

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE *Piper* PARA O
CONTROLE DA *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

Milena Larissa Gonçalves Santana

(Sob Orientação do Professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara - UFRPE)

RESUMO

A *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida popularmente como traças-crucíferas, é uma importante praga para os cultivos de brássicas, que devido aos seus danos resultar em perdas econômicas na produção. Sendo assim, o seu controle consiste principalmente na utilização de inseticidas sintéticos, o que pode ocasionar desequilíbrios biológicos, seleção de insetos resistentes. Alternativas de controle tem sido desenvolvidas, entre as quais, temos a utilização de óleos essenciais (OE's). Os óleos essenciais do gênero de *Piper* tem sido bastante pesquisado, sendo promissores como alternativa aos inseticidas sintéticos para o controle de pragas. Portanto, este estudo teve por objetivo avaliar a atividade inseticida através dos bioensaios de toxicidade de larvas e ovos, deterrência, repelência e fitotoxicidade dos óleos de *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii* para o controle da *P. xylostella*, bem como também o inseticida sintético Decis[®] e o inseticida botânico comercial Azamax[®], para efeito de comparação. O óleo de *P. capitarianum* proporcionou os melhores resultados em todos os bioensaios, com as CL₅₀ (0,21 mg mL⁻¹) e (0,60 mg mL⁻¹) para toxicidade larval e ovos, respectivamente; IA₅₀ de 0,70 mg mL⁻¹, sendo mais efetivo que o Azamax[®]; grau de repelência alta a moderada com IR > 1 na CL₂₀ com 24 h, e ainda fitotoxicidade leve. O óleo de *P. krukoffii*, demonstrou ser mais atrativo, com menor efeito deterrente e menor toxicidade para larvas e ovos, podendo ser utilizado com isca. Os óleos

essenciais parecem promissores, mas requer trabalhos posteriores para aquisição de novas informações.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos naturais, controle alternativo, *Piper*, traça-das-crucíferas.

EFFECT OF ESSENTIAL OILS OF SPECIES OF PIPER FOR THE CONTROL OF *Plutella*

xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

MILENA LARISSA GONÇALVES SANTANA

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

ABSTRACT

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), commonly known as diamondback moth, is an important pest of brassica crops, because its damage causes large losses of economic value to producers. Therefore, its control consists mainly in the use of synthetic insecticides, which can cause among others, biological imbalances. Control alternatives have been developed, among them, the use of essential oils (EO's). Essential oils of the *Piper* genus have been extensively researched and are promising as an alternative to synthetic insecticides for pest control. The objective of this study was to evaluate the insecticidal activity of larval and ovicidal toxicity, deterrence, repellency and phytotoxicity of *Piper capitarianum* and *Piper krukoffii* oils for the control of *P. xylostella*, as well as the synthetic insecticide Decis[®] and the commercial botanical insecticide Azamax[®], for comparison purposes. The oil of *P. capitarianum* provided the best results in all bioassays, with CL₅₀ (0.21 mg mL⁻¹) and (0.60 mg mL⁻¹) for larval and ovicidal toxicity, respectively; IA₅₀ of 0.70 mg mL⁻¹, being more effective than Azamax[®]; repellence degree high to moderate with IR > 1 in CL₂₀ at 24 h, and mild phytotoxicity. The oil of *P. krukoffii* showed to be more attractive, with lower deterrent effect and less larval and ovicidal toxicity, and it could be used with bait. Essential oils seem promising but require further work to acquire more information.

KEY WORDS: Natural products, alternative control, *Piper*, diamondback moth.

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE *Piper* PARA O
CONTROLE DA *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

Por

MILENA LARISSA GONÇALVES SANTANA

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 –2019

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE *Piper* PARA O
CONTROLE DA *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

MILENA LARISSA GONÇALVES SANTANA

Comitê de Orientação:

Cláudio Augusto Gomes da Câmara – UFRPE

João Paulo Ramos de Melo – PROCAD/CAPES/UFRPE

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE *Piper* PARA O
CONTROLE DA *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

MILENA LARISSA GONÇALVES SANTANA

Orientador: _____
Cláudio Augusto Gomes da Câmara - UFRPE

Examinadores: _____
Wendel José Teles Pontes - UFPE

Glaucilane dos Santos Cruz - PNP/CAPE

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Geraldo e Luiza por todo apoio,
confiança e incentivo;*

À minha irmã Ana Caroline pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Senhor e meu melhor amigo, por todo seu amor incondicional e por me cercar com a sua bondade. Porque confiei em Ti e vivi Sua vontade, pude ver Seu amor, Seu zelo e Seu agir em mim. Nunca foi sobre mim nem sobre o que posso fazer, é tudo sobre Você, é tudo para Você. Porque dEle, por Ele e para Ele, são todas as coisas. Obrigada Deus, por ser tudo o que preciso!

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A minha família, meus pais Luiza e Geraldo, por todos os esforços para garantir meus estudos e pelos ensinamento de vida e a minha irmã Ana Caroline, pelo apoio incondicional.

Ao professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara pela orientação.

Ao João Paulo, pela co-orientação, de importância fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus professores do PPGEA por todo conhecimento, formação e informações repassadas.

Aos amigos do Laboratório de Investigação Química de Inseticidas Naturais (LABIQUIN), Tamara, Donald pela amizade, apoio, contribuição e pelos momentos de descontração.

Aos amigos do PPGEA de perto e de longe, por cada momento vivido.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	iv
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	5
2 EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE <i>Piper</i> PARA O CONTROLE DA <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE).....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	14
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO.....	21
AGRADECIMENTOS.....	24
LITERATURA CITADA.....	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A família Brassicaceae (Cruciferae), olerícolas de plantas cosmopolitas com relevante importância socioeconômica e fundamental para a alimentação humana se constitui em numerosas espécies de hortaliças cultivadas no Brasil, com destaque para: Brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*); couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*); couve de folhas (*Brassica oleracea* var. *acephala*); rúcula (*Eruca sativa*); repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) (Melo 2016).

A olericultura é uma atividade econômica exercida por grandes e, principalmente, pequenos agricultores no Brasil e no mundo sendo capaz de proporcionar ao agricultor um ótimo retorno econômico; o cultivo de brássicas no Brasil se destaca devido ao grande volume de produção, retorno econômico e valor nutricional das culturas para a saúde humana (Oliveira 2015).

