

POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE *Mentha* PARA O
CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

ANTÔNIO DE ALMEIDA PAZ NETO

(Sob Orientação do Professor Cláudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE)

RESUMO

O uso de inseticidas sintéticos continua sendo a principal tática utilizada para controle de pragas agrícolas. Pequenos agricultores, como os produtores de couve das áreas de Pernambuco, usam os inseticidas sintéticos como o principal meio para solucionar seus problemas com insetos pragas. Entretanto, o uso inadequado resulta em um elevado número de pulverizações ocasionando efeitos indesejáveis como depressão do controle biológico natural, aumento do custo de produção, desenvolvimento de resistência de insetos aos inseticidas, entre outros. *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) é a principal praga da família Brassicaceae, e é o inseto que apresenta o maior registro de casos de resistência aos inseticidas sintéticos, de tal modo que a pulverização desses produtos tem demonstrado ineficiência. A necessidade de desenvolver novos compostos químicos para o controle de pragas tem impulsionando o desenvolvimento de pesquisas com inseticidas botânicos. Os óleos essenciais das espécies *Mentha arvensis* L., *Mentha piperita* L. e *Mentha spicata* (L.) tem apresentado ação inseticida contra uma vasta diversidade de artrópodes, desempenhando efeito repelente, ovicida, larvicida, deterrente alimentar e ainda afetando parâmetros biológicos desses organismos. Os óleos das espécies de *Mentha* mostraram uma interessante ação inseticida contra lagartas de 3º instar de *P. xylostella* apresentando DL₅₀ menor que o Azamax, um inseticida sintético de origem vegetal. Entretanto os inseticidas

comerciais, Premio[®] 200 CS e Decis[®] 25 CE, tiveram uma DL₅₀ menor que todos os óleos testados. A pulverização dos óleos sobre os ovos inibiu a eclosão de *P. xylostella*. A exposição das lagartas de *P. xylostella* às doses subletais dos óleos das espécies *Mentha* ocasionou efeito sobre seus parâmetros biológicos, afetando o percentual de pupação, peso de pupa, viabilidade de ovos, sobrevivência e viabilidade larval da prole.

PALAVRAS-CHAVE: *Mentha arvensis*, *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, ovicida, efeito subletal, traça-das-crucíferas.

INSECTICIDE POTENCIAL OF ESSENTIAL OILS OF *Mentha* SPECIES TO CONTROL OF

Plutella xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

by

ANTÔNIO DE ALMEIDA PAZ NETO

(Under the Direction of Professor Cláudio Augusto Gomes da Camara - UFRPE)

ABSTRACT

Use of synthetic insecticides remains the main tactic used to control agricultural pests. Small growers, such as cabbage producers of agricultural areas of Pernambuco, use synthetic insecticides as the main way to solve their problems with insect pests. However improper use results in a high number of insecticide sprays, resulting in undesirable side effects such as, the natural biological control depression, increase of the production cost, developing of insect resistance to pesticides, among others. Diamondback moth (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) is the main pest of the family Brassicaceae, and the insect which has the highest reported cases of resistance to synthetic insecticides, so that spraying of such products has shown inefficiency. The need to develop new chemicals for pest control has increased the development of researches with botanical insecticides. Essential oils of the species *Mentha arvensis* L., *Mentha piperita* L. and *Mentha spicata* (L.) has shown insecticidal activity against a wide variety of arthropods, causing repellent, ovicidal, larvicidal, and feeding deterrent effects and still affecting biological parameters to such organisms. The oils of *Mentha* species showed an interesting insecticidal action against 3rd-instar larvae of DBM producing DL₅₀ lower than the synthetic insecticide Azamax, a synthetic insecticide of plant origin. However the insecticides Premio[®] 200 SC and Decis[®] 25 EC, had a lower DL₅₀ all oils. The spraying of oils over the eggs inhibited the emergence of *P. xylostella*.

The exhibition of DBM larvae to sublethal doses of the *Mentha* species oils caused effects on biological parameters, affecting the percentage of pupation, pupal weight, viability of eggs, larval survival and viability of offspring.

KEY WORDS: *Mentha arvensis*, *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, ovicide, sublethal effect, diamondback moth.

POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE *Mentha* PARA O
CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

ANTÔNIO DE ALMEIDA PAZ NETO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro – 2016

POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE *Mentha* PARA O
CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

ANTÔNIO DE ALMEIDA PAZ NETO

Comitê de Orientação:

Claudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE

POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE *Mentha* PARA O
CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

ANTÔNIO DE ALMEIDA PAZ NETO

Orientador: _____
Claudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE

Examinadores: _____
José Wagner da Silva Melo – UFC

Wellington Marques da Silva – UFRPE

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho para minha mãe, minha irmã e, em especial, para meu pai que sempre lutou para que eu conseguisse ter uma formação de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq por proporcionar-me a realização da primeira fase de um sonho.

Chegar até aqui só foi possível devido à contribuição de inúmeros familiares, amigos e profissionais que nem sempre estavam ligados de forma direta a minha evolução profissional, mas que sempre acrescentaram para o meu crescimento pessoal.

Inicialmente agradeço todos os meus professores, desde o colégio até a pós-graduação, pois sem a partilha do conhecimento de vocês não seria possível chegar onde estou. Destaco a professora Elaine Gonçalves Rech, que além de uma grande profissional, é uma pessoa extremamente altruísta, do tipo que é raro hoje em dia. Ainda da época da graduação, gostaria de mencionar nos agradecimentos os professores Rosineide Candeia de Araújo, Luís Gonzaga Medeiros, Alex Carvalho Andrade, Dolores Wolschick e Flávio Simões Crespo. Do período da pós-graduação, quero destacar os professores Reginaldo Barros e Manoel Guedes Gondim pelos conselhos de grande valia, que me foram úteis em fases difíceis durante o período do mestrado. Gostaria de agradecer também ao professor Wagner Melo pela confiança e aos ensinamentos durante todo período do mestrado.

Agradeço imensamente os meus familiares, Maria José Carvalho Paz (Mãe) e Josélia Carvalho Paz (Irmã), pelo amor e incentivo oferecidos a mim durante esses dois anos, ao meu primo Elvio Evangelista Paz que sempre foi um irmão com o qual aprendo bastante, ao meu tio Hertônio Paz que desde a morte de meu pai tem sido um grande amigo, e é uma pessoa pelo qual

tenho grande admiração, Eduardo de Figueiredo (Primo) uma das pessoas mais inteligentes que já conheci e que também tenho grande apreço.

Quero agradecer também aos trabalhadores da Embrapa Meio Norte, como os técnicos de laboratório Marco e Batista, e em especial às pesquisadoras Ranyse Barbosa Querino, Karina Neoob Castro e Mariana Aparecida Carvalhaes, sou extremamente grato pelos ensinamentos que recebi durante os estágios na Embrapa, onde, o tempo que passei na instituição me fez enxergar qual o tipo de profissional eu quero ser.

E para finalizar, eu quero agradecer aos amigos, Aley Vieira e Clefson Guedelho, os primos mais abastados que já conheci, mas casaram e tornaram-se sérios (hehehe), José Antônio Filho, “Beto” Candeira, Rockwell Soares e André Rodrigues os grandes amigos do tempo do colégio, minha amiga Jéssica Resende ao qual sou muito grato, e foi através dela que conheci a “Dani” Miranda, que me deixou, mas jura que vai voltar (hehehe), à Milena Vaz, Waleskha Richelly, Sara Leão e Rosângela Portela pela amizade, alegria e aprendizado que me proporcionaram no tempo de convivência, e aos amigos do programa de Pós-graduação em Entomologia da UFRPE, Elisabete Albuquerque, Paulo Duarte, Cleane Souza, Jefferson Silva, Elaine Cristina, Francieli Santos, Leandro Lemos, Maurício Silva, Mauricéa Fidelis, Mariana Breda, Douglas Barbosa, Cynara Moura, Andrezo Santos, Tayron Amaral, Wellington Marques, Guilherme Rolim, Kamilla Dutra, Sérgio Monteze e Aline Fonseca.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
LISTA DE TABELAS	52
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA	13
2 POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE <i>Mentha</i> PARA O CONTROLE DE <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE).....	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO	28
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS.....	37
DISCUSSÃO	40
AGRADECIMENTOS	45
LITERATURA CITADA	45
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O desafio de ajustar a produção para alimentar a crescente população mundial, tem impulsionado a necessidade de melhorar a produtividade e a qualidade das culturas através do controle de uma vasta gama de insetos pragas (Sparks 2013). Diversificado número de táticas e abordagens são utilizados para o controle de artrópodes pragas como: uso de inseticidas sintéticos convencionais, plantas geneticamente modificadas, práticas culturais, controle biológico, controle microbiano, uso de produtos naturais, tais como, semioquímicos ou derivados de plantas, na forma de pós, extratos aquoso ou orgânicos, óleos essenciais e substâncias químicas puras, etc. Todavia, como destaca Guedes *et al.* (2016), seis décadas após o início do uso em larga escala de inseticidas sintéticos, estes pesticidas, sem dúvida, continuam a ser a tática de manejo de pragas mais utilizada em todo o mundo.

Nesse trágico cenário ecológico, o Brasil é o líder mundial em comercialização de agrotóxicos, onde, de acordo com um levantamento realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Sanitária, em 2010, o mercado brasileiro movimentou cerca de US\$ 7,3 bilhões, uma representação de 19% do mercado global de agrotóxicos, e em 2011 houve um aumento de 16,3% das vendas, alcançando US\$ 8,5 bilhões (ABRASCO 2015). Considerando as vendas nacionais de 2012, a classe inseticida ocupou a terceira colocação geral, atrás dos herbicidas e fungicidas, com 37.206,16 toneladas de ingrediente ativo comercializado (Rezende *et al.* 2012).

O uso de inseticidas possibilita o controle de pragas agrícolas, e assim ocasionando uma diminuição nas perdas da produção (FAO 2013). No Brasil, as perdas causadas por insetos são,

em média, de 7,7%, para as 35 culturas mais importantes, ocasionando uma redução de US\$ 14,7 bilhões para economia brasileira (Oliveira *et al.* 2014). Entretanto, Ghimire & Woodward (2013) destacam que os pesticidas quando utilizados adequadamente geram benefícios econômicos para produtores e consumidores, mas se utilizados inadequadamente e em excesso causam impactos negativos sobre a saúde humana e ao ambiente.

A extensa e repetitiva utilização dos inseticidas tem aumentado continuamente o número de casos de resistência de insetos (Sparks & Nauen 2015). Muitos estudos têm focado na questão do manejo da resistência, e a indústria de proteção de culturas reconhece a importância e necessidade de um manejo mais eficaz da resistência (McCaffery & Nauen 2006). Carvalho (2006) relata que, em consequência da evolução de resistência por insetos pragas, empresas químicas continuam a sintetizar novas substâncias inseticidas com diferentes modos de ação. O número de compostos estudados para efetivamente lançar um produto aumentou de 1.800, em 1956, para 140.000 compostos, em 2012, e os elevados custos e a necessidade de talento científico para a descoberta e desenvolvimento desses produtos, tem favorecido a consolidação de poucas empresas envolvidas na pesquisa de novos inseticidas (Sparks 2013).

Inseticidas de 1ª e 2ª geração estão sendo substituídos por 25 grupos de inseticidas com melhores perfis de segurança (Casida & Durkin 2013, Guedes *et al.* 2016). Esses produtos mais recentes são significativamente mais seguros, atingindo alvos fisiológicos diferentes nos mamíferos (Wismer & Means 2012). Estudos tem demonstrado uma notável seletividade desses compostos aos mamíferos, como no caso dos pesticidas: spinetoram (Sparks *et al.* 2008), fipronil (Narahashi *et al.* 2010) e diamidas (clorantraniliprole e flubendiamida) (Lahm *et al.* 2009). Entretanto, mesmo com a introdução no comércio de inseticidas com um melhor perfil de segurança, a visão pública sobre o uso de inseticidas sintéticos, em geral, ainda continua negativa,

e de fato, ainda se faz necessário realizar estudos ecotoxicológicos mais aprofundados para determinar a ação desses compostos químicos em um sistema dinâmico, como é o ecossistema.

Tradicionalmente, a determinação de uma dose ou concentração letal média, tem sido o meio para determinar o efeito de um pesticida sobre artrópodes, embora esse seja apenas uma medida parcial. Além da mortalidade direta, efeitos subletais sobre a fisiologia e comportamento dos artrópodes devem ser considerados para uma análise completa do impacto dos inseticidas (Desneux *et al.* 2007). O desenvolvimento de moléculas inseticidas, para o manejo de populações de artrópodes pragas, baseia-se na interação dessas com um principal local de ação dentro de um organismo individual, prejudicando, pelo menos, um dos seus processos fisiológicos básicos, o que leva à sua morte (Casida & Durkin 2013). Todavia, qualquer dado inseticida é suscetível de interagir com locais de ação secundários, o qual não pode conduzir à morte do organismo, mas pode produzir efeitos subletais que comprometem a sua homeostase e interferir com a sua sobrevivência e / ou reprodução (Guedes *et al.* 2016).

A crítica pública, juntamente com uma maior compreensão científica dos potenciais impactos negativos dos pesticidas, tem incentivado estudos com substâncias botânicas, objetivando elaborar inseticidas ambientalmente mais seguros (Isman & Grieneisen 2014). Um exemplo de inseticida botânico, amplamente usado para o controle de uma ampla variedade de artrópodes é o triterpenóide, Azadiractina, extraído de árvore indiana *Azadirachta indica* A. Juss. Este triterpeno é o princípio ativo do inseticida Azamax, sendo esse, um dos 41 inseticidas recomendados pelo ministério da agricultura para controle de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* L. var. capitata L.) (Mapa 2003).

O cultivo de hortaliças no Brasil está na ordem de 842 mil hectares, e a produção de brássica representa 1,3 milhões de toneladas, gerando uma renda de US\$ 250 milhões (ABCSEM

2014). Brassicaceae é uma família botânica, do grupo das hortaliças, que representa grande importância para alimentação humana, apresentando uma contribuição econômica de aproximadamente 3,6 milhões de hectares cultivados e produção de 89,5 milhões de toneladas em todo o mundo (FAOSTAT 2011). Uma das mais importantes limitações do cultivo deste grupo de hortaliças tem sido o ataque de insetos-praga, onde, por muitos anos, a traça das crucíferas, *P. xylostella* (L.), tem sido considerada a praga mais importante de brássicas em todo o mundo (Talekar & Shelton 1993, Grzywacz *et al.* 2010, Yan *et al.* 2014). As áreas de produção são constantemente afetadas por infestações, onde as larvas do Lepidóptero causam severas injúrias nas folhas, que é parte comercializada, gerando danos econômicos consideráveis, como observado nas áreas produtoras no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. *Plutella xylostella* é um herbívoro que possui mais de 40 espécies de plantas hospedeiras registradas, entre os quais o repolho e couve-flor são os preferidos (Feng *et al.* 2011).

Características biológicas e comportamentais da traça, como a grande capacidade de dispersão, alta fecundidade e curto ciclo de vida, torna-a uma praga de difícil controle. Além disso, o cultivo ininterrupto utilizando variedades suscetíveis e a dependência exclusiva do controle químico, com pelo menos três pulverizações semanais, são fatores que contribuem para a ocorrência de surtos dessa praga (Silva *et al.* 2012). O uso de controle químico para manejo de *P. xylostella*, sendo muitas vezes realizado de forma preventiva, por meio de produtos não seletivos e um elevado regime de aplicação (Grzywacz *et al.* 2010), resulta em um custo de 4 a 5 bilhões de dólares por ano em todo mundo (Furlong *et al.* 2013).

