phenolic compounds in foods and natural health products.** Washington, DC.: American Chemical Society, (ACS Symposium Series, 909). p.320, 2005.

SIANI, A.C. et al. **Leaf essential oil from three exotic Myrtaceae species growing in the botanical garden of Rio de Janeiro, Brazil.** American Journal of Plant Sciences, v. 7, p. 834-840, 2016.

SIDDIQUE, S. et al. **Chemical Composition and Insecticidal Activities of Essential Oils of Myrtaceae against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae).** Polish Journal of Environmental Studies, v. 26, n. 4, p. 1653-1662, 2017.

SIDDIQUE, S. et al. **Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oils from leaves of three *Melaleuca* species of Pakistani flora.** Arabian Journal of Chemistry, 2017.

SigmaPlot for windows, version 11.0, Systant Software, Inc. 2008.

SILVA, A.C. **Guia para o reconhecimento de inimigos naturais de pragas agrícolas.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Brasília: Embrapa, 47 p., 2013.

SILVA, C.G.V.; OLIVEIRA, J.C.S.; CAMARA, C.A.G. **Insecticidal activity of the ethanolic extract from Croton species against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae).** Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, v. 71, n. 2, p. 8543-8551, 2018.

SILVA, C. J. et al. **Comparative study of the essential oils of seven *Melaleuca* (Myrtaceae) species grown in Brazil.** Flavour and Fragrance Journal, v. 22, p. 474–478, 2007.

SILVA, G.S. et al. **Espaçamentos entrelinhas e entre plantas no crescimento e na produção de repolho roxo.** Bragantia, v.70, n.3, p.538-543, 2011.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 5 ed. Florianópolis: EdUFSC. P. 404, 2004.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. **Óleos volateis.** In: SIMOES, C.M.O. et al. (orgs). **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 467p. 2008.

SONG, J. et al. **Acaricidal and insecticidal activities of essential oils against a stored-food mite and stored-grain insects.** Journal of Food Protection, v. 79, n. 1, p. 174–178, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006.

TIA, E.V. et al. **Potentialité des huiles essentielles dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* Genn.** Phytothérapie, v. 11, p.31-38, 2013.

TODOROVA, M.; OGNJANOV, I.; THO, P.T.T. **Composition of vietnamese essential oil from *Melaleuca Leucadendron* L.** Perfumer & Flavorist, v. 13, p. 17-18, 1988.

TORRES, A.L. et al. **Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*.** Bragantia, Campinas, v. 65, p. 447-457, 2006.

TRAN, D.B. et al. **An assessment of potential responses of *Melaleuca* genus to global climate change.** Mitigation Adaptation Strategies Global Change, v. 18, p. 851–867, 2013.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N.K.; SHUKLA, A.K. **Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v.24, p. 39-46, 2008.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A.C.; WEBER, G.E.B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância.** Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 16p, 2010.

ZHANG, J. et al. The antifungal activity of essential oil from *Melaleuca leucadendra* (L.) L. grown in China and its synergistic effects with conventional antibiotics against *Candida*. Natural product research, p. 1-4, 2018.