As brássicas, constituem em importantes fontes de vitaminas e minerais, como também fonte de renda para os pequenos agricultores em zonas rurais. Porém, a produção é muitas vezes prejudicada por danos causados por várias pragas (Seif & Nyambo 2013). Entretanto, nas Regiões Norte e Nordeste, as perdas causadas pelas pragas agrícolas podem ser mais expressivas, pois as condições climáticas propiciam um rápido desenvolvimento das populações destes organismos, pois não ocorre interrupção do desenvolvimento, especificamente da praga *Plutella xylostella* (Linnaeus), conhecida popularmente como traça-das-crucíferas, sendo uma das principais pragas de brássicas no Brasil e em mais 80 países (Duarte 2015).

O ciclo de vida da *P. xylostella* desde o ovo até a fase de pupa é de 25 a 30 dias a depender da temperatura e o número de gerações pode variar de acordo com as condições climáticas. Os adultos são microlepidópteros que se alimentam de néctar ou orvalho, tem cerca de 6 mm de comprimento

e vivem entre 12 e 16 dias, os machos possuem coloração branca nas asas, com uma mancha dorsal clara, que quando em repouso tem forma de diamante, dando origem ao nome internacionalmente conhecido “diamondback moth”. As fêmeas tem uma média de produção de 150 ovos. Os ovos têm coloração amarela ou verde pálida e são depositados preferencialmente na superfície inferior da folha, protegidos de raios solares, ventos e chuvas (Talekar & Shelton 1993). A larva apresenta quatro instares, sendo incolor no primeiro instar e verde nas demais, são pequenas e bastante ativas. As lagartas de primeiro instar raspam o tecido foliar, deixando apenas a epiderme superior transparente, em formato de mina. Os instares posteriores consomem todo o tecido foliar, e, quando o ataque é intenso, as folhas ficam com o aspecto rendilhadas. As lagartas em instares finais tecem casulos de coloração branca na face inferior das folhas, e em seu interior se transformam em pupa. A pupação ocorre em um casulo feito com fio de seda, e dura aproximadamente 8,5 dias. (Capinera 2000, Cardoso *et al.* 2010, Duarte 2015, Melo 2017).

Nesse contexto, a principal estratégia de controle adotada pelos agricultores é através da aplicação de inseticidas sintéticos por serem baratos, mais persistentes e agirem rapidamente. Por outro lado, as consequências têm sido desastrosas, com contaminação de organismos não alvo, solo, produtos, lençóis freáticos, intoxicação aos produtores e consumidores (Moraes & Marinho-Prado 2016). Devido à persistência no solo, esses produtos ao entrarem na cadeia alimentar, destroem a diversidade microbiana, contamina lençóis freáticos, causando sérios desequilíbrios ecológicos (Spyrou *et al.* 2009).

Outra problemática associado aos inseticidas químicos é a resistência que os insetos adquirem aos compostos químicos. Resistência pode ser definida como um resultado de uma habilidade pré-adaptativa, onde alguns indivíduos são capazes de tolerar doses tóxicas que são letais a outros (Rosa & Martins 2014). Tem caráter genético e esses indivíduos resistentes aumentam na população, e limitam a eficiência de compostos químicos ao longo do tempo (Moreira *et al.* 2012).

De fato, uma das maiores dificuldades no manejo de *P. xylostella* é a facilidade que essa praga possui em torna-se rapidamente resistente aos inseticidas sintéticos usados. De acordo com Georghiou & Lagunes-Tejada (1991), em 1989, já eram conhecidos mais de 50 inseticidas químicos aos quais *P. xylostella* apresenta resistência, e com a alta capacidade de desenvolver resistência aos inseticidas químicos, essa praga se tornou uma ameaça para a produção de brássicas onde recentemente foi constatado, que populações dessa praga, apresentam sinais de resistência aos inseticidas sintéticos, clorantraniliprole, spinosad, clorfenapir, abamectina e indoxacarb, e que seu uso, deve ser interrompido (Jiang *et al.* 2015, Lima Neto & Siqueira 2017).

Como medida alternativa ao controle químico tem se estudado os produtos naturais derivados de plantas, que apresentam ações inseticidas. Essas substâncias são utilizadas desde as décadas de 30 e 40, porém, foram gradativamente substituídas pelos inseticidas sintéticos, como as substâncias derivadas da piretro, nicotina e rotenona (Corrêa & Salgado 2011). No Brasil, há uma grande diversidade de espécies vegetais que apresentam características inseticidas, podem ser um celeiro para descoberta de inseticidas botânicos, onde seus subprodutos podem ser usados para o controle de pragas em diversas formas (Brito *et al.* 2006).

As plantas possuem habilidades próprias para se defender da herbivoria de insetos fitófagos, tornando-as mais resistentes através de substâncias do metabolismo secundário podendo ser tóxicas, repelentes ou antinutricionais e ainda conter propriedades de efeitos de antibióticos e antixenótica (War *et al.* 2012). A antibiose atua interferindo na fisiologia dos insetos como crescimento, desenvolvimento e fecundidade, já o termo antixenose ou não preferência reduz a infestação e a aceitação de uma planta como hospedeiro (Stout 2013).

O piretro é extraído de flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Linnaeus) sendo o princípio ativo mais antigo utilizado no controle de pragas, é conhecido como piretróide ou piretrinas. Apresenta alta eficiência, baixo poder residual e seu uso é ideal devido sua ação rápida

geralmente associados a ações diretas no sistema nervoso dos insetos; a produção mundial deste inseticida natural aumentou nos últimos anos devido a seus benefícios ambientais. É um dos inseticidas naturais mais seguros e possui muitas áreas de aplicação (Nagar *et al.* 2015). A nicotina apresenta alta toxicidade residual para o homem e ecossistema, sendo extraída de folhas de *Nicotiana tabacum* e utilizada como inseticida desde o séc. 18, porém seu uso tem sido drasticamente reduzido. A rotenona é considerada tóxica a mamíferos e seu princípio ativo vem de plantas conhecidas como timbó, são substâncias mais elaboradas não sendo comercialmente viável, entretanto se utilizada corretamente é inofensiva (Costa *et al.* 1999; Saito 2004; Hirata 1995).

Outro componente de planta bastante utilizado é a azadiractina, proveniente do Nim (*Azadiracta indica*), sendo reconhecida por suas propriedades inseticidas. O primeiro registro científico descrito do nim anti-alimentar foi realizado em 1952 por Heinrich Schmutterer, onde constatou que gafanhotos do deserto (*Schistocerca gregaria*) recusaram se alimentar do nim. Além do efeito anti-alimentar possui ação de repelência, reguladora de crescimento, inseticida, acaricida, fungicida e nematicida. Não causa a morte imediata, mas afeta a fisiologia, a ecdise e desenvolvimento (Mordue (Luntz) & Nisbet 2000).