A elevada pressão de seleção devido ao uso abusivo de inseticidas para o controle dessa praga tornou-a resistente a praticamente todas as classes de inseticidas, até para os biológicos a base de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Mota-Sanchez *et al.* 2002, Sarfraz & Keddie 2005, Khaliq *et al.* 2007, Zago *et al.* 2014, Wang & Wu 2012), inclusive em populações encontradas nas

regiões produtoras do estado de Pernambuco (Ribeiro *et al.* 2014). *Plutella xylostella* é o inseto com maior registro de resistência, com 576 casos registrados para 91 compostos (Sparks & Nauen 2015). Com o intuito de dificultar a evolução da resistência dessa praga, facilitando o seu manejo, tem sido explorado a possibilidade do seu controle com inseticidas botânicos (Vanichpakorn *et al.* 2010, Pavela 2011, Nasr *et al.* 2015, Reddy *et al.* 2015).

As plantas, através de uma coevolução com os insetos, desenvolveram um arsenal químico capaz de causar efeitos deletérios sobre herbívoros (Mithofer & Boland 2012). Inseticidas botânicos, como nicotina e piretro, eram bastante utilizados para controle de pragas agrícolas e domésticas, mas após a descoberta de inseticidas altamente eficientes e de baixo custo (organoclorados, organofosforados e carbamatos), os botânicos tornaram-se insignificantes (Isman 2006), e atualmente ocupam uma pequena posição de mercado, até mesmo dentro da classe dos inseticidas biológicos, dominado por produtos derivados da bactéria *B. thuringiensis* (Isman & Grieneisen 2014).

O interesse científico pelos inseticidas botânicos renasceu em 1960, com a descoberta do potencial inseticida do triterpenoide azadiractina, isolados das sementes de neem (*A. indica*) (Morgan *et al.* 2004) e logo em seguida, pela comercialização de inseticidas com base em óleos essenciais de plantas (Regnault-Roger *et al.* 2012). Isman *et al.* (2011) destaca que, com raras exceções, os óleos essenciais e seus constituintes apresentam relativamente baixa toxicidade contra mamíferos.

Os óleos essenciais são uma importante classe de metabólitos secundários de plantas aromáticas, constituídos de um grande número de substâncias químicas, que incluem principalmente terpenos, fenóis e compostos nitrogenados (Li *et al.* 2015). Esses óleos estão entre as substâncias derivadas de plantas mais testadas contra artrópodes, onde podem desempenhar ação fumigante (Suthisut *et al.* 2011), acaricida (Nascimento *et al.* 2012), inseticida (Tak *et al.*

2015, Oliveira *et al.* 2015), repelente (Araújo *et al.* 2012, Kumar *et al.* 2014, Camara *et al.* 2015), deterrente alimentar (Baskar & Ignacimuthu 2012, Kedia *et al.* 2014), repelente de oviposição (Santos *et al.* 2012) e afetar parâmetros biológicos, como taxa de crescimento (Nathan *et al.* 2008, Nasr *et al.* 2015), sobrevivência e reprodução (Pavela 2012, Alves *et al.* 2014).

Huangyong *et al.* (2015) destaca que os óleos essenciais são voláteis, instáveis à luz e ao calor, e por isso apresentam fácil decomposição. Para contornar tal questão, esses compostos podem ser misturados com inseticidas sintéticos, e dessa forma diminuir as suas dosagens, como realizado por Wen *et al.* (2013) e Tong & Bloomquist (2013) que misturaram rotenonas, carbaril e permetrina com óleos essenciais mostrando que as misturas potencializaram a toxicidade dos inseticidas. Por outro lado, a redução da volatilidade pode também ser contornada através de técnicas de encapsulamento (Kumar *et al.* 2014). Outra forma de minimizar tal instabilidade é a utilização de estabilizantes e fixadores, que permitem maior estabilidade ao produto formulado a partir dos óleos essenciais (Miresmailli & Isman 2014).

Óleos essenciais possuem grande aceitação social para aprovação e se regulamentar como pesticidas, por serem comercializados mundialmente como aromas e fragrâncias, e desse modo já possuem um maior contato com o homem (Isman *et al.* 2011). Baris *et al.* (2006) destaca que os óleos essenciais de espécies do gênero *Mentha* eram usadas por antigos egípcios, gregos e romanos como perfumes, aromatizantes de alimentos e produtos farmacêuticos. Entre as plantas produtoras de óleos essenciais, destacam-se as espécies das famílias Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae e Asteraceae (Regnault-Roger *et al.* 2012).

O gênero *Mentha* é um dos mais importantes da família Lamiaceae, representado por 18 espécies e 11 híbridos naturais, onde o elevado número de diferentes nomes taxonômicos atribuídos às espécies reflete uma grande variação morfológica (Lawrence 2007). Espécies do gênero *Mentha* são conhecidas por produzir óleos essenciais de alto valor econômico, superando

US\$ 400 milhões anualmente (Lawrence 2007). Kumar *et al.* (2015) Kumar *et al.* (2015) destaca as espécies *Mentha arvensis* L., *Mentha spicata* L. e *Mentha piperita* L., como principais fontes naturais de compostos aromatizantes para a indústria.

Quanto ao perfil químico dos óleos essenciais das espécies do gênero *Mentha*, Barros *et al.* (2015) realizaram a análise dos constituintes químicos dos óleos essenciais das espécies *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, mostrando a predominância de monoterpenos oxigenados, onde os mais abundantes em cada espécie foi, *D*-carvone (49,27%), Limoneno (37,18%) e 1-8 cineol (Eucaliptol) (2,41%) para a espécie *M. piperita*, para *M. spicata* a predominância foi, carvone (60,07%), Limoneno (19,91%) e 1-8 cineol (Eucaliptol) (7,37%) e para o óleo essencial da espécie *M. arvensis*, acetato de linalino (39,72%), linanool (34,57%) e 1,8-cineol (Eucaliptol) (10,04%).

É documentado na literatura que óleos essenciais e extratos orgânicos das espécies *M. spicata*, *M. piperita* e *M. arvensis* possuem ampla atividade biológica, destacando-se: antioxidante (Masuda *et al.* 2015, Bozovic *et al.* 2015), antibacteriana (El-Moez *et al.* 2013, Hussain *et al.* 2010^a, Mehri *et al.* 2015), hepatoprotetora (Patil *et al.* 2012, Sonmez *et al.* 2015), antifúngica (Menezes *et al.* 2013, Lixandru *et al.* 2010, Morais *et al.* 2015), citotóxica (Hussain *et al.* 2010b, Bozovic *et al.* 2015), inibição de aminas biogênicas (Houicher *et al.* 2015), antiespasmódica (Sousa *et al.* 2010), modulador da atividade de tirosina (Brahmi *et al.* 2015), fitotóxica (Mahdavikia & Saharkhiz 2015), nematicida (Santana *et al.* 2014), anestésico, estimulante da circulação sanguínea (Jain 2008), anticarcinogênica (Nakamura *et al.* 2014), antimutagênica e antiviral (Raut *et al.* 2014), auxiliar no tratamento da diabetes (Al-Rekabi 2015), aumento da imunidade humoral (Adel *et al.* 2015) e antihelmintico (Hashimoto *et al.* 2016, Carvalho *et al.* 2012).

Além das atividades descritas acima, óleos essenciais das espécies do gênero *Mentha* (*M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*), selecionadas para investigação do potencial inseticida sobre *P. xylostella*, têm sido objeto de estudo de vários grupos de pesquisa espalhado pelo mundo, revelando propriedades inseticidas com diferentes modos de ação contra artrópodes de interesse agrícola, medicina humana, medicina veterinária e pragas urbanas. A Tabela 1, apresenta o resultado do levantamento bibliográfico realizado no SciFinder, onde apresenta o tipo de teste realizado com as espécies *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, o tipo de derivado da planta investigado (óleo essencial ou extrato orgânico/aquoso), o modo de exposição (fumigante, residual, tópico e contato) e o tipo de organismo avaliado.

Apesar do grande número de trabalhos publicados nos últimos anos, abordando o controle de vários tipos de artrópodes com os óleos obtidos das espécies de *Mentha*, selecionadas para estudo, apenas um trabalho foi encontrado tendo como foco a traça das crucíferas. O trabalho descreve a ação fumigante dos óleos de *M. piperita* e *M. spicata* testados contra larvas de terceiro instar de *P. xylostella*, onde o óleo de *M. piperita* foi o mais tóxico com uma DL_{50} estimada de 24,08 mg/papel filtro (Yi *et al.* 2007).

Considerando a escassez de trabalhos realizados com óleos essenciais das espécies do gênero *Mentha* sobre larvas do 3º instar de *P. xylostella*, este trabalho tem como objetivo investigar a ação tópica dos óleos essenciais de das espécies, *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, sobre larvas de 3º instar de *P. xylostella*. Este trabalho também investigou a ação desses óleos essenciais por pulverização em torre de Potter sobre ovos, além de avaliar efeitos de dose subletal sobre parâmetros biológicos dessa praga.

Tabela 1. Levantamento bibliográfico realizado no site SciFinder das atividades inseticidas dos óleos essenciais ou extratos de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata*.

Espécies	Atividade	Óleo essencial/ Extrato	Organismo	Exposição	Referência
<i>M. arvensis</i>	Repelência e Inseticida	OE ¹	<i>Heterotermes indicola</i>	Fumigação	Manzoor <i>et al.</i> 2012.
<i>M. arvensis</i>	Repelência e Inseticida	OE	<i>Thrips tabaci</i>	Residual	Koschier <i>et al.</i> 2002.
<i>M. arvensis</i>	Repelência e Inseticida	OE	<i>Meligethes aeneus</i>		Pavela 2011.
<i>M. arvensis</i>	Acaricida	OE	<i>Rhipicephalus sanguineus</i>		Manzoor <i>et al.</i> 2013.
<i>M. arvensis</i>	Fertilidade, Fecundidade e Inseticida	OE	<i>Callosobruchus chinensis</i>	Fumigação	Kumar <i>et al.</i> 2009.
<i>M. arvensis</i>	Repelência e Inseticida	OE	<i>Tribolium castaneum</i> e <i>Sitophilus oryzae</i>	Fumigação	Mishra <i>et al.</i> 2012
<i>M. arvensis</i>	Desenvolvimento, Fertilidade, Emergência de Adultos, Toxicidade e Longevidade	OE	<i>Spodoptera littoralis</i>	Tópico	Pavela 2012.
<i>M. arvensis</i>	Inseticida	OE	<i>Spodoptera litura</i>	Tópico	Isman <i>et al.</i> 2001
<i>M. arvensis</i>	Repelência	OE	<i>Rhodnius prolixus</i>		Sainz <i>et al.</i> 2012.
<i>M. arvensis</i>	Pupação, Emergência de adultos e Eclosão de ovos	OE	<i>Meligethes aeneus</i>	Fumagão	Mishra <i>et al.</i> 2014.
<i>M. arvensis</i>	Inseticida	OE	<i>Tribolium castaneum</i>		Varma <i>et al.</i> 1999.
<i>M. arvensis</i>	Acaricida	EXT ²	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Contato e Fumigação	Kim <i>et al.</i> 2007.
<i>M. arvensis</i>	Inseticida	OE	<i>Spopoptera littoralis</i>	Contato e Fumigação	Pavela 2005.
<i>M. piperita</i>	Repelência	OE	<i>Musca domestica</i>		Kumar <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Larvicida e Adulticida	EXT	<i>Spodoptera littoralis</i> , <i>Musca domestica</i> , <i>Culex quinquefasciatus</i> e <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Tópica	Sajfrtova <i>et al.</i> 2013.

Tabela 1. Continuação.

<i>M. piperita</i>	Repelência de oviposição, Ovicida, Repelência, Inseticida	OE	<i>Aedes aegypti</i>		Kumar <i>et al.</i> 2011c.
<i>M. piperita</i>	Acaricida	OE	<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	Contato e Fumigação	Park <i>et al.</i> 2014.
<i>M. piperita</i>	Fecundidade	OE	<i>Corcyra cephalonica</i>		Verma <i>et al.</i> 2014
<i>M. piperita</i>		OE	Diptera: Cecidomyiidae	Fumigação	Cevik <i>et al.</i> 2014.
<i>M. piperita</i>	Repelência e Inseticida	OE	<i>Tribolium castaneum</i> <i>e Sitophilus oryzae</i>	Fumigação	Lashgari <i>et al.</i> 2014.
<i>M. piperita</i>	Inseticida e Reprodução	OE	<i>Corcyra cephalonica</i>	Contato	Jacob <i>et al.</i> 2013.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Sitophilus oryzae e</i> <i>Corcyra cephalonica</i>	Fumigação	Khani <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Carrapaticida	OE	<i>Bovicola ocellatus</i>		Talbert <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Repelência	OE	<i>Clostera anachoreta</i>	Olfatômetro	Peng <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Larvicida e Pupicida	OE	<i>Musca domestica</i>	Contato e Fumigação	Kumar <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Acaricida e Ovicida	OE	<i>Tetranychus urticae</i>		Lim <i>et al.</i> 2011.
<i>M. piperita</i>	Repelência	OE	<i>Rhodnius prolixus</i>		Sainz <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Larvicida	OE	<i>Plutella xylostella e</i> <i>Cotesia glomerata</i>	Fumigação	Yi <i>et al.</i> 2007.
<i>M. piperita</i>	Repelência e Inseticida	EXT	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Residual	Wubie <i>et al.</i> 2014.
<i>M. piperita</i>	Larvicida	OE	<i>Culex quinquefasciatus</i>		Pavela <i>et al.</i> 2014.

Tabela 1. Continuação.

<i>M. piperita</i>	Revisão	OE	Coleopteros		Ebadollahi <i>et al.</i> 2015.
<i>M. piperita</i>	Repelência e Inseticida	OE	<i>Tribolium castaneum</i> <i>e Sitophilus oryzae</i>	Fumigação	Mishra <i>et al.</i> 2012.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Callosobruchus chinensis</i>		Gupta <i>et al.</i> 2010.
<i>M. piperita</i>	Acaricida	EXT	<i>Tetranychus urticae</i>	Residual	Eldoksch <i>et al.</i> 2009.
<i>M. piperita</i>	Acaricida Ovicida	EXT	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Contato	Ren <i>et al.</i> 2009.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Culex quinquefasciatus</i> , <i>Aedes aegypti e Anopheles tessellatus</i>		Samarasekera <i>et al.</i> 2008.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Spodoptera littoralis</i>	Fumigação e Tópico	Pavela 2005.
<i>M. piperita</i>	Acaricida e Ovicida	OE	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Papel impregnado e Contato	Choi <i>et al.</i> 2003.
<i>M. piperita</i>	Emergência de adultos, Repelência, Larvicida e Fertilidade	OE	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Anopheles stephensi e Culex quinquefasciatus</i>		Ansari <i>et al.</i> 2000.
<i>M. piperita</i>	Deterrência alimentar	OE	<i>Myzus persicae</i>		Hori 1999.
<i>M. piperita</i>	Ovicida	EXT	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Contato	Eldoksch <i>et al.</i> 1995.
<i>M. piperita</i>	Acaricida	OE	<i>Tyrophagus longior</i>	Contato e Fumigação	Perrucci 1995.
<i>M. piperita</i>	Acaricida	OE	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Pulverização	Mansour <i>et al.</i> 1986.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Planococcus ficus</i>	Pulverização	Karamaouna <i>et al.</i> 2013.
<i>M. piperita</i>	Inseticida	OE	<i>Camptomyia cortical</i>	Fumigação	Kim <i>et al.</i> 2012.
<i>M. spicata</i>	Deterrência alimentar	OE	<i>Spodoptera littoralis</i> , <i>Myzus persicae e Rhopalosiphum padi</i>		Santana <i>et al.</i> 2014.
<i>M. spicata</i>	Deterrência alimentar	OE	<i>Myzus persicae</i>	Residual	Teixeira <i>et al.</i> 2014.

Tabela 1. Continuação.

<i>M. spicata</i>	Acaricida	OE	<i>Tetranychus turkestanii</i>	Fumigação	Zandi-Sohani <i>et al.</i> 2015.
<i>M. spicata</i>	Apoptose	OE	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Cultura de células	Rizwan-ul-Haq <i>et al.</i> 2015.
<i>M. spicata</i>	Acaricida	OE	<i>Dermatophagoides farinae e Dermatophagoides pteronyssinus</i>	Contato e Fumigação	Yang <i>et al.</i> 2014.
<i>M. spicata</i>	Repelência de oviposição, Ovicida, Larvicida, Pupicida e Deterrência alimentar	OE	<i>Callosobruchus chinensis</i>	Fumigação	Kedia <i>et al.</i> 2014.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Hypothenemus hampei, Antestiopsis intricata e Sitophilus zeamais</i>		Mendesil <i>et al.</i> 2012.
<i>M. spicata</i>	Adulticida e Larvicida	OE	<i>Lasioderma serricorne</i>	Contato e Fumigação	Wang <i>et al.</i> 2011.
<i>M. spicata</i>	Repelência	OE	<i>Rhodnius prolixus</i>		Sainz <i>et al.</i> 2012.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Culex quinquefasciatus</i>		Pavela <i>et al.</i> 2014.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Plutella xylostella, Cotesia glomerata</i>	Fumigação	Yi <i>et al.</i> 2007.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Fumigação	Khalfi <i>et al.</i> 2006.
<i>M. spicata</i>	Revisão	OE	Coleopteros		Ebadollahi <i>et al.</i> 2015.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Camptomyia cortical</i>	Fumigação	Kim <i>et al.</i> 2012.
<i>M. spicata</i>	Acaricida e Repelência	OE	<i>Tetranychus urticae</i>		El-Sayed <i>et al.</i> 2009.
<i>M. spicata</i>	Acaricida	EXT	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>		Sertkaya <i>et al.</i> 2009.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Sitophilus granarius</i>	Fumigação	Aslan <i>et al.</i> 2009.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Lycoriella ingenua</i>	Fumigação	Park <i>et al.</i> 2008.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Spopoptera littoralis</i>	Fumigação e Tópico	Pavela 2005.
<i>M. spicata</i>	Inseticida e Ovicida	OE	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Papel impregnado e Contato	Choi <i>et al.</i> 2003.

Tabela 1. Continuação.

<i>M. spicata</i>	Deterrência alimentar	OE	<i>Myzus persicae</i>		Hori 1999.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Drosophila melanogaster</i>		Franzios <i>et al.</i> 1997.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Dermatophagoides pteronyssinus, D. farinae e Tyrophagus putrescentiae</i>	Contato	Watanabe <i>et al.</i> 1989.
<i>M. spicata</i>	Inseticida	OE	<i>Ephestia kuehniella e Plodia interpunctella</i>	Fumigação	Eliopoulos <i>et al.</i> 2015.

¹OE= óleo essencial.

²EXT= extrato botânico.

Literatura Citada

- ABCSEM. 2014.** Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. <http://www.abcsem.com.br>. Access: 15/07/2015).
- ABRASCO. 2015.** Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro/São Paulo, Expressão Popular, 624p.
- Adel, M., A.A. Amiri, J. Zorriehzakra, A. Nematolahi & M.Á. Esteban. 2015.** Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). Fish Shellfish. Immun. 45: 841-847.
- Al-Rekabi, E.A. 2015.** Antioxidant and hepatoprotective activity of phenolic compounds of leaves extracts from *Mentha longifolia* and *Mentha spicata* in diabetic male rats. World J. Pharm. Res. 4: 346-354.
- Alves, T.J., G.S Cruz, V. Wanderley-Teixeira, A.A. Teixeira, J.V. Oliveira, A.A. Correia, C.A. Câmara & F.M. Cunha. 2014.** Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. Biotech. Histochem. 89: 245-255.
- Ansari, M.A., P. Vasudevan, M. Tandon & R.K. Razdan. 2000.** Larvicidal and mosquito repellent action of peppermint (*Mentha piperita*) oil. Bioresour. Technol. 71: 267-271.

- Araújo, M.J.C., F.S. Born, M.M. Moraes, C.A. Badji & C.A.G. Câmara. 2012.** Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 139-155.
- Aslan, I., I. Telci, O. Çalmasur & H. Cam. 2009.** Toxicity of essential oil vapours obtained from several plants species against the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). *Fresen. Environ. Bull.* 18: 1717-1722.
- Baris, O., M. Güllüce, F. Sahin, H. Ozer, H. Kilic, H. Ozkan, M. Sökmen & T. Ozbek. 2006.** Biological activities of the essential oil and menthanol extract of *Achillea biebersteini* Afan Afan. (Asteraceae). *Turkish J. Biol.* 30: 65-73
- Barros, A.S., S.M. Morais, P.A. Ferreira, I.G. Vieira, A.A. Craveiro, R.O. Fontenelle, J.E. Menezes, F.W. Silva & H.A. Sousa. 2015.** Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. *Ind. Crop. Prod.* 76: 557-564
- Baskar, K. & S. Ignacimuthu. 2012.** Antifeedant, larvicidal and growth inhibitory effects of ononitol monohydrate isolated from *Cassia tora* L. against *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepdoptera: Noctuidae). *Chemosphere* 88: 384-388.
- Bozovic, M., A. Pirolli & R. Ragno. 2015.** *Mentha suaveolens* Ehrh. (Lamiaceae) essential oil and its main constituent piperitenone oxide: biological activities and chemistry. *Molecules.* 20: 8605-8633.
- Brahmi, F., H. Didier, G. Naima, M. Khodir, K. Martin, K. Léocadie, S. Caroline, C. Mohamed & D. Pierre. 2015.** Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae). *Ind. Crop Prod.* 74: 722-730.
- Camara, C.A.G., Y. Akhtar, M.B. Isman, R.C. Seffrin & F.S. Born. 2015.** Repellent activity of essential oils from two species of *Citrus* against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. *Crop Protec.* 74: 110-115.
- Carvalho, C.O., C.A. Chagas, F. Cotinguiba, M. Furlan, L.G. Brito, F.C. Chaves, M.P. Stephan, H.R. Bizzo & A.F. Amarante. 2012.** The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. *Vet. Parasitol.* 183: 260-268.
- Carvalho, F.P. 2006.** Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environ. Sci. Policy* 9: 685-692.
- Casida, J.E. & K.A. Durkin. 2013.** Neuroactive Insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 99-117.
- Cevik, T. & F. Erler. 2014.** Fumigant activity of some plant essential oils and their main components against mushroom cecid flies (Diptera: Cecidomyiidae). *Fresen. Environ. Bull.* 23: 2002-2010.

- Choi, W.-I., E.-H. Lee, B.-R. Choi, H.-M. Park & Y.-J Ahn. 2003.** Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 96: 1479-1484.
- Choi, W.-S., B.-S. Park, Y.-H. Lee, D.Y. Jang, H.Y. Yoon & S.-E. Lee. 2006.** Fumigant toxicities of essential oils and monoterpenes against *Lycoriella Mali* adults. Crop Protec. 25: 398-401.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.-M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on Beneficial Arthropods. Ann. Rev. Entomol. 52: 81-106.
- Ebadollahi, A. & J.J. Sendi. 2015.** A review on recent research results on bio-effects of plant essential oils against major Coleopteran insect pests. Toxin Reviews 34: 76-91.
- Eldoksch, H.A. & M.A. Abdel-Rassoul. 1995.** Toxicity and synergism of some plant extracts and insecticides against European corn borer egg masses (Lepidoptera: Pyralidae). Alexandria Sci. Exchange 16: 495-502.
- Eldoksch, H., F.A. Ayad & A.-K. El-Sebae. 2009.** Acaricidal activity of plant extracts and their main terpenoids on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Alexandria Sci. Exchange 30: 344-349.
- Eliopoulos, P.A., C.N. Hassiotis, S.S. Andreadis & A.-E. Porichi. 2015.** Fumigant toxicity of essential oils from basil and spearmint against two major pyralid pests of stored products. J. Econ. Entom. 108: 805-810.
- El-Moez, S.A., M.A. Abdelmonem, A.M. Gomaa & M.F. Aziz. 2013.** In vitro antibacterial activities of dietary medicinal ethanolic extracts against pathogenic reference strains of animal origin. Afr. J. Microbiol. Res. 7: 5261-5270.
- El-Sayed, Z.I.A, N.A. Omar & A.A. Romeh. 2009.** Chemical constituents and biocidal activity of the essential oil of *Mentha spicata* L. grown in Zagazig region, Egypt. Res. J. Agric. Biol. Sci. 5: 1089-1097.
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistic. 2011.** Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, acessado em maio de 2014.
- FAO - Food Agriculture Organization. 2013.** FAO Statistics Yearbook 2013. Rome: FAO.
- Feng, X., Z.Y. Li, Q.J. Wu, A.D. Chen, Y.D. Wu, Y.M. Hou, Y.R. He, J.H. Li, S.H. Xie, J.M. Zhang, W. Fu & C.S. Ma. 2011.** Research progresso f the resistance management and sustainable controlo f diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China. Chinese J. Appl. Entomol. 48: 247-253.

- Franzios, G., M. Mirotsoy, E. Hatzia Apostolou, J. Kral, Z.G. Scouras & P. Mavragani-Tsipidou. 1997.** Insecticidal and genotoxic activities of mint essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 45: 2690-2694.
- Furlong, M.J., D.J. Wright & L.M. Dossall. 2013.** Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annu. Ver. Entomol.* 58: 517-541.
- Ghimire, N. & R.T. Woodward. 2013** Under- and over-use of pesticides: An international analysis. *Ecol. Econ.* 89:73-81.
- Grzywacz, D., Rossbach, A., Rauf, A., Russel, D., Srinivasan, R. & A.M. Shelton. 2010.** Current control methods for diamondback moth and prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. *Crop Prot.* 29, 68-79.
- Guedes, R.N.C., G. Smaghe, J.D. Stark & N. Desneux. 2016** Pesticide-Induced Stress in Arthropod Pests for Optimized Integrated Pest Management Programs. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 3.2-3.20.
- Gupta, N. & G. Saxena. 2010.** Identification and application of bioactive principles from *Mentha*, *Annona*, *Cinnamomum* and *Eucalyptus* against stored pulse grain pest. *Asian J. Chem. Environ. Res.* 3: 82-86.
- Hashimoto, G.S., F. Marinho, M.L. Ruiz, M. Acchile, E.C. Chagas, F.C. Chaves & M.L. Martins. 2016.** Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. *Aquaculture* 450: 182-186.
- Hori, 1999.** Antifeeding, settling inhibitory and toxic activities of labiate essential oils against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.* 34: 113-118.
- Houicher, A., E. Kuley, F. Özogul & B. Bendeddouche. 2015.** Effect of Natural Extracts (*Mentha spicata* L. and *Artemisia campestris*) on Biogenic Amine Formation of Sardine Vacuum-Packed and Refrigerated (*Sardina pilchardus*) Fillets. *J. Food Process Preserv.* 39: 2393-2403.
- Huangyong, L., C. Chen & X. Cao. 2015.** Essential oils-oriented chiral esters as potential pesticides: Asymmetric syntheses, characterization and bio-evaluation. *Ind Crop Prod.* 76: 432-436.
- Hussain, A.I., F. Anwar, M. Shahid, M. Ashraf & R. Przybylski. 2010a.** Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of spearmint (*Mentha spicata* L.) from Pakistan. *J. Essent. Oil Res.* 22: 78-84.
- Hussain, A., F. Anwar, P.S. Nigam, M. Ashraf & A.H. Gilani. 2010b.** Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *J. Sci. Food and Agric.* 90: 1827-1836.

- Isman, M.B., A.J. Wan & C.M. Passreiter. 2001.** Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. *Fitoterapia* 72: 65-68.
- Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- Isman, M.B., S. Miresmailli & C. Machial. 2011.** Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry* 10: 197-204.
- Isman, M.B. & M.L. Grieneisen. 2014.** Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends Plant. Sci.* 19:140-145.
- Jacob, P. & A. Qamar. 2013.** Reproductive impairment and lethal effects of selected combinations of some essential oils against the rice moth, *Corcyra cephalonica*. *Eur. J. Exp. Biol.* 3: 409-415.
- Jain, J. 2008.** Evaluation of trace metal in *M. spicata* for its therapeutic value. *Int. J. Chem. Sci.* 6: 1500-1503.
- Karamaouna, F., A. Kimbaris, A. Michaelakis, D. Papachristos, M. Polissiou, P. Papatsakona & E. Tsora. 2013.** Insecticidal activity of plant essential oils against the vine mealybug, *Planococcus ficus*. *J. Insect. Sci.* 13: 142
- Kedia, A., B. Prakash, P.K. Mishra, C.S. Chanotiya & N.K. Dubey. 2014.** Antifungal, antiaflatoxicogenic, and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 89:29-36.
- Khalfi, O., E.-H. Benyoussef & N. Yahiaoui. 2006.** Extraction, analysis and insecticidal activity of spearmint essential oil from Algeria against *Rhyzopertha dominica* (F.). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 9(1):17-21.
- Khaliq, A., M.N.R. Attique & A.H. Sayyed. 2007.** Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. *Bull. Entomol. Res.* 97: 191-200
- Khani, M., R.M. Awang & D. Omar. 2012.** Insecticidal effects of peppermint and black pepper essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and rice moth, *Corcyra cephalonica* (St.). *J. Med. Pl.* 11: 97-110.
- Kim, S.I., Y.E. Na, J.H. Yi, B.S. Kim & Y.J. Ahn. 2007.** Contact and fumigant toxicity of oriental medicinal plant extracts against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Vet. Parasitol.* 145: 377-382.
- Kim, J.R., P. Haribalan, B.K. Son & Y.J. Ahn. 2012.** Fumigant toxicity of plant essential oils against *Camptomyia corticalis* (Diptera: Cecidomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 105: 1329-1334.

- Koschier, E. H., S. Katrin & J. Novak. 2002.** Influence of plant volatiles on feeding damage caused by the onion thrips *Thrips tabaci*. *Crop Prot.* 21: 419-425.
- Kumar, A., R. Shukla, P. Singh, A.K. Singh & N.K. Dubey. 2009.** Use of essential oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. *J. Sci. Food Agric.* 89: 2643-2649.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2011a.** Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Ind. Crops Prod.* 34:802-817.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2011b.** Repellency, larvicidal and pupicidal activity of essential oils and their formulation against house fly (*Musca domestica* L.). *Med. Vet. Entomol.* 25: 302-310.
- Kumar, S., N. Wahab & R. Warikoo. 2011c.** Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 1: 85-88.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2012.** Efficacy of *Mentha x piperita* and *Mentha citrata* essential oil against housefly, *Musca domestica* L. *Ind. Crop Prod.* 39: 106-112.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2014a.** Preparation and characterization of PEG-*Mentha* oil nanoparticles for housefly control. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 116: 707-713.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2014b.** Biocontrol potential of essential oil monoterpenes against housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 100:1-6.
- Kumar, B., U. Kumar & H.K. Yadav. 2015.** Identification of EST–SSRs and molecular diversity analysis in *Mentha piperita*. *Crop J.* 3:335-342.
- Lahm, G.P., D. Cordova & J.D. Barry. 2009.** New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorg. Med. Chem.* 17: 4127- 4133.
- Lashgari, A., S. Mashayekhi, M. Javadzadeh & R. Marzban. 2014.** Effect of *Mentha piperita* and *Cuminum cyminum* essential oil on *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *Arch. Phytopathol. Plant Protec.* 47: 324-329.
- Lawrence, B.M. 2007.** Mint: the genus *Mentha*. CRC Press, Boca Raton, FL, 537p.
- Li, H., C. Chen & X. Cao. 2015.** Essential oils-oriented chiral esters as potential pesticides: Asymmetric syntheses, characterization and bio-evaluation. *Ind. Crop Prod.* 76: 432-436.
- Lim, G., H.S. Roth, T.A. Coudron & C.G. Park. 2011.** Temperature-dependent fumigant activity of essential oils against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 104: 414-419.