Esses produtos, oriundos do metabolismo secundário das plantas podem ser uma opção viável na substituição dos produtos sintéticos no manejo integrado de pragas, por serem menos agressivos ao ambiente e menos persistentes (Moraes & Marinho-Prado 2016).

Óleos essenciais são subprodutos do metabolismo de plantas que são bastantes conhecidos por interferirem nas funções metabólicas, fisiológicas e comportamentais básicas dos insetos, tendo assim a promessa de uso como agentes de controle de pragas (Kumrungsee *et al.* 2014). Nos últimos anos, o uso de óleos essenciais (OE's), como inseticidas de baixo risco, aumentou consideravelmente, entre produtores orgânicos e consumidores ambientalmente conscientes (Regnault-Roger *et al.* 2012).

O gênero *Piper* é o mais importante membro da família Piperaceae, onde são conhecidas aproximadamente 1000 espécies distribuídas nas regiões tropicais e temperadas, e aproximadamente 266 espécies podem ser encontradas no Brasil (Scott et al., 2008; Austran et al., 2009). A grande variedade de compostos vegetais secundários encontrados em espécies de piperáceas sugerem potencial para atividade inseticida, sendo então, muitas variedades utilizadas no controle tradicional de insetos fitófagos, vetores de doenças, e em pragas de grãos armazenados (Scott et al. 2008; Souza, 2011; Oliveira *et al.* 2013). A espécie de *P. nigrum* é a mais popular e estudada em todo o mundo, como também e mais recentemente, as espécies de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* (Souza 2011).

A utilidade destas plantas para o controle de pragas não se limita na utilização de suas substâncias e extratos. Mas essas substâncias ativas podem ser utilizadas como modelos para síntese de novos princípios ativos (Saito 2004).

O objetivo desse estudo é investigar o potencial inseticida dos óleos de *Piper capitarianum* e *P. krukoffii* em larvas de terceiro ínstar de *P. xylosteslla* quanto a fitotoxicidade, toxicidade larval e de ovos, deterrência e repelência.

Literatura Citada

- Austran, E.S, I.A. Neves, C.S.B. Silva, G.K.N. Santos, C.A.G. Câmara & D.M.A.F. Navarro. 2009.** Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). Bioresour. Technol. 100: 2284–2288.
- Brito, J.P., J.E, M. Oliveira & S.A. Bortoli. 2006.** Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus spp.* sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). Rev. Biol. Ciênc. Terra. 6: 96-103.
- Capinera, J.L. 2000.** Diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae). Entomology and Nematology Department, EENY-119, UF/IFAS Extension, 4p.
- Cardoso, M.O., A.M.S.R. Pamplona & M.M. Filho. 2010.** Recomendações técnicas para o controle de lepidópteros-praga em couve e repolho no Amazonas. Manaus. Embrapa Amazônia Ocidental, 15p. (Circular Técnica 35).

- Corrêa, J.C.R. & H.R.N. Salgado. 2011.** Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. Rev. bras. plantas med. 13: 500-506.
- Costa, J.P.C., S.M. Alves & M. Bélo. 1999.** Teores de rotenona em clones de timbó (*Derris* spp. Fabaceae) de diferentes regiões da Amazônia e seus efeitos na emergência de imagos em *Musca domestica* L. Acta Amaz. 29: 563-573.
- Duarte, R.T. 2015.** Virulência de micro-organismo à *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e compatibilidade com inseticidas. Tese de Doutorado. Unesp, Jaboticabal-SP. 137p.
- Georghiou, G.P. & A. Lagunes-Tejada. 1991.** The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome: FAO, 318p.
- Hirata, R. 1995.** Piretróides: Estrutura química – Atividade biológica. Quim Nova 18:368-374.
- 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.
- Lima Neto, J. E. & H.A.A. Siqueira. 2017.** Selection of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) to chlorfenapyr resistance: Heritability and the number of genes involved. Rev. Caatinga 30: 1067-1072.
- Jiang, T., S. Wu, T. Yang, C. Zhu & C. Gao. 2015.** Monitoring field populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) for resistance to eight insecticides in China. Fla. Entomol. 98: 65-73.
- Melo, J.P.R. 2017.** Produtos formulados a base de óleos essenciais para o manejo de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) resistentes ao ingrediente ativo deltametrina. Tese de Doutorado. UFRPE, Recife, 109p.
- Melo, R.A. C., N.R. Madeira & C.E.P. Lima. 2016.** Produção de brássicas em Sistema de Plantio Direto. Brasília-DF, Embrapa Hortaliças 15p. (Circular Técnica 151).
- Moraes, L.A.S. de & J.S. Marinho-Prado. 2016.** Plantas com atividade inseticida, p.542-593. In: Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas. Brasília. Embrapa Meio Ambiente, 853p.
- Mordue (Luntz), A.J. & A.J. Nisbet. 2000.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. An. Soc. Entomol. Brasil 4: 615-632.
- Moreira, M.F., J.F. Mansur & J.F. Mansur. 2012.** Resistência e inseticidas: Estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos. Rio de Janeiro, INCT-EM, 23p.
- Nagar, A., A. Chatterjee, L.U. Rehman, A. Ahmad & S. Tandon. 2015.** Comparative extraction and enrichment techniques for pyrethrins from flowers of *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Ind. Crops Prod. 76: 955-960.