- Lixandru, B.E., N.O. Dracea, C.C. Dragomirescu, E.C. Dragulescu, I.L. Coldea, L. Anton, E. Dobre, C. Rovinaru & I. Codita. 2010.** Antimicrobial activity of plant essential oils against bacterial and fungal species involved in food poisoning and/or food decay. Roum. Arch. Microbiol. Immunol. 69: 224-230.
- Londres, F. 2011.** Agrotóxicos no Brasil: um guia para a ação e defesa da vida. Rio de Janeiro, Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa. 190p.
- Mahdavikia, F. & M.J. Saharkhiz. 2015.** Phytotoxic activity of essential oil and water extract of peppermint (*Mentha × piperita* L. CV. Mitcham). J. Appl. Res. Med. Arom. Plant 2: 146-153.
- Manzoor, F., N. Narijis, A. Saadiya, B.S. Siddiqui, A. Syed & S. Perwaiz. 2012.** Chemical analysis and comparison of antitermitic activity of essential oils of neem (*Azadirachta indica*), vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and mint (*Mentha arvensis*) against *Heterotermes indicola* (wasmann) from Pakistan. Asian J. Chem. 24: 2069-2072.
- Manzoor, F., S. Fazal, N. Muniz, S. & A. Khalid. 2013.** Acaricidal activity of essential oils from tulsi (*Ocimum basilicum*), bach (*Acorus calamus*) and mint (*Mentha arvensis*) against *Rhipicephalus sanguineus* (latreille). Asian J. Chem. 25: 6787-6790.
- MAPA, 2003.** Sistemas de agrotóxicos fitossanitários: Agrofit. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 17/12/2015.
- Masuda, H., S. Hironaka, Y. Matsui, S. Hirroka, M. Hirai, Y. Hirata, M. Akao & H. Kamagai. 2015.** Comparative study of the antioxidative activity of culinary herbs and spices, and hepatoprotective effects of three selected lamiaceae plants on carbon tetrachloride-induced oxidative stress in rats. Food Sci. Tech. 21: 407-418.
- Mansour, F., U. Ravid & E. Putiecsky. 1986.** Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. Phytoparasitica 14: 137-142.
- McCaffery, A., & R. Nauen. 2006.** The Insecticide Resistance Action Committee (IRAC): Public responsibility and enlightened industrial self interest. Outlooks Pest. Man. 2: 11-14.
- Mehri, M., V. Sagaghi & F. Bagherzadeh-Kasmani. 2015.** *Mentha piperita* (peppermint) in growing Japanese quails diet: Performance, carcass attributes, morphology and microbial populations of intestine. Animal Feed Sci. Tech. 207: 104-111.
- Mendesil, E., M. Tadesse & M. Negash. 2012.** Efficacy of plant essential oils against two major insect pests of coffee (Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, and antestia bug, *Antestiopsis intricata*) and maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Arch. Phytopathol. Pl. Prot. 45: 366-372.

- Menezes, C.P. & E.O. Lima 2013.** Antifungal activity of essential oils on strains of *Cladosporium carrionii*. Rev. Bras. Farm. 94: 49-53.
- Miresmailli, S. & M.B. Isman. 2014.** Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. Trends Plant Sci. 19: 29-35.
- Mishra, B.B., S.P. Tripathi & C.P.M. Tripathi. 2012.** Response of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) to potential insecticide derived from essential oil of *Mentha arvensis* leaves. Biol. Agric. Hortic. 28: 34-40.
- Mishra, B.B., S.P. Tripathi & C.P.M. Tripathi. 2014.** Sub-lethal Activity of Plant Volatile Essential Oils in Management of Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Essent. Oil Bear. Pl. 17: 1211-1218.
- Mithofer, A. & W. Boland. 2012.** Plant defense against herbivores: chemical aspects. Annu. Ver. Plant Biol. 63: 431-450
- Morais, W.C., M.A. Lima, J.C. Zanuncio, M.A. Oliveira, M.A. Bragança, J.E. Serrão & T.M. Lucia. 2015.** Extracts of *Ageratum conyzoides*, *Coriandrum sativum* and *Mentha piperita* inhibit the growth of the symbiotic fungus of leaf-cutting ants. Ind. Crop Prod. 65: 463-466.
- Morgan, E.D. 2004.** The place of neem among modern natural pesticides p. 21-32. In O. Koul & S. Wahab (eds.), *Neem: Today and in the New Millennium*. New York, Kluwer Academic Publishers, 261p.
- Mota-Sanchez, D. P.S. Bills & M.E. Whalon. 2002.** Arthropod resistance to pesticides: status and overview, p. 127-214. In W.B. Wheeler (ed.), *Pesticides in agriculture and the environmental*. New York, Marcel Dekker, 360 p.
- Nakamura, Y., Y. Hasegawa, K. Shirota, N. Suetome, T. Nakamura, M.T. Chomnawang, K. Thirapanmethee, P. Khuntayaporn, P. Boonyaritthongchai, C. Wongs-Aree, S. Okamoto, T. Shigeta, T. Matsuo, E.Y. Park & K. Sato. 2014.** Differentiation-inducing effect of piperitenone oxide, a fragrant ingredient of spearmint (*Mentha spicata*), but not carvone and menthol, against human colon cancer cells. J. Funct. Foods 8: 62-67.
- Narahashi, T., X. Zhao, T. Ikeda, V. Salgado & J.Z. Yeh. 2010.** Glutamate-activated chloride channels: Unique fipronil targets present in insects but not in mammals. Pestic. Biochem. Phys. 97: 149-152.
- Nascimento, A.F., C.A.G. Camara, M.M. Moraes & C.S. Ramos. 2012.** Essential oil composition and acaricidal activity of *Schinus terebinthifolius* from Atlantic Forest of Pernambuco, Brazil against *Tetranychus urticae*. Nat. Prod. Commun. 7: 129-132.

- Nasr, M., J.J. Sendi, S. Moharramipour & A. Zibae.** 2015. Evaluation of *Origanum vulgare* L. essential oil as a source of toxicant and an inhibitor of physiological parameters in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). J. Asia Pac. Entomol. doi: 10.1016 / j.jssas.2015.06.002.
- Nathan, S.S., A. Hisham & G. Jayakumar.** 2008. Larvicidal and growth inhibition of the malaria vector *Anopheles stephensi* by triterpenes from *Dysoxylum malabaricum* and *Dysoxylum beddomei*. Fitoterapia 79: 106-111.
- Oliveira, C.M., A.M. Auad, S.M. Mendes & M.R. Frizzas.** 2014. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. Crop Prot. 56: 50-54.
- Oliveira, T.R.S., E.K. Costa, C.A.G. Camara & V. Loges.** 2015. Postharvest durability of *Heliconia Bihai* flower stem treated with essential oils for insect control. Acta Horticulturae 229-234.
- Park, I.K., J.N. Kim, Y.S. Lee, S.G. Lee, Y.J. Ahn & S.C. Shin.** 2008. Toxicity of plant essential oils and their components against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). J. Econ. Entom. 101: 139-144.
- Park, J.H., J.Y. Yang & H.S. Lee.** 2014. Acaricidal activity of constituents derived from peppermint oil against *Tyrophagus putrescentiae*. J. Food Prot. 77: 1819-1823.
- Patil, K. & A. Mall.** 2012. Hepatoprotective activity of *Mentha arvensis* Linn. leaves against CCL4 induced liver damage in rats. Asian Pac. J. Trop. Dis. 2: 223-226.
- Pavel, 2011.** Insecticidal and repellent activity of selected essential oils against of the pollen beetle, *Meligethes aeneus* (Fabricius) adults. Ind. Crop Prod. 34: 888-892.
- Pavela, 2005.** Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. Fitoterapia 76: 691-696.
- Pavela, R. 2011.** Efficacy of three newly developed botanical insecticides based on pongam oil against *Plutella xylostella* L. larvae. J. Biopest. 5:62-70.
- Pavela, R. 2012.** Sublethal effects of some essential oils on the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisduval). J. Essent. Oil Bear. Plants 15:144-156.
- Pavela, R., K. Kaffková & M. Kussta.** 2014. Chemical Composition and Larvicidal Activity of Essential Oils from Different *Mentha* L. and *Pulegium* Species against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). Plant Protect. Sci. 50: 36-42.
- Peng, L., C. Defu, Y. Jia, X. Li, H. Guan, Z. Zhe & W. Dan.** 2012. Electroantennographic and behavioral responses of *Clostera anachoreta* to fourteen plant volatiles. J. North Forest Univ. 40: 66-69.

- Perrucci, 1995.** Acaricidal activity of some essential oils and their constituents against *Tyrophagus longior*, a mite of stored food. *J. Food Protect.* 58: 560-563.
- Raut, J. S. & S. M. Karuppayil. 2014.** A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind. Crop Prod.* 62: 250-262.
- Reddy, S.G.E., K.S. Dolma, R. Koundal & B. Singh. 2015.** Chemical composition and insecticidal activities of essential oils against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Nat. Prod. Res.* 11: 1-5.
- Regnault-Roger, C., C. Vicent & J.T. Arnason. 2012.** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Ver. Entomol.* 57: 405-424.
- Ren, J., G. Shi, J. Wang, J. Gu & Y. Wang. 2009.** Isolation and identification of the principal acaricidal components extracted from *Mentha piperita*. *Scient. Silvae Sin.* 45: 77-82.
- Rezende J.A., R.M. Rebelo & R.P. Oliveira. 2012.** Boletim de Comercialização de Agrotóxicos e Afins: Histórico de Vendas – 2000 a 2012. Brasília, IBAMA, 42p.
- Rizwan-ul-Haq, M. & A.M. Aljabr. 2015.** *Rhynchophorus ferrugineus* midgut cell line to evaluate insecticidal potency of different plant essential oils. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 51: 281-286.
- Sainz, P., J. Sanz, J. Burillo, A. González-Coloma, M. Bailén, R.A. Martínez-Díaz. 2012.** Essential oils for the control of reduviid insects. *Phytochem. Vet.* 11: 361-369.
- Sajfrtova, M., H. Sovová, J. Karban, K. Rochova, R. Pavela & M. Barnet. 2013.** Effect of separation method on chemical composition and insecticidal activity of Laminaceae isolates. *Ind. Crop Prod.* 47: 69-77.
- Samarasekera, R., I.S. Weerasinghe & K.D. Hemalal. 2008.** Insecticidal activity of menthol derivatives against mosquitoes. *Pest Manag. Sci.* 64: 290-295.
- Santana, O., F. Andrés, J. Sanz, N. Errahmani, L. Abdeslam & A. González-Coloma. 2014.** Valorization of essential oils from Moroccan aromatic plants. *Nat. Prod. Commun.* 9: 1109-1114.
- Santos, G.K., K.A. Dutra, R.A. Barros, C.A.G. Camara, D.D. Lira, N.B. Gusmão & D.M. Navarro. 2012.** Essential oils from *Alpinia purpurata* (Zingiberaceae): Chemical composition, oviposition deterrence, larvicidal and antibacterial activity. *Ind. Crop Prod.* 40: 254-260.
- Sarfraz, M. & B.A. Keddie. 2005.** Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Appl. Entomol.* 129: 149-157.

- Sertkaya, E., K. Kaya & S. Soner. 2009.** Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.) (Acarina: Tetranychidae). *Ind. Crop Prod.* 31: 107-112.
- Silva, J.E., H. Siqueira, T.B. Silva, M.R. Campos & R. Barros. 2012.** Baseline susceptibility to chlorantranilprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. *Crop Prot.* 35: 97-101.
- Sohani, Z.N. & L. Ramezani. 2015.** Evaluation of five essential oils as botanical acaricides against the strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii* Ugarov and Nikolskii. *Int Biodeterior. Biodegrad.* 98: 101-106.
- Sonmez, A.Y., S. Bilen, G. Alak, O. Hisar, T. Yanik & G. Biswas. 2015.** Growth performance and antioxidant enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed diets supplemented with sage, mint and thyme oils. *Fish Physiol. Biochem.* 41: 165-175.
- Sousa, A.A., P.M. Soares, A.N. Almeida, A.R. Maia, E.P. Souza & A.M. Assereuy. 2010.** Antispasmodic effect of *Mentha piperita* essential oil on tracheal smooth muscle of rats. *J. Ethnopharmacol.* 130: 433-436.
- Sparks, T.C., G.D. Crouse, J.E. Dripps, P. Anzeveno, J. Martynow, C. V. DeAmicis & J. Gifford. 2008.** Neural network-based QSAR and insecticide discovery: spinetoram. *J. Comput. Aided Mol. Des.* 22: 393-401.
- Sparks, T.C. 2013.** Insecticide discovery: An evaluation and analysis. *Pestic. Biochem. Physiol.* 107: 8-17.
- Sparks, T.C. & R. Nauen. 2015.** IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pestic. Biochem. Physiol.* 121: 122-128.
- Suthisut, D., P.G. Fields & A. Chandrapatya. 2011.** Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. *J. Stored. Prod. Res.* 47:222-230.
- Tak, J.-H., E. Jovel & M.B. Isman. 2015.** Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Pest. Sci.* 1-11.
- Talbert, R.C. & R.L. Wall. 2012.** Toxicity of essential and non-essential oils against the chewing louse, *Bovicola (Werneckiella) ocellatus*. *Res. Vet.* 93: 831-835.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 275-301.
- Teixeira, M.L. M.G. Cardoso, A.C.S. Figueiredo, J.C. Moraes, F.A. Assis, J. Andrade, D.L. Nelson, M.S. Gomes, J.A. Souza & L.R. Albuquerque. 2014.** Essential oils from *Lippia organoides* Kunth. and *Mentha spicata* L.: chemical composition, insecticidal and antioxidant activities. *American J. Plant Sci.* 5: 1181-1190.

- Tong, F. & J.R. Bloomquist. 2013.** Plant essential oils affect the toxicities of carbaryl and permethrin against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 50: 826-832.
- Vanichpakorn, P., W. Ding, X.-X. Cen. 2010.** Insecticidal activity of five Chinese medicinal plants against *Plutella xylostella* L. larvae. *J. Asia Pac. Entomol.* 13:169-173.
- Varma J. & N.K. Dubey. 1999.** Insecticidal and insect repellent activity of some essential oils against *Tribolium castaneum*. *Natl. Acad. Sei Lett.* 20: 143-147.
- Verma, V.C. & P.H. Pathak. 2014.** Effect of *Mentha piperita* (Lamiaceae) leaf oil volatiles on egg hatchability of *Corcyra cephalonica* and its GC-MS analysis. *J. Adv. Zool.* 35: 36-42.
- Wang, X., G.-W. Ren, X.-W. Wang, X.-S. Zhou & D. Chen. 2011.** Contact and fumigant activities of plant essential oils against *Lasioderma serricorne* (coleptera: anobiidae). *Acta Tabacaria Sinica* 17: 67-70.
- Wang, X. & Y. Wu. 2012.** High Levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in Field populations of *Plutella xylostella*. *J. Econ. Entomol.* 105: 1019-1023.
- Watanabe F., S. Radaki, M. Takaoka, S. Ishino, I. Morimoto. 1989.** Killing activities of the volatiles emitted from essential oils for *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* and *Tyrophagus putrescentiae*. *Shoyakugaku Zasshi* 43: 163-168.
- Wen, H., P. Zhang, D. Cheng, Z. Zhang, H. Xu & X. Song. 2013.** Cassia oil as a substitute solvent for xylene for rotenone EC and its synergistic activities. *Pestic. Biochem. Phys.* 105: 189-196.
- Wismer, T. & C. Means. 2012.** Toxicology of newer insecticides in small animals. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 42(2): 335-347.
- Yan, X.-Z., C.-P. Deng, X.-J. Sun & C. Hao. 2014.** Effects of various degrees of antennal ablation on mating and oviposition preferences of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. *J. Integr. Agric.* 13: 1311-1319.
- Yang, J.Y., M.G. Kim & H.S. Lee. 2014.** Acaricidal Activities against House dust mites of spearmint oil and its constituents. *Planta Med.* 80: 165-170.
- Yi, C.-G., M. Kwon, T.T. Hieu, Y.-S. Jang & Y.-J. Ahn. 2007.** Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Asia-Pacific. Entomol.* 10: 157-163.
- Zago, H.B., H.A.A. Siqueira, E.J.G. Pereira, M.C. Picanço & R. Barros. 2014.** Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. *Pest. Manage. Sci.* 70: 488-495.