- Oliveira, G.L., S.K. Cardoso, C.R.L. Júnior, T.M. Vieira, E.F. Guimarães, L.S. Figueiredo, E.R. Martins, D.L. Moreira & M.A.C. Kaplan. 2013.** Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). An. Acad. Bras. Ciênc. 85: 1227-1234.
- Oliveira, R.M. 2015.** Produção da cultura do brócolis e da couve-flor com diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. Dissertação de Mestrado. UFV, Viçosa, 74p.
- Regnault-Roger, C., C. Vincent & J.T. Arnason. 2012.** Essential Oils in Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. Annu. Rev. Entomol. 57: 405-424.
- Rosa, A.P.S.A., J.F. S. Martins. 2014.** Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas na cultura do milho: Situação atual. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 18p.
- Saito, M.L. 2004.** As plantas praguicidas: Alternativa para o controle de pragas da agricultura. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2004. 4p.
- Scott, I.M., H.R. Jensen, B.J.R. Philogène & J.T. Arnason. 2008.** A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. Phytochem. Rev. 7: 65–75.
- Seif, A.A. & B. Nyambo. 2013.** Integrated pest management for *Brassica* production in East Africa: A Guidebook. SciTech Publishers. 88p.
- Souza, E.P.S. 2011.** Bioatividade do óleo essencial de *Piper tuberculatum* (Jacq.) sobre o percevejo-vermelho-do-caupi *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (Hemiptera: Coreidae). Dissertação de Mestrado. UFPI. Teresina. 62 p.
- Spyrou, I.M., D.G. Karpouzias & U. Menkissoglu-Spiroudi. 2009.** Do Botanical Pesticides Alter the Structure of the Soil Microbial Community? Microb. Ecol. 58: 715–727.
- Stout, M.J. 2013.** Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. Insect Sci. 20: 263-272.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275-301.
- Villas Bôas, G.L., M. Castelo Branco, M.A. Medeiros, R.G. Monnerat & F.H. França. 2004.** Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas e impactos sobre a população natural de parasitoides. Hortic. Bras. 22: 696-699.
- War, A.R., M.G. Paulraj, T. Ahmad, A.A. Buhroo, B. Hussain, S. Ignacimuthu & H.S. Sharma. 2012.** Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Pl. Signal Behav. 7: 1306-1320.

CAPÍTULO 2

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE *Piper* PARA O CONTROLE DA *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)¹

MILENA L.G. SANTANA², TAMARA T.B. LEAL²; JOÃO P.R. MELO²; CLÁUDIO A.G. CÂMARA³

² Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³ Departamento de Química – Produtos Naturais, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos 52171-900, Recife, PE, Brasil.

¹Santana, M.L.G., T.T.B. Leal, J.P.R. Melo & C.A.G Câmara. Efeito inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* para o controle da *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). A ser submetido.

RESUMO – O controle químico é o principal método utilizado para *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Noctuidae), o que pode ocasionar diversos problemas devido ao uso intensivo e irracional destes. Como alternativa tem-se utilizado substâncias derivadas de plantas, como por exemplo, os óleos essenciais (OEs). Portanto, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito inseticida dos OEs de *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii* para o controle de *P. xylostella*. Foram testados os bioensaios de toxicidade larval e ovicida, deterrência, repelência e fitotoxicidade, onde foram utilizados nos experimentos larvas de 3^o instar. Para o controle positivo foram utilizados o inseticida sintético Decis[®] e o inseticida botânico comercial Azamax[®]. O óleo de *P. capitarianum* proporcionou os melhores resultados em todos os bioensaios, com as CL₅₀ (0,21 mg mL⁻¹) e (0,60 mg mL⁻¹) para toxicidade larval e ovicida, respectivamente; IA₅₀ de 0,70 mg mL⁻¹, sendo mais efetivo que o Azamax[®]; grau de repelência alta a moderada com IR > 1 na CL₂₀ com 24 h, e ainda fitotoxicidade leve. O óleo de *P. krukoffii*, apresentou ser mais atrativo, com menor efeito deterrente e menor toxicidade larval e ovicida, podendo ser utilizado com isca. Os óleos essenciais parecem promissores, mas requer trabalhos posteriores para obtenção de novas informações.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-das-crucíferas, controle alternativo, inseticidas naturais

EFFECT INSECTICIDE OF ESSENTIAL OILS OF *Piper* SPECIES FOR THE CONTROL OF
Plutella xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

ABSTRACT – Chemical insecticides is the main control tool used against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), which can cause several problems due to the intensive and irrational use of these. As an alternative has been used of substances derived from plants, such as the use of essential oils (EOs). Therefore, the objective of this study was to evaluate the insecticidal effect of EOs of *Piper capitarianum* and *Piper krukoffii* for the control of *P. xylostella*. The bioassays of larval and ovicidal toxicity, deterrence, repellency and phytotoxicity were tested, where the 3rd instar larvae were used for the positive control, using the synthetic insecticide Decis® and the commercial botanical insecticide Azamax®. The oil *P. capitarianum* provided the best results in all bioassays, with CL_{S50} (0.21 mg mL⁻¹) and (0.60 mg mL⁻¹) for larval and ovicidal toxicity, respectively; IA₅₀ of 0.70 mg mL⁻¹, being more effective than Azamax®, repellency degree high to moderate with IR > 1 in CL₂₀ at 24 h, and mild phytotoxicity. The oil of *P. krukoffii* showed to be more attractive, with lower deterrent effect and less larval and ovicidal toxicity, and it could be used with bait. Essential oils appear promising but require further work to obtain new information.

KEY WORDS: Diamondback moth, alternative control, natural insecticides

Introdução

Brassicaceae abrange numerosas espécies de hortaliças de grande valor econômico, nutricional, tais como couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.), repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), couve-flor (*B. oleracea* L. var. *botrytis* L.), brócolis (*B. oleracea* L. var. *itálica*) (Melo 2016).

A *Plutella xylostella* (L.) conhecida popularmente como traça-das-crucíferas, um microlepidóptero é a principal praga e uma verdadeira ameaça de fator limitante para os cultivos de brássicas e está distribuída em todos os continentes (Fathipour & Mirhosseini 2017).

A *P. xylostella* apresentam quatro instares larvais na sua forma jovem, sendo que no primeiro instar minam as folhas onde se alimentam do parênquima por dois ou três dias, e conseqüentemente passando a se alimentar da epiderme. Tecem um casulo de seda para concluir seu desenvolvimento larval, geralmente na face inferior das folhas. Atacam tanto folhas novas como folhas velhas, interrompendo o crescimento da planta, e conseqüentemente o produto final. O adulto apresenta no dorso um desenho que remete a um diamante esculpido, e não causam danos diretos às plantas (Medeiros *et al.* 2003, Czepak *et al.* 2005, Marchioro 2011).

A técnica mais utilizada para o controle desta praga em brássicas tem sido o químico, pois apresenta resultados rápidos e eficientes em reduzir os prejuízos ocasionados pela praga. Entretanto, o uso indiscriminado e contínuo destes produtos, pode acarretar sérios riscos a organismos não alvos, como outros mamíferos e também ao homem, e ainda contaminação do ambiente, redução populacional de inimigos naturais, surgimento de pragas secundárias, bem como a resistência (Castro 2007, Carvalho 2008).