CAPÍTULO 2

POTENCIAL INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DAS ESPÉCIES DE *Mentha* PARA O CONTROLE DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)¹

ANTÔNIO A.P. NETO² E CLAUDIO A.G. CAMARA³

²Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Departamento de Agronomia – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento de Química Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

¹Paz, A.A. & C.A.G. Camara. Potencial inseticida dos óleos essenciais das espécies de *Mentha* para o controle de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). A ser submetido.

RESUMO - Brassicaceae contribui mundialmente com a produção de 89,5 milhões toneladas. Pernambuco é um dos principais produtores de couve da região nordeste do Brasil. A principal limitante para sua produção, tem sido o ataque de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). A dependência de inseticidas, com elevado número de pulverizações semanais são fatores que contribuem para a ocorrência de surtos dessa praga. *Plutella xylostella* é o inseto que registra o maior número de casos de resistência aos compostos ativos dos diferentes grupos de inseticidas. Pesquisas com óleos essenciais de plantas têm sido desenvolvidas para contornar tal problema. Óleos essenciais das espécies *Mentha arvensis* L., *Mentha piperita* L. e *Mentha spicata* (L.) tem demonstrado potencial inseticida contra uma vasta diversidade de artrópodes, desempenhando ação repelente, ovicida, larvicida, deterrente alimentar e ainda afetando parâmetros biológicos. A exposição tópica do óleo de *M. piperita* mostrou maior ação inseticida contra larvas de *P. xylostella*, sendo o mais eficiente entre os demais. Os inseticidas Premio® 200 CS e Decis 25 EC foram mais tóxicos às lagartas de terceiro instar de *P. xylostella*, entretanto, os óleos das três espécies de *Mentha* apresentaram maior toxicidade que o inseticida Azamax. A pulverização dos óleos das espécies de *Mentha* sobre os ovos de *P. xylostella* inibiu a eclosão, onde *M. arvensis* suprimiu em 70% a emergência de larvas da F1. A exposição às doses subletais dos óleos de *M. arvensis* e *M. spicata* afetou o percentual de pupação, peso de pupa, viabilidade de ovos, sobrevivência e viabilidade larval da prole.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo essencial, efeito subletal, ovicida, traça-das-crucíferas, Pernambuco

INSECTICIDE POTENCIAL OF ESSENTIAL OILS OF *Mentha* SPECIES TO CONTROL OF
Plutella xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

ABSTRACT – Brassicaceae contributes economically to food production with 89.5 million tons in the world. Pernambuco is one of the main cabbage producers in northeastern Brazil. The main limitation of cabbage cultivation has been the attack diamondback moth (DBM). The reliance on insecticide with high number of weekly sprays is a factor that contributes to outbreaks of this pest and results in high costs. DBM is the insect that has the highest number of cases of resistance to the active compounds of different groups of insecticides, where the use of some of these has not been effective in controlling the pest. Research on plant essential oils have been developed to overcome this problem. Essential oils species such as *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* and *Mentha spicata* has shown potential insecticide against a wide variety of arthropods, playing repellent action, ovicide, larvicide, feeding deterrent and still affecting biological parameters. Topical exposure to *M. piperita* oil showed the most efficient insecticidal activity against larvae of DBM. The Premio® 200 SC and Decis 25 EC insecticides were more toxic to third instar caterpillars of *P. xylostella*, however, oils of *Mentha* species showed greater toxicity than the insecticide Azamax. The spray oils of *Mentha* species on *P. xylostella* eggs inhibited the hatching of *M. arvensis*, and suppressed the emergence of larvae by a 70%. Exposure to sublethal doses of *M. arvensis* oils and *M. spicata* affected the percentage of pupation, pupal weight, egg viability, survival and larval viability of offspring.

KEY WORDS: essential oil, sublethal effect, ovicide, diamondback moth, Pernambuco

Introdução

O cultivo de hortaliças no Brasil está na ordem de 842 mil hectares, onde somente a produção de repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) representou 1,3 milhões de toneladas, gerando uma renda de US\$ 250 milhões (ABCSEM 2014). Brassicaceae é uma família botânica de grande importância para alimentação humana, que contribui economicamente com aproximadamente 3,6 milhões de hectares cultivados e produção de 89,5 milhões de toneladas em todo o mundo (Faostat 2011). No Brasil, o Estado de Pernambuco é um dos maiores produtores de Brassicas da região Nordeste, onde os municípios de Chã Grande, João Alfredo, Vitória de Santo Antão, Bom Jardim e Camocim de São Felix destacam-se como os principais fornecedores (CEASA-PE 2015).

Uma das mais importantes limitações do cultivo deste grupo de hortaliças tem sido o ataque de insetos, onde, por muitos anos *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) tem sido considerada a praga mais importante de brássicas em todo o mundo (Grzywacz *et al.* 2010, Yan *et al.* 2014). As áreas de produção desse grupo de hortaliças são constantemente infestadas, sofrendo injúrias causadas pela larva desse lepidóptero, gerando danos econômicos consideráveis, como observado nas áreas produtoras do estado de Pernambuco. Devido características biológicas e comportamentais dessa praga, como a grande capacidade de dispersão, alta fecundidade e curto ciclo de vida, além de condições oferecidas pelos sítios ambientais, como a disponibilidade de várias plantas hospedeiras em campos vizinhos, tem dificultado o controle de *P. xylostella* (Silva-Torres *et al.* 2010).

O cultivo ininterrupto, utilizando variedades suscetíveis e dependência exclusiva do controle químico, com pelo menos três pulverizações semanais, são fatores que contribuem para a ocorrência de surtos dessa praga (Silva *et al.* 2012). O uso de controle químico para gestão de *P. xylostella*, sendo muitas vezes realizado de forma preventiva com um elevado regime de aplicação

(Grzywacz *et al.* 2010), resulta em um custo de 4-5 bilhões de dólares por ano em todo mundo (Furlong *et al.* 2013).

A elevada pressão de seleção devido ao uso abusivo de inseticidas para o controle dessa praga a tornou resistente à praticamente todas as classes de inseticidas, sendo o inseto com maior registro de resistência, com 576 casos registrados para 91 compostos (Sparks & Nauen 2015). Para dificultar a evolução da resistência de *P. xylostella*, e facilitar o seu manejo, tem sido explorado a possibilidade do seu controle com inseticidas botânicos (Vanichpakorn *et al.* 2010, Pavela 2011, Nasr *et al.* 2015, Reddy *et al.* 2015).

Além dos efeitos letais, exposição de insetos às doses subletais de compostos botânicos prejudica a atividade de enzimas digestivas, tais como α -amilase, α e *b*-glicosidase, lipase e protease, reduzindo o desempenho e afetando a eficiência de conversão alimentar em biomassa, de forma a causar efeitos adversos sobre o desenvolvimento dos insetos (Zibae & Bandani 2010, Vandendorre *et al.* 2011, Oliveira *et al.* 2015). A taxa de ingestão e absorção de nutrientes são componentes importantes do desempenho do herbívoro e está diretamente correlacionada com efeitos sobre parâmetros biológicos desses insetos (Ahmad *et al.* 2012). Substâncias derivadas de plantas podem expressar uma gama de efeitos subletais, tais como prolongamento ou redução dos estádios de larva, pupa e ovo, deformações, supressão da emergência de adultos, afetar a fecundidade e eclosão de ovos (Shaalán *et al.* 2005).

A natureza relativamente segura e menor persistência no ambiente têm conduzindo a um crescente interesse por inseticidas botânicos, com mais de 1500 espécies de plantas relatadas com valor inseticida (Kumar *et al.* 2011). Grande parte dessas plantas, se caracterizam pela produção de óleos essenciais e por serem comercializados mundialmente como aromas e fragrâncias (Isman *et al.* 2011), de tal forma que possuem grande aceitação social e podem facilmente serem regulamentados como inseticidas.

Os óleos essenciais são uma importante classe de metabólitos secundários de plantas aromáticas, que geralmente podem ser obtidos pelo método de destilação a vapor ou hidrodestilação, e são constituídos de um grande número de substâncias químicas, que incluem principalmente terpenos, fenóis e compostos nitrogenados (Li *et al.* 2015). Devido o grande número de compostos, os óleos essenciais podem interagir com vários alvos, afetando diferentes funções, podendo dificultar a evolução da resistência de insetos (Ntalli & Menkissoglu 2011).

Esses óleos estão entre as substâncias derivadas de plantas mais testadas contra artrópodes, onde podem desempenhar ação fumigante (Suthisut *et al.* 2011), acaricida (Nascimento *et al.* 2012), inseticida (Machial *et al.*, 2010, Jiang *et al.* 2012, Tak *et al.* 2015, Oliveira *et al.* 2015), repelente (Araújo *et al.* 2012, Mann *et al.* 2012, Kumar *et al.* 2014, Wubie *et al.* 2014, Camara *et al.* 2015), deterrente alimentar (Akhtar *et al.* 2012, Baskar & Ignacimuthu 2012, Kedia *et al.* 2014), repelente de oviposição (Santos *et al.* 2012) e afetar parâmetros biológicos, como taxa de crescimento (Nathan *et al.* 2008, Nasr *et al.* 2015), sobrevivência e reprodução (Pavela 2012, Alves *et al.* 2014).

As espécies *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* possuem óleos essenciais com diferentes modos de ação contra artrópodes de interesse agrícola, medicina humana, medicina veterinária e pragas urbanas, investigado por diferentes centros de pesquisa espalhados pelo mundo (Yi *et al.* 2007 Manzoor *et al.* 2013 Verma *et al.* 2014 Park *et al.* 2014 Mishra *et al.* 2014 Teixeira *et al.* 2014 Kedia *et al.* 2014). Apesar do grande número de trabalhos publicado nos últimos anos, abordando o controle de vários tipos de artrópodes com os óleos obtidos dessas espécies, apenas o trabalho de Yi *et al.* (2007) relata a ação dos óleos essenciais de duas dessas espécies tendo como foco o controle da traça das crucíferas.

Considerando a escassez de trabalhos realizados com óleos essenciais das espécies do gênero *Mentha* sobre larvas do 3º instar de *P. xylostella*, este estudo investigou a ação tóxica dos

óleos essenciais das espécies, *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, sobre larvas de 3º instar de *P. xylostella*. Testes com os inseticidas Azamax, Premio® 200 CS e Decis 25 EC foram utilizados como controle positivo. Adicionalmente, foi investigado a ação tóxica desses óleos, por pulverização em torre de Potter, sobre ovos e os efeitos da dose subletal sobre parâmetros biológicos dessa praga.

Material e Métodos

Obtenção dos Óleos Essenciais e Inseticidas Convencionais. Os óleos essenciais das espécies de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* utilizados nos testes foram comprados na Ferquima Indústria e Comércio LTDA. Os inseticidas Azamax, Decis 25 EC e Premio® 200 CS foram comprados em lojas de produtos agropecuárias da cidade de Recife/PE.

Criação de *Plutella xylostella*. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos e Resistência de Plantas do Departamento de Agronomia da UFRPE. A metodologia de criação de *P. xylostella* foi realizada de acordo com Torres *et al.* (2006). Os insetos utilizados foram provenientes de uma população mantida sob temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $74\pm 5\%$ e fotofase de 12h, no Laboratório de Biologia de Insetos da UFRPE.

Para a manutenção da criação, lagartas recém-eclodidas foram confinadas em recipientes plásticos com dimensões de 21 x 21 x 7 cm contendo seções foliares de couve orgânica. As folhas foram substituídas diariamente até que todos os insetos atingissem a fase de pupa, as quais eram todos os dias coletadas e armazenadas em placas de petri de oito centímetros de diâmetro. Todas as placas possuíam aberturas na tampa coberto com tecido “voil” permitindo a passagem do ar.

As pupas eram transferidas para gaiolas plásticas transparentes com dimensões 20 x 13 x 14 cm, com uma abertura vedada lateralmente com “voil” para possibilitar a circulação do ar. Na parte superior da gaiola foi mantido um orifício contendo um pedaço de algodão embebido com

uma solução de mel à 10%. No interior de cada gaiola, foi colocado disco de folhas de couve sobre papel filtro umidecido com dimensão de 8 cm para permitir a oviposição. Os discos foliares contendo os ovos eram diariamente trocados e acondicionados em recipientes plásticos, com as dimensões descritas acima, mantidos até a eclosão das larvas, em seu lugar eram colocados discos foliares novos.

Toxicidade de Óleos de *Mentha* e Inseticidas Sintéticos Sobre Larvas de *Plutella xylostella*. A metodologia de ação tópica foi a mesma utilizada por Wei *et al.* (2015) com modificações (Kumar *et al.* 2014), onde foram aplicados 0,5 µL de cada dose sobre a região protorácica das larvas de 3º instar, com o auxílio de uma micropipeta. A amplitude das doses testadas foi pré-estabelecida em ensaios preliminares, até a obtenção das doses utilizadas nos bioensaios. As soluções foram obtidas através da diluição dos óleos essenciais em água contendo DMSO (0,5%).

Para as espécies *Mentha arvensis* e *Mentha piperita* foram totalizados 9 doses variando entre 2,58 µg larva⁻¹ – 19,78 µg larva⁻¹ e 2,67 µg larva⁻¹ – 9,79 µg larva⁻¹, respectivamente, e para a espécie *Mentha spicata* utilizou-se 8 doses, que variaram entre 2,3 µg larva⁻¹ – 15,18 µg larva⁻¹ e uma testemunha com água e DMSO (0,5%) para cada óleo estudado.

O valor das doses, no caso dos inseticidas convencionais, foi baseado nos princípios ativos dos produtos, desconsiderando os seus ingredientes inertes. Para os inseticidas Premio® 200 CS (Chlorantraniliprole) e Decis 25 EC (Deltametrina) as diluições foram feitas com água e Triton-X100® (0,01%), nesse caso foram 10 doses no total, variando de 0,00097 µg larva⁻¹ - 0,5 µg larva⁻¹, de Chlorantraniliprole e, 8 doses, variando de 0,039 µg larva⁻¹ - 5 µg larva⁻¹ de Deltametrina. No caso do inseticida Azamax (Azadiractina) foram 8 doses, variando de 0,02 µg larva⁻¹ - 3 µg larva⁻¹ de Azadiractina, além do controle, apenas com água e Triton-X100® (0,01%), para todos os tratamentos.

As lagartas foram separadas em 3 grupos de 10 indivíduos, somando 30 lagartas por dose utilizada. Essa mesma quantidade de indivíduos foi usada novamente para realização do teste em outro dia, sendo considerado como uma repetição no tempo. Pela análise de Razão da Verossimilhança (“Likelihood Ratio”), as inclinações das retas obtidas foram comparadas entre si, para verificação das hipóteses de paralelismo e igualdade entre elas (Robertson *et al.* 2007). Quando não foi observada diferença, os dados dos testes realizados em dias diferentes foram unidos dando um somatório final de 60 lagartas por dose testada para cada tratamento.

Os grupos foram colocados em placas de petri contendo discos foliares de couve manteiga de 5 cm de diâmetro. Pavela (2012) destaca que óleos essenciais possuem ação de contato contra insetos, agindo sobre o sistema nervoso desses, assim a mortalidade encontrada durante as primeiras 24 horas é considerada mais importante, e por isso a avaliação da toxicidade letal dos óleos essenciais foi realizada após 24 horas de exposição, sendo realizada a contagem do número de lagartas mortas, esse mesmo período foi considerado para avaliar a ação letal do inseticida Azamax. Para o inseticida Prêmio® 200 CS foi considerado o número de mortos após 72 horas, como no trabalho de (Gong *et al.* 2014) e para o inseticida Decis 25 EC o tempo para avaliação da mortalidade foi de 48 horas (Jan *et al.* 2015). As larvas foram consideradas mortas quando não apresentaram nenhuma resposta quando estimulada com um pincel.