Na busca por alternativas para manejo de pragas, os produtos naturais de plantas com ações inseticidas, oriundos do metabolismo secundário, vêm sendo bastante explorado em pesquisas para o uso no controle de pragas. São acumulados em ínfimas e diferentes quantidades nos tecidos

vegetais com diversas funções específicas (Boiça Júnior *et al.* 2005, Castro 2007, Jesus *et al.* 2011; Boiça Júnior *et al.* 2013).

As vantagens que apresentam são inúmeras e significativas em relação ao método convencional, como por exemplo, não contaminam o ambiente, não deixam resíduos, são menos persistentes, baixa toxicidade e o desenvolvimento da resistência é lento, pois sua estrutura apresenta misturas complexas de moléculas (Moraes & Marinho-Prado 2016).

Espécies da família Piperaceae, onde o gênero *Piper* com mais de 700 espécies, com valor comercial, medicinal e econômico, tem apresentado destaque, e em sua constituição substâncias como lignanas, neolignanas, amidas e alguns precursores como os flavonóides, são usadas pelas plantas na defesa contra a herbivoria (Miranda *et al.* 2002, Castro 2007).

O metabolismo secundário das piperáceas apresenta-se como um dos mais versáteis das famílias botânicas conhecidas. Os principais compostos voláteis identificados no gênero *Piper* são os hidrocarbonetos monoterpênicos, monoterpênicos oxigenados, hidrocarbonetos sesquiterpênicos, sesquiterpenóides oxigenados e altas quantidades de fenilpropanóides (Silva *et al.* 2017).

Relatos tem sido apresentado sobre o uso de algumas espécies do gênero *Piper* como inseticida, sobre hemípteros (Silva *et al.* 2007, Piton *et al.* 2014); lepidópteros (Miranda *et al.* 2002, Fazolin *et al.* 2006, Lima *et al.* 2009), dípteros (Rafael *et al.* 2008, Costa *et al.* 2010, Oliveira *et al.* 2013, Santana *et al.* 2015); Coleópteros (Estrela *et al.* 2006, Pereira *et al.* 2008). Como exemplo, o óleo rico em dilapiol, obtido de plantas de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) que atua no processo detoxificativo dos insetos por possuir uma associação de lignanas ao grupo metilenodioxifenil, tratando-se de uma importante característica das piperáceas, considerada inibidora de monoxigenases do citocromo P450 (Fazolin *et al.* 2016).

Assim, em nosso trabalho objetivou determinar a composição química e o potencial inseticida dos óleos essenciais de *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii*, sobre *P. xylostella*, avaliando seus

efeitos na toxicidade, deterrência alimentar e fitotoxicidade dos óleos sobre a planta hospedeira. Os resultados foram comparados com azadiractina em formulação comercial e deltametrina, usados como controle positivo.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Investigação Química dos Inseticidas Naturais (LABIQIN) do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de Agosto de 2017 a Dezembro de 2018.

Obtenção dos Óleos Essenciais e Inseticidas: Foram utilizados óleos essenciais (OEs) das espécies *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii*, coletados de Manaus-AM. Todos os OEs foram armazenados sob refrigeração em recipientes de vidros âmbar vedados antes dos estudos. Os inseticidas com ingrediente ativo (i.a.) azadiractina (Azamax[®] 12 g i.a./L C.E., E.I.D. Parry) e deltametrina (Decis[®] 25 g i.a./L C.E., Bayer CorpScience) foram adquiridos em lojas especializadas em produtos agropecuárias da cidade de Recife/PE.

Análise e Identificação Química dos Constituintes do Óleo Essencial: A análise química por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) dos OEs foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Adams (2007), respectivamente, na Central Analítica do Departamento de Química da UFRPE. Os compostos químicos dos óleos essenciais foram identificados com auxílio do CG/EM Variam 220-MS It Mass Spectrometer equipado com coluna de capilaridade com sílica fundida (30m x 0,25mm x 0,25µm) com temperatura da coluna foi programada para 60°C até 240 à 3°C min⁻¹. As temperaturas do injetor e detector foram de 240°C e 260°C, respectivamente e o carreador gasoso foi o hélio, fluxo de 1,0 mL min⁻¹, (1:30) e o espectro

de massa foi obtido à 70eV. A identificação dos constituintes dos óleos essenciais foi realizada com base na comparação dos índices de retenção calculados com os disponíveis na literatura, seguida pela comparação do fragmentograma de padrões de massas reportados na literatura e comparado com as sugestões de massas disponíveis na biblioteca do computador (Wiley, com 250.000 compostos). O índice de retenção foi obtido aplicando uma amostra do óleo essencial com mistura de hidrocarbonetos lineares C₁₁-C₂₄ (índice de retenção variando de 850 a 2199, variação obtida por extrapolação).

Criação de *Plutella xylostella*: A população de *P. xylostella* foi obtida da criação do Laboratório de Investigações Químicas de Inseticidas Naturais do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os adultos foram confinados em gaiolas plásticas transparentes retangulares (20 cm x 10 cm x 15 cm) com abertura lateral fechada com voil para ventilação. Dentro das gaiolas, folhas de couve foram oferecidos para oviposição, sobrepostos a um papel de filtro e estes sobre esponjas de igual tamanho, embebidas em água. Foi oferecido mel a 10% diluído em água em pedaços de algodão colocados dentro das gaiolas de criação como alimento para os adultos. Os discos contendo as posturas foram transferidos para recipientes plásticos retangulares (15 x 10 x 8 cm) com abertura na tampa, fechada com tecido voil para ventilação. Após a eclosão das larvas, diariamente, foram oferecidas folhas frescas de couve orgânica até a formação das pupas. Estas foram coletadas e mantidas em recipiente coberto com filme plástico PVC contendo pequenas perfurações para permitir trocas gasosas, até a emergência dos adultos, e então transferidos para as gaiolas de criação. As folhas de couve foram lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% e posta para secarem, antes de serem oferecidas as larvas e adultos de *P. xylostella*, a fim de evita uma possível ação de patógenos sobre a população da traça das crucíferas.

Teste de Fitotoxicidade dos Óleos Essenciais. Com o objetivo de testar a fitotoxicidade dos óleos essenciais das espécies estudadas, realizaram-se testes preliminares para identificação das

concentrações fitotóxicas. A metodologia foi adaptada de Torres *et al.* (2006), na qual discos de folha de couve de cinco centímetros de diâmetro foram imersos por 10 segundos nas soluções preparadas com óleo essencial puro diluído em soluções aquosa (controle negativo) contendo 1,0% de Dimetilsulfóxido (DMSO), 0,1% de Ácido Dodecilbenzeno Sulfônico e água destilada e em seguida postos para secar em temperatura ambiente. Após 48 h, avaliaram-se os níveis dos índices do fitotoxicidade em cada disco de folha.

Esta avaliação foi realizada por meio do programa AFSOFT da EMBRAPA (Silva & Jorge 2009) que realiza análises em lotes de imagens para classificar os padrões encontrados nas folhas, tomando por base as plantas sem aplicação do formulado, sendo posteriormente, atribuídas os critérios da Escala de Fitotoxicidade de Alvez *et al.* (1974) (modificada, sendo 0,00 - 4,90% = Pequena; 5,00 - 14,99% = Leve; 15,00 - 29,99% = Aceitável; 30,00 - 39,99 % = Limite aceitável; 40,00 - 100,00% = Severo). O índice de fitotoxicidade (IF) foi calculado segundo a fórmula: $IF = AT\% - AS\%$, onde AT% e AS% são as áreas total e sádia nos discos, respectivamente.

Bioensaio de Toxicidade de óleos essenciais sobre larvas *Plutella xylostella*: A técnica utilizada para determinar a toxicidade das larvas foi a mesma utilizada por Melo (2017), onde discos de folha de couve (5 cm de diâmetro) foram mergulhados durante 10 segundos em 20 ml de diferentes concentrações de solução do produto avaliado (óleo essencial e controle positivos) diluídas em 1% de dimetilsulfóxido, 0,1% de Ácido Dodecilbenzeno Sulfônico e água destilada (controle negativo). Colocou-se para secar durante 30 minutos à temperatura ambiente. Após a secagem, dez larvas de terceiro instar de *P. xylostella* foram transferidas para cada disco de folha e a mortalidade registrada 48 h após a exposição. Seis repetições por tratamento foram realizadas, correspondendo a 120 larvas. Para verificar os efeitos da toxicidade do formulado, os resultados foram comparados com controle positivo de um inseticida químico (i.a. deltametrina) e um inseticida botânico (i.a. azadiractina), além do controle negativo (água destilada, DMSO e ácido dodecilbenzeno sulfônico).

A fim de determinar o intervalo de concentrações resultantes de mortalidades superiores e inferiores a 0 e 100%, respectivamente, utilizou diluições seriais, conforme metodologia proposta por Finney (1971) para determinação de concentrações letais para cada, tratamento. As concentrações utilizadas variaram de 0,0035 a 1,90 mg mL⁻¹ de *P. capitarianum*, 1,02 a 20,50 mg mL⁻¹ de *P. krukoffii*, 0,003 a 0,20 mg mL⁻¹ de Decis[®] e 0,003 a 0,20 mg mL⁻¹ de Azamax[®] e colocado para secagem em temperatura ambiente.

Bioensaio de Toxicidade Ovos: Foram formados 10 casais recém-emergidos de *P. xylostella* em recipientes telados contendo um disco de couve com oito centímetros de diâmetro por 72 h para efetuarem oviposição. Os discos foram trocados no intervalo de 1-6 horas, duas vezes ao dia. Cada disco foi contado o número de ovos e utilizado 40 a 60 ovos por concentração, os quais foram imersos (Torres *et al.* 2006) nas concentrações de solução do produto avaliado (óleo essencial e controle positivo) diluídas em 1% de dimetilsulfóxido, 0,1% de Ácido Dodecilbenzeno Sulfônico e água destilada (controle negativo). A secagem dos discos foi à temperatura ambiente por 30 minutos. Os discos foram dispostos sobre papel de filtro, sobrepostos numa esponja saturada em água, no interior de bandejas plásticas, à temperatura de 25 ± 1°C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12h. As concentrações utilizadas variaram de 0,01 a 0,25 mg mL⁻¹ de *P. capitarianum*, 0,5 a 6 mg mL⁻¹ de *P. krukoffii*, 0,005 a 0,25 mg mL⁻¹ (Azamax[®]) e 0,003 a 1,5 mg mL⁻¹ (Decis[®]).

A viabilidade de ovos foi avaliada após 96 h da aplicação dos tratamentos mediante contagem do número de larvas eclodidas. Os dados de mortalidade foram analisados pelo modelo Probit (Finney 1971) por meio do Sistema SAS para Windows versão 9.00 (SAS Institute 2001) para determinar os valores de CL₅₀ e CL₉₀, com intervalos de confiança de 95%.

Bioensaio de Deterrência Alimentar: Larvas de terceiro instar foram transferidas para placas de Petri e privadas de alimento durante 4 h antes dos experimentos. Discos de folhas de couve de 2,0 cm de diâmetro foram imersos nas soluções preparadas, óleo essencial puro e Azamax[®] diluído em

DMSO, 0,1% de Ácido Dodecilbenzeno Sulfônico e água destilada por 10 segundos e postos para secar durante 30 minutos à temperatura ambiente. Os discos controle foram imersos apenas em água destilada. Após a secagem, um disco tratado e um controle foram colocados separados a uma distância de 2,0 cm em cada placa de Petri de 9 cm de diâmetro. Uma larva foi colocada equidistante (1,0 cm) entre os discos tratados e controle de cada placa de Petri para se alimentar por 24 h. Foram realizadas 10 repetições por tratamento, sendo cada repetição uma placa de Petri. Após 24 h de exposição, as larvas foram removidas e as áreas foliares consumidas nos discos controle e tratamento foram avaliadas com auxílio do medidor de área foliar Licor-3100 que apresenta alta precisão e repetibilidade com resolução de leitura variando de 0,1 a 1mm². Após verificar o consumo alimentar foi realizado a análise do Índice de Deterrência Alimentar (IDA), calculado segundo a fórmula: $IDA = 100\{(C - T) / (C + T)\}$, onde C e T são as áreas consumidas nos discos controle e tratados, respectivamente. As concentrações utilizadas variaram de 0,01 a 0,35 mg ml⁻¹ de *P. capitarianum*, 1,2 a 9,59 mg mL⁻¹ de *P. krukoffii* e 0,01 a 0,97 mg mL⁻¹ (Azamax®). A metodologia para análise do IDA foi adaptada de Akhtar et al. (2012) e descrita anteriormente para análise do consumo alimentar. Os dados do IDA foram analisados pelo modelo Probit (Finney 1971) por meio do Sistema SAS para Windows versão 9.00 (SAS Institute 2001) para determinar os valores de DA₅₀ com intervalos de confiança de 95%. Os resultados obtidos foram comparados com o controle positivo, o inseticida botânico comercial, que apresenta azadiractina como ingrediente ativo.