Os dados de dose-mortalidade foram analisados pelo modelo de Probit (Finney 1971) utilizando o Software POLO plus (LeOra-Software 2005) para a determinação dos valores das DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₅, com intervalos de confiança a 95%.

Toxicidade de Óleos de *Mentha* Sobre Ovos de *Plutella xylostella*. Para o teste ovicida foram preparadas 4 gaiolas de adultos para oviposição das fêmeas de *P. xylostella*, onde 3 discos foliares de 2,5 cm de diâmetro foram disponibilizados para a postura dos ovos. Discos contendo a primeira postura foram retirados, e todos os ovos foram contados utilizando uma lupa

estereoscópica. Foram escolhidos 4 discos foliares que apresentavam o somatório do número ovos mais próximos, de forma a tornar a distribuição mais uniforme entre os tratamentos. Cada disco foliar foi colocado em uma placa de petri, sendo cada placa representada por um tratamento, e cada ovo representou 1 repetição.

Para esse experimento foi pulverizado 3 ml da concentração subletal (CL₂₅) dos óleos essenciais das espécies *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*, e do controle, usando torre de Potter (Potter 1952) calibrado com uma pressão de 10 psi e ocasionando em uma deposição de 3,2 mg cm⁻². A eclosão dos ovos foi contabilizada em uma rotina de 6 horas até não haver mais emergência no grupo controle, de modo a avaliar o tempo de incubação de cada tratamento.

O número de ovos eclodidos e o tempo de eclosão foram computados, e os dados foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Para a análise foi utilizado o programa estatístico SAS (SAS Institute 2001).

Efeito Subletal dos Óleos de *Mentha* Sobre Parâmetros Biológicos de *Plutella xylostella*. A avaliação do efeito subletal dos óleos sobre os parâmetros biológico foi baseada na metodologia usada por Han *et al.* (2012), com modificações. Os parâmetros avaliados nestes experimentos foram: sobrevivência de larvas; taxa de pupação; peso de pupa; taxa de emergência; fecundidade; longevidade de adultos; viabilidade de ovos; duração larval da prole e viabilidade larval da prole.

Efeitos dos Óleos Sobre a Taxa de Pupação, Peso de Pupa, Taxa de Emergência e Sobrevivência de Larvas. Cem lagartas foram pesadas e distribuídas em 10 placas de petri de modo a deixar o peso final dos grupos homogêneos. Esse procedimento foi realizado para cada tratamento, onde, no fim todos os tratamentos apresentaram grupos com pesos similares. Para avaliar possíveis efeitos sobre parâmetros biológicos de *P. xylostella*, lagartas foram expostas às doses subletais (DL₂₅) dos óleos essenciais das espécies *M. arvensis* (5,1 µg larva⁻¹), *M. piperita* (4 µg larva⁻¹) e *M. spicata* (5,1 µg larva⁻¹), calculadas anteriormente no teste de toxicidade letal.

Em cada placa foram colocados discos foliares de 5 cm de couve manteiga, e as folhas foram trocadas diariamente até todas as lagartas atingirem a fase de pupa. O mesmo processo foi feito com um controle contendo apenas água e DMSO (0,5%).

Para a exposição foi utilizado o método tópico, da mesma forma como descrito na sessão do teste de toxicidade letal. Lagartas mortas no período de 24 horas após a exposição foram retiradas e não contabilizadas para avaliação da sobrevivência e do percentual de pupação, visto que essa mortalidade já era prevista, e assim evitando uma superestimação do efeito. Dessa maneira a contagem das larvas mortas iniciou 48 horas após exposição, a partir desse período foi anotado o dia que cada mortalidade ocorreu.

Todos os dias as placas eram observadas e contabilizadas a presença de lagartas mortas ou pupas. As pupas eram transferidas para placas de Elisa devidamente identificadas, onde ficavam até a emergência dos adultos. Para cada tratamento foram retiradas 15 pupas com idade de 24 horas, escolhidas ao acaso, e pesadas em uma balança analítica. Nessa fase foi calculada a taxa de indivíduos que empuparam, período pupal e emergiram de adultos.

Os dados obtidos para o peso de pupas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram separadas usando o teste de Tukey com diferença estatística quando $P < 0,05$. A análise estatística do período da fase pupal e emergência de adultos foram submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O teste de sobrevivência Log-Rank avaliou se a exposição aos óleos essenciais favoreceu a ocorrência do evento mortalidade, diminuindo a expectativa de vida das larvas. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute 2001).

Efeito dos Óleos Sobre a Fecundidade, Longevidade de Adultos e Viabilidade de Ovos.

Adultos de *P. xylostella*, machos e fêmeas, com idade entre 24-36 horas advindo do experimento descrito na seção anterior foram separados aleatoriamente em copos de plásticos, formando 7

grupos com 3 casais, totalizando 21 casais por tratamento. Os copos foram perfurados com alfinete para permitir a passagem de ar e devidamente identificados. A abertura superior foi vedada com plástico filme PVC. Com o auxílio de um estilete, foi feita uma abertura no plástico filme PVC, e colocado uma bola de algodão embebida com solução de mel 10%, que era trocado diariamente. O algodão ficou amarrado com um fio de barbante preso externamente com fita adesiva, desta forma o algodão ficou pendurado na parte superior do copo. Na parte inferior foi inserido um disco de papel filtro cuidadosamente cortado de forma à ocupar devidamente todo o espaço, o disco foi umidecido e sobre ele disponibilizado para a oviposição das fêmeas um disco foliar de 2,5 cm de couve manteiga.

Devido o fato das fêmeas ovipositarem não só no disco foliar, mas também nas paredes do copo, foi adotada a prática diária, durante todo o processo de postura, de retirar os casais e colocá-los em novos copos. Todos os ovos foram contados diariamente, mas somente os ovos que se encontravam nas folhas da primeira postura foram utilizados para observação da eclosão das larvas. Quando as posturas terminaram, o teste proseguiu com a troca do algodão embebido com solução de mel até a morte de todos os adultos.

Discos foliares contendo a primeira oviposição foram colocados em placas de petri, com todos os ovos contabilizados inicialmente. Diariamente as placas eram observadas e a quantidade de ovos eclodidos era anotado. A eclosão do ovo foi considerada apenas quando estes apresentavam coloração transparente. A relação entre a quantidade inicial de ovos e o número de ovos eclodidos foi usada para calcular a viabilidade.

Nessa fase foram avaliadas a fecundidade de fêmeas, longevidade dos adultos e viabilidade de ovos. Para análise estatística da fecundidade, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram separadas usando o teste de Tukey com diferença estatística quando $P < 0,05$. Para análise da longevidade de adultos e viabilidade de ovos, os dados

foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute 2001).

Efeito dos Óleos Sobre a Duração e Viabilidade Larval da Prole. Para o estudo do desenvolvimento larval da prole, 150 larvas de mesma idade, advindos do teste anterior, foram separadas em 3 placas de petri, totalizando 50 lagartas por placa, para cada tratamento. Um disco foliar de 5 cm foi colocado em cada placa. Diariamente as placas eram observadas e as larvas encontradas mortas eram computadas.

À medida que as larvas foram crescendo, foram transferidas para recipientes plásticos maiores contendo uma abertura coberta com tecido voil na tampa, dentro desses potes foram disponibilizadas secções das folhas de couve manteiga. Foi realizada a rotina diária de observação das larvas, e o teste foi dado como encerrado quando as larvas tratadas com os óleos não conseguiram formar pupas 4 dias após a última pupa formada pelo grupo controle.

A viabilidade e duração larval da geração F1 foram avaliadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. A análise foi realizada utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute 2001).

Resultados

Toxicidade de Óleos de *Mentha* e Inseticidas Sintéticos Sobre Larvas de *Plutella xylostella*.

Os óleos de *Mentha* e os inseticidas apresentaram ação tóxica às larvas do 3º instar de *P. xylostella*. Os resultados de dose-mortalidade obtidos no presente estudo assumiriam o modelo de Probit, e as doses letais médias estimadas são apresentadas na Tabela 1. A DL₅₀ dos óleos diferiu significativamente entre si onde as larvas de *P. xylostella* foram menos tolerantes ao de *M. piperita*.

Entre os inseticidas sintéticos, o Premio® apresentou a menor DL₅₀, seguido do Decis 25 EC. O Premio® 200 CS foi cerca de 253 vezes mais eficiente do que os óleos de *M. arvensis* e *M. spicata* e 176 vezes mais tóxico do que o óleo de *M. piperita*. Por outro lado, o inseticida Decis 25 EC foi apenas 6 vezes mais tóxico do que o óleo de *M. piperita*. Através da metodologia de exposição tópica utilizada nesse estudo, o inseticida Azamax, usado como controle positivo, não ocasionou mortalidade suficiente para que fosse possível realizar o cálculo das doses-resposta, proporcionando mortalidade <14% na maior dose testada (3 µg larva⁻¹).

Toxicidade de Óleos de *Mentha* Sobre Ovos de *Plutella xylostella*. Na tabela 2 são apresentados os tempos de incubação e o percentual de eclosão para ovos de *P. xylostella*. A ação dos óleos de *Mentha* não interferiu no tempo de incubação ($\chi^2=3,76$; $P > 0,29$), de modo que o período da fase de ovo foi estatisticamente igual para todos os tratamentos, com uma média geral de 46,7 horas. No entanto, estes óleos foram tóxicos aos ovos, diferindo significativamente com o controle e promovendo uma alteração na eclosão de larvas ($\chi^2=214,47$; $P > 0,0001$).

Efeito dos Óleos de *Mentha* Sobre a Taxa de pupação, Peso de Pupas, Duração Pupal e Taxa de Emergência de Larvas. O efeito dos óleos de *Mentha* sobre o percentual de pupação, peso de pupas, duração pupal e percentual de emergência de adultos, quando larvas de 3º instar foram expostas à dose subletal dos tratamentos, está apresentado na Tabela 3. Apenas o óleo de *M. arvensis* reduziu significativamente o percentual de pupação comparado com o controle, mas não reduziu significativamente com relação aos óleos de *M. piperita* e *M. spicata* ($F_{3,36} = 4,27$; $P < 0,01$). Larvas expostas aos óleos de *M. arvensis* e *M. spicata* formaram pupas significativamente mais leves do que as pupas formadas no grupo tratado com *M. piperita* e o controle ($F_{3,56} = 7,74$; $P < 0,0002$) (Tabela 3).

Os óleos de *Mentha* não interferiram no período pupal ($\chi^2=4,03$; $P>0,26$) e na emergência de adulto ($\chi^2=2,79$; $P>0,42$). Ou seja, não houve diferença significativa observada, para estes parâmetros entre os óleos e o controle (Tabela 3).

Efeito dos Óleos Sobre a Fecundidade, Longevidade de Adultos e Viabilidade de ovos. Os parâmetros biológicos, médias de ovos por fêmea, longevidade e percentual de eclosão, mensurados após exposição de larvas de 3º instar aos óleos de *Mentha*, são apresentadas na Tabela 4. Nenhum dos óleos testados interferiu nestes parâmetros biológicos, com exceção do óleo de *M. spicata* que reduziu significativamente o percentual de eclosão de ovos comparado com o controle ($F_{3,24} = 9,81$; $P < 0,02$). Os resultados destes experimentos, indicam também que os óleos não interferem na longevidade de adultos, tanto para machos ($\chi^2=1,47$; $P > 0,69$) quanto para fêmeas ($\chi^2=0,96$; $P > 0,81$) (Tabela 4).

Efeito dos Óleos sobre a Sobrevivência das larvas de 3º instar até adulto, Duração e Viabilidade Larval da Prole. A susceptibilidade de larvas de 3º instar de *P. xylostella* aos óleos de *Mentha*, interferindo na sobrevivência de larvas até adulto, na duração e viabilidade larval da prole são apresentadas na Tabela 5.

Os óleos de *M. arvensis* e *M. spicata* reduziram em 40,26% o tempo médio de sobrevivência das larvas em relação ao controle (Log-Rank = 10,34; $P > 0,016$).

A análise da viabilidade de larvas da prole mostrou que os óleos de *Mentha* reduziram significativamente o percentual de larvas que chegaram até a fase de pupa, diferindo significativamente do controle ($\chi^2=8,08$; $P > 0,04$). No entanto, o percentual de larvas reduzido pela ação do óleo de *M. arvensis* foi o mesmo observado para o óleo de *M. piperita*, mas diferiu significativamente do óleo de *M. spicata*, de tal modo que o óleo de *M. spicata* foi o que causou maior redução no percentual de larvas. Por outro lado, nenhum dos óleos testados interferiu na duração larval da prole ($\chi^2=2,46$; $P > 0,48$) (Table 5).

Discussão

A atividade inseticida é resultado de uma série de ações e reações complexas entre um agente tóxico e os tecidos dos insetos, essa dinâmica complexa de toxicidade pode ser simplificada em três categorias: penetração, ativação (interação com o sítio alvo) e desintoxicação (Tak & Isman 2015). Para desempenhar sua atividade inseticida a substância tóxica tem que penetrar no corpo do inseto, e isso pode ocorrer pelo canal alimentar, espiráculos e/ou tegumento (Lin et al 2012). A natureza lipofílica dos óleos essenciais é facilitada em romper essa barreira da camada cuticular para interagir com o sítio alvo do inseto. Recentemente, Tak & Isman (2015) reportaram que a mistura binária dos compostos majoritários do óleo de alecrim, 1,8 cineol e cânfora, intensificam a penetração cuticular de xenobióticos, ocasionando mortalidade da praga em menores doses. Entender como esses compostos agem na cutícula dos insetos pode orientar para estudos mais modernos sobre as interações sinérgicas entre óleos essenciais, ou seus componentes, com inseticidas sintéticos, e dessa forma abrir novos caminhos para desenvolvimento de novos compostos inseticidas.

A aplicação tópica dos óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* sobre as larvas de terceiro instar de *Plutella xylostella* (L.) causou agitação extrema e hiperatividade, seguido por tremores e terminando com paralisia e morte. Hummelbrunner & Isman (2001) destacam esses sintomas como sendo diagnóstico de ação neurotóxica. Alguns trabalhos tem demonstrado que metabólitos de plantas inibem a ação da acetilcolinesterase (AChE) (Li et al. 2013, Matsuura & Fett-Neto, 2015 Wink 2015), uma enzima que catalisa o neurotransmissor acetilcolina e impede a superexcitação do sistema nervoso (Zibae 2011). No entanto, investigação com óleo essencial de *M. arvensis* não observou uma correlação direta entre a toxicidade dos componentes do óleo com a inibição da AChE, sugerindo que os monoterpenos

testados podem atuar em diferentes sítios alvo, como monooxygenase dependente do citocromo P450 (Lee *et al.* 2001). Além disso, outro possível alvo sugerido para óleos essenciais, em insetos, é a interferência nos canais de cloro-GABA e bloqueadores dos receptores de octopamina (Enan 2001, Rattan 2010).

A maior ação tóxica observada para o óleo de *M. piperita*, sugere que existem diferenças qualitativas e/ou quantitativas dos constituintes químicos dos óleos de *Mentha*, aqui investigado, justificando os diferentes níveis de toxicidade encontrados para os óleos estudados (Barros *et al.* 2015).