Bioensaio da Atividade Repelente. O método para determinar a atividade repelente foi adaptado da proposta de Akhtar *et al* (2012), por meio de bioensaios de chance de escolha, onde discos de folhas de couve de 2,2 cm de diâmetro foram imersos durante 10 s em 20 ml de soluções contendo diferentes concentrações dos formulados a base de óleos essenciais. Após ser colocado para secar por 30 minutos à temperatura ambiente, um disco tratado foi colocado a uma distancia de 2,0 cm

de um disco não tratado (imerso em água destilada por 10 s) em placa de Petri de 9,0 cm de diâmetro. As larvas de *P. xylostella* no início do terceiro instar foram colocados a 1,0 cm distancia entre os dois discos (tratado e controle) em cada placa de Petri. As larvas de terceiro instar foram privadas de alimento durante 4 h antes dos experimentos. Foram utilizadas concentrações subletais (CL₅, CL₁₀, CL₁₅ e CL₂₀) obtidas da curva de mortalidade.

A avaliação do efeito repelente foi registrado 1, 2, 4, 6, 12 e 24 h após a exposição, onde foi anotado o número de lagartas presentes nos tratamentos e controle. O Índice de repelência foi calculado pela fórmula $IR = 2G / (G + P)$, onde IR= Índice de repelência; G = % de larvas encontradas no disco tratado com os óleos e controle positivo; P = % de larvas no disco apenas com água destilada. Os valores de IR variam entre zero e dois, indicando: IR = 1, ação neutra; IR > 1, ação atrativa e IR < 1, ação repelente (Mazzonetto & Vendramim 2003). Para classificar o grau de repelência dos óleos essenciais e controle positivo sobre as larvas de *P. xylostella*, utilizou a escala de intensidade de repelência baseados nos índices de Mazzonetto & Vendramim (2003).

Resultados

Análise e Identificação Química dos Constituintes do Óleo Essencial: Os compostos químicos majoritários encontrados nos óleos essenciais de *P. capitarianum* e *P. krukoffii* estão desmonstrado na Tabela 1. *P. capitarianum* apresentou maior concentração de terpenos como o-Cimeno com concentração de 40,74%; seguido por Deidro-Aromadendreno com concentração de 12,32% e β-Chamigreno com 9,96%. Para *P. krukoffii* o composto majoritário Globulol apresenta maior concentração com 17,54%; seguido por 4-epi-cis-Dihydroagarofuran com concentração de 12,25%, bem como o γ-Muuroleno com concentração de 11,03%.

Bioensaio de Fitotoxicidade: De acordo com a Escala de Fitotoxicidade de Alvez et al. (1974) os resultados encontrados dos óleos de *P. capitarianum* e *P. krukoffii* apresentaram efeito fitotóxico

variando em leve e aceitável, com 9,83% e 16,68%, respectivamente, em relação ao Azamax[®] e o Decis[®], que apresentaram fitotoxicidade com limite aceitável a severo, respectivamente (Fig. 1). Na testemunha e controle negativo, não foi observado fitotoxicidade nos discos de folhas.

Bioensaio de Toxicidade de óleos essenciais sobre larvas *Plutella xylostella*: Os óleos de *Piper* e os inseticidas botânico e sintético, apresentaram efeitos tóxicos para larvas de *Plutella xylostella* de 3º ínstar, após 48 h de exposição. As concentrações letais encontradas são demonstradas na Tabela 2, assumindo modelo de Probit. Houve diferença significativa dos óleos entre si, mostrando diferentes respostas, em relação a CL₅₀ e CL₉₀, onde as larvas apresentaram maior toxicidade ao óleo de *P. capitarianum* (0,21 mg mL⁻¹) e menor toxicidade ao óleo de *P. krukoffii* (6,37 mg mL⁻¹). Em relação ao inseticida sintético Decis[®], que tem como princípio ativo a deltrametrina e o óleo de *P. capitarianum*, as concentrações letais se apresentaram mais tóxica para o óleo. Não houve diferenças entre os controles positivos.

Bioensaio de Deterrência Alimentar: A ação de deterrência alimentar do óleo de *P. capitarianum* capaz de reduzir a alimentação de 50% da população foi a menor comparado a azadiractina, sendo 0,70 e 0,15 mg mL⁻¹ respectivamente, demonstrando ser mais efetivo que o inseticida botânico comercial. O óleo de *P. krukoffii* apresentou menor efeito deterrente em relação a *P. capitarianum* e o Azamax[®].

Bioensaio de Toxicidade Ovicida: O óleo de *P. capitarianum* e a deltametrina não apresentaram diferença significativa para a CL₅₀, sendo 0,60 e 0,70 mg mL⁻¹, respectivamente. Os ovos de *P. xylostella* demonstrou ser menos tóxicos ao óleo de *P. krukoffii* (2,68 mg mL⁻¹). A azadiractina mostrou melhor CL₅₀ (0,03 mg mL⁻¹) causando maior mortalidade ovicida. De modo geral, utilizou-se menor quantidade dos óleos, deltametrina e azadiractina.

Bioensaio da Atividade Repelente: O óleo essencial de *P. capitarianum* mostrou grau de repelência alta a moderada nas CL₅, CL₁₀, CL₁₅ e CL₂₀ apresentando variações com o passar das horas para *P.*

xylostella, somente apresentando atratividade, onde o $IR > 1$ na CL_{20} com 24 h. (Fig. 2). O óleo de *P. krukoffii* apresentou repelência fraca nas primeiras horas, porém na maior parte do tempo foi atrativo (Fig. 3). O Azamax[®] demonstrou resposta atípica sendo atrativo em todas as CLs apresentando sempre $IR > 1$ (Fig. 4).

Discussão

O composto majoritário o-cymeno encontrado em *P. capitarianum* também é encontrado nas espécies de *P. aleyreanum* em concentração de 2% além do Globulol encontrado em *P. aleyreanum*, *P. anonifolium* e *P. hispidum* em concentrações de 1,4%, 0,4%, 0,6%, respectivamente (Silva *et al.* 2014). De acordo com da Silva *et al.* (2011) os principais constituintes encontrados no óleo essencial de folhas e galhos de *P. krukoffii*, coletados na Floresta Nacional de Carajás no Estado do Pará foram, miristicina 40,3% e apiole 25,3%, seguidos de elemicina 2,8%, outros dois compostos pertencentes à mesma via biossintética, dillapiole 0,6% e metileugenol 0,2%, também foram encontrados, mas em quantidades inferiores. A composição química dos óleos essenciais originados de plantas da mesma espécie podem sofrer variação dependendo dos fatores ambientais, dos locais e períodos de coleta (Melo 2017).