De acordo com o levantamento bibliográfico, nenhum estudo avaliando a ação tóxica de óleos essenciais obtidos de plantas do gênero *Mentha* sobre *P. xylostella* tem sido reportado até o momento, mas há relatos na literatura da ação fumigante e de contato com outros óleos essenciais sobre larvas de *P. xylostella* (Yi *et al.* 2007, Chaudhary *et al.* 2011, Kumrungsee *et al.* 2014, Wei *et al.* 2015). Por outro lado, a ação tóxica de óleos essenciais das espécies *M. piperita*, *M. arvensis* e *M. spicata* tem sido investigada contra larvas de outros lepidópteros. Considerando as diferenças entre as pragas investigadas, uma comparação direta dos resultados obtidos para os óleos de *Mentha* sobre *P. xylostella*, como os reportados por Isman *et al.* (2001) (*M. piperita* e *M. arvensis*) e Pavela 2005 (*M. arvensis* e *M. spicata*), indicam que *P. xylostella* foi menos tolerante aos óleos de *Mentha* do que *S. litura* e *S. littoralis*.

Como observado no teste de toxicidade letal, a diferença entre o resultado obtido para os óleos *M. arvensis*, *M. spicata* e *M. piperita* referente à ação tóxica sobre ovos de *P. xylostella* pode estar relacionado com as variações qualitativas e quantitativas no perfil químico dos óleos.

Todos os óleos provocaram um decréscimo significativo da emergência de larvas diferindo estatisticamente do controle, onde *M. arvensis* e *M. spicata* foram os mais efetivos, apresentando redução da eclosão em 70% e 60%, respectivamente. Todavia, o tempo de incubação dos ovos

não foi influenciado pela exposição aos óleos de *Mentha*. Levantamos a hipótese de que os óleos de *Mentha* interagem com o córion do ovo de *P. xylostella* de modo a impossibilitar as trocas gasosas, interferindo negativamente no desenvolvimento do embrião. Essa hipótese pode ser sustentada pelos resultados encontrados por Politi *et al.* (2013), onde os autores mostraram que a exposição ao óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) foi responsável por distintas modificações na morfogênese dos ovos de *Rhipicephalus sanguineus* (L.).

Este é o primeiro relato da ação ovicida dos óleos de *M. spicata*, *M. arvensis* e *M. piperita* tendo como alvo *P. xylostella*. O único estudo encontrado, até o momento, é para o óleo de *Allium sativum*, que inibiu 100% de eclosão de ovos de *P. xylostella* na concentração de 1% (Govindaraddi 2005). Todavia, há trabalhos que mostram a eficiência ovicida dos óleos dessas espécies de *Mentha* tendo como alvo outros insetos. O óleo de *M. spicata* reduziu a viabilidade em até 78,82% dos ovos de *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae) (Tripathi *et al.* 2004) e em 80% a eclosão dos ovos de *Drosophila auraria* (Diptera: Drosophilidae) (Konstantopoulou *et al.* 1992). Óleo de *M. arvensis* inibiu em 100% a eclosão de ovos do besouro *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Crysomelidae) (Pandey *et al.* 2011), esse resultado corrobora com o estudo realizado por Kumar *et al.* (2009), onde o óleo da mesma espécie botânica suprimiu em 100% a emergência da F1 da mesma espécie de besouro. Kedia *et al.* (2014) mostraram que o óleo essencial da espécie *M. spicata* também foi eficiente contra *C. chinensis*, inibindo em 100% a eclosão dos ovos.

Assim como observado no teste de mortalidade de larvas e ovos, a exposição das larvas à dose subletal (DL₂₅) dos óleos de *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata* afetou de maneira distinta os parâmetros biológicos de *P. xylostella*, essas diferenças entre os resultados também podem ser explicadas devido variações qualitativas e quantitativas no perfil químico dos óleos essenciais das 3 espécies botânicas.

A exposição tópica à dose subletal do óleo de *M. arvensis* reduziu a formação de pupas em 12,9%, sendo esse valor inferior aos encontrados para os óleos de *M. piperita* e *M. spicata*. Firake & Pande (2009) relatam que os óleos essenciais de espécies do gênero *Mentha* reduziu em 58% a formação de pupas de *S. litura*. Mentona e Pulegona, monoterpênicos encontrados nos óleos essenciais do gênero *Mentha*, inibiu completamente a pupação de *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae) (Harwood *et al.* 1990). Mishra *et al.* (2014) mostrou que o óleo de *M. arvensis* inibiu em 67,28% a formação de pupas de *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae).

O grupo de larvas tratadas com a dose subletal do óleo de *M. arvensis* e *M. spicata* formaram pupas significativamente mais leves do que as que foram tratadas com óleo de *M. piperita*, onde a última espécie citada formou pupas com peso estatisticamente igual ao grupo controle. Na literatura não foi encontrado estudos que relatam da influência desses óleos sobre o peso de pupas. O menor peso das pupas nos grupos tratados com *M. arvensis* e *M. spicata* pode estar relacionado com a inibição de enzimas dos insetos, diminuindo a relação da conversão de alimento em biomassa. Entretanto, estudos futuros com testes específicos precisam ser realizados para comprovação de tal questão.

Foi utilizado o teste de sobrevivência para analisar se a exposição aos óleos favoreceu o evento da mortalidade no período entre 24 horas após exposição até a fase adulta. O resultado mostra que os óleos de *M. arvensis* e *M. spicata* diminuiu a expectativa de vida de *P. xylostella*. A aplicação de óleo de *M. piperita* sobre as larvas não afetou a sobrevivência. No levantamento bibliográfico não foi encontrado estudos utilizando esse teste para avaliação do efeito dos óleos dessas espécies botânicas.

O período pupal, percentual de emergência de adultos, fecundidade de fêmeas e longevidade não diferiram estatisticamente entre os tratamentos e nem em relação ao controle. Embora nesse trabalho não tenha sido observado efeito dos óleos de *M. arvensis*, *M. piperita* e *M.*

spicata sobre esses parâmetros biológicos de *P. xylostella*, Kumar *et al.* (2011b) mostrou que o óleo de *M. piperita* suprimiu a emergência de adultos de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) em 100%, e a oviposição de *C. chinensis* foi reduzida quando exposta ao óleo de *M. arvensis* (Kumar *et al.* 2009).

O óleo de *M. spicata* reduziu significativamente o percentual de eclosão dos ovos, embora os óleos das outras duas espécies não obtiveram resultado significativo em relação a esse parâmetro. Não há na literatura um trabalho que avalie o efeito dos óleos sobre a eclosão de ovos de insetos, quando esses são provenientes de larvas tratadas com doses subletais dos óleos de *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata*. Acreditamos que o óleo de *M. spicata* ocasionou modificações nos ovos depositados pelas fêmeas de *P. xylostella*. Essas modificações podem ter ocorrido devido deformações no córion (Sâmia *et al.* 2016) ou por redução da absorção de vitelogenina nos oócitos (Acheuk *et al.* 2012).

Para a avaliação dos óleos sobre as larvas da F1, foi anotado o tempo de desenvolvimento e a mortalidade até atingir fase de pupa. A duração das larvas da prole não foi significativamente afetada pelos óleos de nenhuma das espécies. Em relação a viabilidade de larvas da prole, os resultados mostram que todos os óleos estudados influenciaram negativamente, sendo que o tratamento com *M. spicata* ocasionou maior mortalidade diferindo dos demais tratamentos.

Aqui levantamos a hipótese de que os óleos de *M. arvensis*, *M. piperita* e *M. spicata* afetam negativamente a histoquímica dos órgãos reprodutivos de *P. xylostella* dando origem a larvas menos vigorosas, sendo necessário realizar estudos fisiológicos para comprovar tal relação. No trabalho realizado por Alves *et al.* (2014) os autores mostraram que quando a larva de *S. frugiperda* foi exposta ao óleo de *Piper hispidinervum* a histoquímica dos ovaríolos foi negativamente afetada, o que sustenta a nossa ideia sobre a formação de uma progênie menos vigorosa.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

- ABCSEM** - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. 2014. <http://www.abcsem.com.br>. Access: 15/07/2015).
- Acheuk, F., M. Cusson & B. Doumandji-Mitiche. 2012.** Effects of a methanolic extract of the plant *Haplophyllum tuberculatum* and of teflubenzuron on female reproduction in the migratory locust, *Locusta migratoria* (Orthoptera: Oedipodinae). *J. Insect. Physiol.* 58: 335-341.
- Ahmad, N., M.S. Ansari & F. Hasan. 2012.** Effects of neem based insecticides on *Plutella xylostella* (Linn.). *Crop Protec.* 34: 18-24.
- Akhtar, Y., E. Pages, A. Stevens, R. Bradbury, C.A.G. Camara & M.B. Isman. 2012.** Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. *Physiol. Entomol.* 37: 81-91.
- Alves, T.J., G.S Cruz, V. Wanderley-Teixeira, A.A. Teixeira, J.V. Oliveira, A.A. Correia, C.A. Câmara & F.M. Cunha. 2014.** Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. *Biotech. Histochem.* 89: 245-255.
- Araújo, M.J.C., F.S. Born, M.M. Moraes, C.A. Badji & C.A.G. Câmara. 2012.** Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 139-155.
- Barros, A.S., S.M. Morais, P.A. Ferreira, I.G. Vieira, A.A. Craveiro, R.O. Fontenelle, J.E. Menezes, F.W. Silva & H.A. Sousa. 2015.** Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. *Ind. Crop Prod.* 76: 557-564.
- Baskar, K. & S. Ignacimuthu. 2012.** Antifeedant, larvicidal and growth inhibitory effects of ononitol monohydrate isolated from *Cassia tora* L. against *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Chemosphere* 88: 384-388.
- Camara, C.A.G., Y. Akhtar, M.B. Isman, R.C. Seffrin & F.S. Born. 2015.** Repellent activity of essential oils from two species of *Citrus* against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. *Crop Protec.* 74: 110-115.

- Central de Abastecimento de Pernambuco-CEASA. 2015.** Recife: Central de Abastecimento de Pernambuco, 2015. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/calend.php>. Acesso em: 30 dez. 2015.
- Chaudhary, A., P. Sharma, G. Nadda, D.T. Kumar & B. Singh. 2011.** Chemical composition and larvicidal activities of the Himalayan cedar, *Cedrus deodara* essential oil and its fractions against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. J. Insect Sci. 11: 157.
- Enan, E., 2001.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Physiol. Part C 130: 325-337.
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistic. 2011.** Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, acessado em maio de 2014.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, A statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve. Cambridge, University Press, 333p.
- Firake, D.M. & R. Pande. 2009.** Impact of camphor and mentha oil on biology of the tobacco caterpillar *Spodoptera litur0a* (Fabricius). Curr. Bioti. 3: 88-92.
- Furlong, M.J., D.J. Wright & L.M. Dodsall. 2013.** Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. Annu. Ver. Entomol. 58: 517-541.
- Gong, W., H.-H. Yan, L. Gao, Y.-Y. Guo & C.-B. Xue. 2014.** Chlorantraniliprole Resistance in the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). J. Econ. Entomol. 107: 806-814
- Govindaraddi, K. 2005.** Antifeedant and insecticidal properties of essential oils of turmeric (*Curcuma longa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) against diamond back moth, *Plutella xylostella* (L). Dissertação de Mestrado, Haryana Agricultural University, Hisar, 82p.
- Grzywacz, D., Rossbach, A., Rauf, A., Russel, D., Srinivasan, R. & A.M. Shelton. 2010.** Current control methods for diamondback moth and prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. Crop Protec. 29, 68-79.
- Han, W., S. Zhang, F. Shen, M. Liu, C. Ren & X. Gao. 2012.** Residual toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Pest. Manag. Sci. 68:1184-90.
- Harwood, S.H., A.F. Moldenke & R.E. Berry. 1990.** Toxicity of Peppermint Monoterpenes to the Variegated Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 83(5): 1761-1767.
- Hummelbrunner, L.A., & M.B. Isman. 2001.** Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). J. Agric. Food Chem. 49: 715-720.

- Isman, M.B., A.J. Wan & C.M. Passreiter. 2001.** Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. *Fitoterapia* 72: 65-68.
- Isman, M.B., S. Miresmailli & C. Machial. 2011.** Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry* 10: 197-204.
- Jan, M.T., N. Abbas, S.A. Shad & M.A. Saleem. 2015.** Resistance to organophosphate, pyrethroid and biorational insecticides in populations of spotted bollworm, *Earias vittella* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae), in Pakistan. *Crop Protec.* 78: 247-252.
- Jiang, Z.L., Y. Akhtar, X. Zhang, R. Bradbury & M.B. Isman. 2012.** Insecticidal and feeding deterrent activities of essential oils in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Appl. Entomol.* 136:191-202.
- Kedia, A., B. Prakash, P.K. Mishra, C.S. Chanotiya & N.K. Dubey. 2014.** Antifungal, antiaflatoxicogenic, and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 89:29-36.
- Konstantopoulou, I., L.Vassilopoulou, P. Mavragani-Tsipidou & Z.G. Scouras. 1992.** Insecticidal effects of essential oils, a study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia* 48: 616-619.
- Kumar, A., R. Shukla, P. Singh, A.K. Singh & N.K. Dubey. 2009.** Use of essential oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. *J. Sci. Food Agr.* 89: 2643-2649.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2011a.** Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Ind. Crop Prod.* 34: 802-817.
- Kumar, P., S. Mishra & S. Satya. 2011b.** Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. *Med. Vet. Entomol.* 25: 302-310.
- Kumar, P., S. Mishra, A. Malik & S. Satya. 2014.** Biocontrol potential of essential oil monoterpenes against housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 100:1-6.
- Kumrungsee, N., W. Pluempanupat, O. Koul & V. Bullangpoti. 2014.** Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *J. Pest Sci.* 87: 721-729.
- Lee, S.E., B.H. Lee, W.S. Choi, B.S. Park, J.G. Kim & B.C. Campbell. 2001.** Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). *Pest Manag. Sci.* 57: 548-553.

- LeOra-Software. 2005.** POLO-Plus, POLO for Windows computer program, version 2.0. LeOra-Software, Petaluma, CA.
- Li, S., M. Li, Y. Huang, R. Hua, H. Lin, Y. He, L. Wei & Z. Liu. 2013.** Fumigant activity of *Illicium verum* fruit extracts and their effects on the acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activities in adult *Sitophilus zeamais*. J. Pest Sci. 86: 677-683.
- Lin, Y., T. Jin, L. Zeng & Y. Lu. 2012.** Cuticular penetration of β -cypermethrin in insecticide-susceptible and resistant strains of *Bactrocera dorsalis*. Pestic. Biochem. Phys. 103: 189-193.
- Machial, C.M., I. Shikano, M. Smirle R. Bradbury & M.B. Isman. 2010.** Evaluation of the toxicity of 17 essential oils against *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Manage. Sci. 66: 1116-1121.
- Mann, R.S., S. Tiwari, J.M. Smoot, R.L. Rouseff & L.L. Stelinski. 2012.** Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). J. Appl. Entomol. 136: 87-96.
- Manzoor, F., S. Fazal, N. Muniz, S. & A. Khalid. 2013.** Acaricidal activity of essential oils from tulsi (*Ocimum basilicum*), bach (*Acorus calamus*) and mint (*Mentha arvensis*) against *Rhipicephalus sanguineus* (latreille). Asian J. Chem. 25: 6787-6790.
- Matsuura, H. & A. Fett-Neto. 2015.** Plant Alkaloids: Main Features, Toxicity, and Mechanisms of Action, p. 1-15. In P. Gopalakrishnakone, C. R. Carlini, & R. Ligabue-Braun (eds.), *Plant Toxins*. Netherlands.
- Mishra, B.B., S.P. Tripathi & C.P.M. Tripathi. 2014.** Sub-lethal Activity of Plant Volatile Essential Oils in Management of Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Essent. oil Bear. Pl. 17: 1211-1218.
- Mithöfer, A. & W. Boland. 2012.** Plant defense against herbivores: chemical aspects. Annu. Rev. Plant Biol. 63: 431-50.
- Nascimento, A.F., C.A.G. Camara, M.M. Moraes & C.S. Ramos. 2012.** Essential oil composition and acaricidal activity of *Schinus terebinthifolius* from Atlantic Forest of Pernambuco, Brazil against *Tetranychus urticae*. Nat. Prod. Commun. 7: 129-132.
- Nasr, M., J.J. Sendi, S. Moharramipour & A. Zibae. 2015.** Evaluation of *Origanum vulgare* L. essential oil as a source of toxicant and an inhibitor of physiological parameters in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). J. Asia Pac. Entomol. doi: 10.1016 / j.jssas.2015.06.002.
- Nathan, S.S., A. Hisham & G. Jayakumar. 2008.** Larvicidal and growth inhibition of the malaria vector *Anopheles stephensi* by triterpenes from *Dysoxylum malabaricum* and *Dysoxylum beddomei*. Fitoterapia 79: 106-111.

- Ntalli, N.G. & U. Menkissoglu-Spiroudi. 2011.** Pesticides of botanical origin: a promising tool in plant protection. In: Stoytcheva M, editor. Pesticides – formulations, effects, fate. Rijeca: InTech; p. 3-24.
- Oliveira, C.T., D. Kunz, C.P. Silva & M.L. Macedo. 2015.** Entomotoxic properties of *Dioclea violacea* lectin and its effects on digestive enzymes of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera). J. Insect Physiol. 81: 81-89.
- Pandey, A.K. P. Singh & N.N. Tripathi. 2011.** Impact of essential oils on eggs hatchability and feeding activity of pulse beetles. J. Ent. Res. 35: 221-225.
- Park, J.H., J.Y. Yang & H.S. Lee. 2014.** Acaricidal activity of constituents derived from peppermint oil against *Tyrophagus putrescentiae*. J. Food Prot. 77: 1819-1823.
- Pavela, R., 2005.** Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. Fitoterapia 76: 691-696.
- Pavela, R., 2011.** Insecticidal and repellent activity of selected essential oils against of the pollen beetle, *Meligethes aeneus* (Fabricius) adults. Ind. Crop Prod. 34: 888-892.
- Pavela, R., 2012.** Sublethal effects of some essential oils on the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisduval). J. Essent. Oil Bear. Pl. 15: 144-156.
- Politi, F., T. Souza-Moreira, E.R. Rodrigues, G.M. Queiroz, G.M. Figueira, A.H. Januário, J.-M. Berenger, C. Socolovschi, P. Parola & R.C. Pietro. 2013.** Chemical characterization and acaricide potencial of essential oil from aerial parts of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) against engorged adult females of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806). Parasitol. Res. 112: 2261-2268.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized films. Ann. Appl. Biol. 39: 1-29.
- Qin, W., S. Huang, C. Li, S. Cheng & Z. Peng. 2010.** Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper armentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispididae). Pestic. Biochem. Phys. 96: 132-139
- Rattan, R.S., 2010.** Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protec. 29: 913-920.
- Reddy, S.G., S.K. Dolma, R. Koundal & B. Singh. 2015.** Chemical composition and insecticidal activities of essential oils against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Nat. Prod. Res. 11: 1–5.
- Robertson, J.L., R.M. Russell, H.K. Preisler & N.E. Savin. 2007.** Bioassays with Arthropods. Boca Raton, CRC Press, Inc., 224p.

- Sâmia, R.R., R.L. Oliveira, V.F. Moscardini & G.A. Carvalho. 2016.** Effects of Aqueous Extracts of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) on the Growth and Reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotrop. Entomol. doi: 10.1007/s13744-016-0398-6.
- Santos, G.K., K.A. Dutra, R.A. Barros, C.A.G. Camara, D.D. Lira, N.B. Gusmão & D.M. Navarro. 2012.** Essential oils from *Alpinia purpurata* (Zingiberaceae): Chemical composition, oviposition deterrence, larvicidal and antibacterial activity. Ind. Crop Prod. 40: 254-260.
- SAS Institute. 2001.** SAS user's guide: statistics, version 8.2. SAS Institute, Cary, NY.
- Shalan, E., D. Canyon, M.W. Younes, H. Abdel-Wahab, A. Mansour. 2005.** A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. Environ. Int. 31: 1149-1166.
- Silva, J.E., H. Siqueira, T.B. Silva, M.R. Campos & R. Barros. 2012.** Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. Crop Protec. 35: 97-101.
- Silva-Torres, C.S., I.V. Pontes, J.B. Torres & R. Barros. 2010.** New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. Neotrop. Entomol. 39: 835-838.
- Sparks, T.C. & R. Nauen. 2015.** IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. Pestic. Biochem. Physiol. 121: 122-128.
- Suthisut, D., P.G. Fields & A. Chandrapatya. 2011.** Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. J. Stored Prod. Res. 47: 222-230.
- Tak, J.-H., E. Jovel & M. Isman. 2015.** Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. J. Pest Sci. 136: 1-11.
- Tak, J.-H. & M.B. Isman. 2015.** Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia ni*. Scientific Reports, 5: 1-10.
- Teixeira, M.L. M.G. Cardoso, A.C.S. Figueiredo, J.C. Moraes, F.A. Assis, J. Andrade, D.L. Nelson, M.S. Gomes, J.A. Souza & L.R. Albuquerque. 2014.** Essential oils from *Lippia origanoides* Kunth. and *Mentha spicata* L.: chemical composition, insecticidal and antioxidant activities. American J. Plant Sci. 5: 1181-1190.
- Tripathi, A.K., V. Prajatapi, A. Ahmad, K.K. Aggarwal & S.P. Khanuja. 2004.** Piperitenone oxide as toxic, repellent, and reproduction retardant toward malarial vector *Anopheles stephensi* (Diptera: Anophelinae). J. Med. Entomol. 4: 691-698.

- Vandenborre, G., G. Smaghe & E.J.M. Van Damme. 2011.** Plant lectins as defense proteins against phytophagous insects. *Phytochemistry* 72: 1538-1550.
- Vanichpakorn, P., W. Ding & X.-X. Cen. 2010.** Insecticidal activity of five Chinese medicinal plants against *Plutella xylostella* L. larvae. *J. Asia Pac. Entomol.* 13: 169-173.
- Verma, V.C. & P.H. Pathak. 2014.** Effect of *Mentha piperita* (Lamiaceae) leaf oil volatiles on egg hatchability of *Corcyra cephalonica* and its GC-MS analysis. *J. Adv. Zool.* 35: 36-42.
- Wei, H., J. Liu, B. Li, Z. Zhan, Y. Chen, H. Tian, S. Lin & X. Gu. 2015.** The toxicity and physiological effect of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protec.* 76: 68-74.
- Wink, M., 2015.** Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. *Medicines* 2: 251-286.
- Wubie, M., A. Negash, F. Guadie, G. Molla, K. Kassaye & N. Raja. 2014.** Repellent and Insecticidal Activity of *Mentha piperita* (L.) Plant Extracts Against Cabbage Aphid [*Brevicoryne brassicae* Linn . (Homoptera : Aphididae)]. *American-Eurasian J. Scient. Res.* 9:150-156.
- Yan, X.-Z., C.-P. Deng, X.-J. Sun & C. Hao. 2014.** Effects of Various Degrees of Antennal Ablation on Mating and Oviposition Preferences of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* L. *J. Integr. Agric.* 13: 1311-1319.
- Yi, C.-G., M. Kwon, T.T. Hieu, Y.-S. Jang & Y.-J. Ahn. 2007.** Fumigant Toxicity of Plant Essential Oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 10: 157-163.
- Zibae, A. & A.R. Bandani. 2010.** Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on the digestive enzymatic profiles and the cellular immune reactions of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutellaridae), against *Beauveria bassiana*. *B. Entomol. Res.* 100: 185-96.
- Zibae A, 2011.** Botanical Insecticides and Their Effects on Insect Biochemistry and Immunity. *Pesticides in the Modern World - Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment* 55–68.

Tabela 1. Toxicidade letal de clorantranilprole, deltametrina e dos óleos de *Mentha* sobre larvas de terceiro instar de *Plutella xylostella*.

Tratamento	DL ₉₅ ¹ (95%IC µg larva ⁻¹)	DL ₅₀ ² (95%IC ² µg larva ⁻¹)	DL ₂₅ ³ (95%IC µg larva ⁻¹)	Slope ³ (±EP ⁴)	χ ² (gl ⁵)	P ⁶	RT ⁷ (Premio)	RT (Decis)
Chlorantranilprole	1,8 (0,94 - 4,3)	0,03 (0,021-0,037)	0,005 (0,003 - 0,007)	0,9 (±0,09)	12,4 (8)	0,13		
Deltametrina	29,7 (15,33-70,14)	0,9 (0,68 - 1,20)	0,2 (0,15 - 0,28)	1,1 (±0,10)	2,7 (6)	0,84		
<i>Mentha piperita</i>	10,2 (9,3 - 11,5)	5,25 (4,9 - 5,5)	4 (3,7 - 4,27)	5,6 (±0,43)	7,8 (7)	0,35	175	6
<i>Mentha arvensis</i>	20 (16,5 - 26,9)	7,6 (6,52 - 8,65)	5,1 (4 - 6,03)	3,9 (±0,29)	13,2 (7)	0,06	253	8
<i>Mentha spicata</i>	23 (19,4 - 29)	7,9 (7,2 - 8,6)	5,1 (4,4 - 5,7)	3,5 (±0,31)	9,1 (6)	0,17	263	9

¹DL= dose letal.

²IC= intervalo de confiança.

³Slope= inclinação da reta.

⁴EP= erro padrão.

⁵gl= grau de liberdade.

⁶P= probabilidade estatística.

⁷RT= razão de toxicidade.

Tabela 2. Efeito da dose subletal dos óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* sobre o tempo de incubação e eclosão dos ovos de *Plutella xylostella*.

Tratamento	Tempo de Incubação (horas) (\pm EP)	% de Eclosão (\pm EP)
Controle	42,7 (\pm 3,22) ⁴	90 (\pm 15)a
<i>M. arvensis</i> (CL ₂₅) ¹	44,1 (\pm 2,87)a	20 (\pm 21)c
<i>M. piperita</i> (CL ₂₅) ²	42,6 (\pm 3,20)a	40 (\pm 25)b
<i>M. spicata</i> (CL ₂₅) ³	42,7 (\pm 2,72)a	30 (\pm 22)c

¹Concentração subletal (CL₂₅) da espécie *Mentha arvensis* (10,2 mg ml⁻¹).

²Concentração subletal (CL₂₅) da espécie *Mentha piperita* (8 mg ml⁻¹).

³Concentração subletal (CL₂₅) da espécie *Mentha spicata* (10,2 mg ml⁻¹).

⁴Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Dados analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 3. Efeito da dose subletal dos óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* sobre percentual de pupação, peso de pupas, período pupal e emergência de adultos de *Plutella xylostella*.

Tratamento	% de Pupação (% ± EP)	Peso Pupal (mg ± EP ⁴)	Período Pupal (dias ± EP)	% de Emergência de Adultos (% ± EP)
Controle	99 (±0,99)a ⁵	6,4 (±0,11)a	3,8 (±0,03)a	93 (±3,06)a
<i>M. arvensis</i> (DL ₂₅) ¹	86,1 (±3,79)b	6,1 (±0,10)b	3,9 (±0,05)a	92 (±3,12)a
<i>M. piperita</i> (DL ₂₅) ²	97,7 (±1,51)ab	6,5 (±0,06)a	3,9 (±0,04)a	86 (±4,20)a
<i>M. spicata</i> (DL ₂₅) ³	88,7 (±4,58)ab	6,1 (±0,07)b	3,9 (±0,03)a	91(3,41)a

¹Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha arvensis* (5,1 µg larva⁻¹).

²Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha piperita* (4 µg larva⁻¹).

³Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha spicata* (5,1 µg larva⁻¹).

⁴EP = erro padrão.

⁵Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Percentual de pupação e peso de pupas foram analisados pela ANOVA e separados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Período pupal e Percentual de emergência de adultos foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Efeito da dose subletal dos óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* sobre fecundidade, percentual de eclosão, e longevidade dos adultos de *Plutella xylosotella*.

Tratamento	Fecundidade (ovos/fêmea ± EP ⁴)	% de eclosão (± EP)	Longevidade de adultos	
			Fêmea (dias ± EP)	Macho (dias ± EP)
Controle	188,1 (±15,07)a ⁵	90 (±1,31)a	10,4 (±1,13)a	13,3 (±1,49)a
<i>M. arvensis</i> (DL ₂₅) ¹	171,2 (±22,34)a	90 (±3,10)ab	10,4 (±0,79)a	13,8 (±1,25)a
<i>M. piperita</i> (DL ₂₅) ²	183,3 (±11,91)a	90 (±2,42)a	11,0 (±1,15)a	12,6 (±1,13)a
<i>M. spicata</i> (DL ₂₅) ³	157,3 (±27,34)a	80 (±3,00)b	9,3 (±0,62)a	14,5 (±1,43)a

¹Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha arvensis* (5,1 µg larva⁻¹).

²Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha piperita* (4 µg larva⁻¹).

³Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha spicata* (5,1 µg larva⁻¹).

⁴EP = erro padrão.

⁵Letras minúsculas iguais na mesma coluna indica que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Dados de fecundidade foram analisados por ANOVA e separados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Percentual de eclosão e Longevidade de adultos foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 5. Efeito da dose subletal dos óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* sobre sobrevivência, duração e viabilidade larval da prole de *Plutella xylostella*.

Tratamento	Sobrevivência Larval 3º ínstar-Adulto (dia ± EP ⁴)	Viabilidade Larval da Prole (% ± EP)	Duração Larval da Prole (dia±EP)
Controle	7,7 (±0,12)a ⁵	0,7 (±0,00)a	11,9 (±0,23)a
<i>M. arvensis</i> (DL ₂₅) ¹	3,1 (±0,07)b	0,6 (±0,03)b	12,5(±0,27)a
<i>M. piperita</i> (DL ₂₅) ²	4,2 (±0,11)ab	0,6 (±0,06)bc	12,1(±0,23)a
<i>M. spicata</i> (DL ₂₅) ³	3,1 (±0,08)b	0,4(±0,03)c	12,6(±0,4)a

¹Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha arvensis* (5,1 µg larva⁻¹).

²Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha piperita* (4 µg larva⁻¹).

³Dose subletal (DL₂₅) da espécie *Mentha spicata* (5,1 µg larva⁻¹).

⁴EP = erro padrão.

⁵Letras minúsculas iguais na mesma coluna indica que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para análise da sobrevivência foi utilizado o teste Log-Rank.

Dados de viabilidade e duração larval da prole foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais das espécies *Mentha arvensis*, *Mentha piperita* e *Mentha spicata* mostraram um efeito tóxico sobre *Plutella xylostella* bastante interessante. Apesar da menor DL₅₀ dos ingredientes ativos Chlorantraniliprole e Deltametrina, quando comparadas aos resultados dos óleos essenciais das três espécies do gênero *Mentha*, pode-se destacar que o valor do slope foi maior para todos os óleos, mostrando que um menor aumento na dose causou um efeito de mortalidade mais significativo. Todos os óleos afetaram significativamente o percentual de eclosão dos ovos, mostrando serem capazes de controlar *P. xylostella* ainda na fase embrionária, desfavorecendo a existência de larvas, que é a fase responsável por causar as injúrias, e conseqüentemente o dano econômico. A exposição às doses subletais (DL₂₅) dos óleos afetou o percentual de pupação, sobrevivência, peso pupal, percentual de eclosão e viabilidade larval da prole de *P. xylostella*. Apesar de alguns estudos promissores mostrando os efeitos de substâncias botânicas sobre parâmetros biológicos de insetos, esse tipo de estudo ainda é considerado pouco explorado, apresentando muitas vezes resultados pouco conclusivos. Esse trabalho é uma etapa inicial de investigação, onde se deve manter uma continuidade para responder outras questões. Avaliar a toxicidade dos compostos majoritários pode trazer resultados mais conclusivos sobre o real potencial desses óleos para controle de *P. xylostella*.