De acordo com Bandeira (2009), larvas recém-eclodidas de *P. xylostella* mostraram-se sensíveis quando expostas ao óleo de *Piper marginatum* apresentando mortalidade acima dos 80% na maior concentração do óleo que foi de 4 ppm. Segundo Sanini *et al.* (2017) o bioensaio de ingestão usando o óleo essencial de *P. aduncum* para larvas de terceiro ínstar de *C. includens* (Lepidoptera: Noctuidae) atingiu a mortalidade de 90% para a maior concentração, que foi de 8% nas primeiras 24 horas após a aplicação; os autores justificam que essa mortalidade pode estar associada a presença do fenilpropanóide dillapiole nas folhas de *P. aduncum*.

Os valores das CL_{50} e CL_{90} para o teste com ovos apresentaram uma maior toxicidade em comparação ao de larvas, mesmo apresentando estrutura, permeabilidade e o número de camadas vitelínica do ovo diferentes do tegumento larval, o que sugere uma facilidade de transposição dos óleos na camadas protetoras do ovo, provocando alta mortalidade e conseqüentemente, o número de ovos viáveis.

Em outro caso demonstrado por Piton *et al.* (2014), onde o potencial inseticida a base de extrato de folhas de *P. aduncum* para o controle do percevejo *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), tornou inviável mais de 70% dos ovos imersos em todas as concentrações maiores que 1%, diferenciando do bioensaio de contato com apenas 19% dos ovos inviabilizados. Conforme Zhong *et al.* (2017), a azadiractina também se mostrou tóxica para ovos de *Tirathaba rufivena* (Lepidoptera: Pyralidae), bem como afetando as larvas neonatais de ovos também tratados. De acordo com Correia *et al.* (2012) a viabilidade dos ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) foi reduzida pelos tratamentos com azadiractina e deltametrina, mesmo em concentrações baixas.

Na maioria dos casos, a atividade ovicida está diretamente proporcional ao aumento da concentração da solução, atuando de duas formas: física e química. Fisicamente, quando o óleo entra em contato com a superfície do ovo impedindo as trocas gasosas entre o embrião e o ambiente externo, através do córion e da micrópila; e quimicamente, quando os óleos exibem diferentes padrões de toxicidade, causando a mortalidade (Krinski *et al.* 2018).

A redução do consumo foliar também foi constatada por Lima *et al.* (2009) onde foi utilizado o óleo essencial da espécie de *P. hispidinervum* em lagartas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), em que na avaliação de 24h a CD_{50} foi de 8,1 mg/mL, na avaliação de 48h aumentou para 13,9 mg/mL; os autores explicaram esse aumento devido as larvas consumirem mais para tentar superar o efeito deterrente, e após 96h houve novamente uma diminuição 7,2 mg/mL. Plantas desta família são ricas nos fenilpropanóides safrol, dilapiol e sarisan, compostos presentes nos óleos

essenciais *P. hispidinervum* e *P. aduncum* que possuem comprovada ação inseticida (Pinto *et al.* 2012).

Apesar do óleo de *P. capitarianum* apresentar melhor IA₅₀ em relação ao Azamax[®] para deterrência alimentar, este por sua vez tem em sua composição a azadiractina, comumente conhecido que denota efeito inseticida comprovado para mais de 400 espécies de insetos e pode ser comparado aos melhores inseticidas sintéticos encontrados no mercado (Cupertino de Souza & Mara-Mussury 2010, Mata & Lomonaco 2013, Wei *et al.* 2015). Podendo promover a redução alimentar, por afetar a alimentação através da recepção química (Melo 2017).

O efeito repelente foi constatado por Santana (2018) onde o pulgão *L. pseudobrassica* exposto ao óleo de *Piper divaricatum* apresentou uma média de repelência de 0,5 insetos num período de 24h na maior concentração. De acordo com Upadhyay & Jaiswal (2007) o óleo de *P. nigrum* apresentou repelência significativa para o besouro *Tribolium castaneum* mesmo em concentrações mais baixas. Este óleo também mostrou repelência em espécies de baratas como a *Periplaneta americana* e *Blatella germanica*, apresentando repelência de 80% e 95%, respectivamente (Thavara *et al.* 2007).

O óleo de *P. krukoffii* demonstrou ter repelência fraca nas maiores concentrações e apresentando maior atratividade nas menores concentrações, porém nas primeiras horas apresentou repelência alta e com o passar das horas, mostrou-se atrativo. Sendo assim, pode-se justificar o menor efeito deterrente encontrado no bioensaio, onde a larva também demonstrou preferência pela folha tratada com o óleo.

Esta preferência se deve não unicamente à frequência de substâncias atraentes, mas pela falta de compostos com atividade repelente. Estas substâncias quer sejam repelentes ou atraentes, são em geral, moléculas de característica terpênica que possuem baixo peso molecular (Moraes & Marinho-Prado 2016). Pode-se supor que o óleo de *P. krukoffii* apresenta ser altamente volátil, por

isso apresentou maior atratividade, outra hipótese seria que a folha não tratada com o passar das horas estivesse menos turgida, e este tenha procurado a folha tratada para suprir a falta de alimento.

O resultado da atratividade nas menores concentrações de *P. krukoffii*, sugere que o óleo poderia ser utilizado como isca associada com algum tipo de armadilha em plantios de brássicas.

A fitotoxicidade pode se tornar uma grande preocupação para a elaboração de novos compostos para o controle de pragas, onde alguns fatores podem estar relacionados ao ambiente como também a sua formulação (Correia & Durigan, 2007). Entretanto, a partir dos resultados obtidos os óleos essenciais podem ser apropriados ao uso, sem causar maiores danos à cultura.

Esses óleos, destacando-se a espécie de *P. capitarianum*, demonstram ampla bioatividade aos insetos, sendo tóxico, deterrente, bem como repelente. (Ohkawa *et al.* 2007, Upadhyay & Jaiswal 2007, Andrade *et al.* 2013). Embora preliminares, os resultados apresentados nesse trabalho são importantes e bastante promissores, mas que requer ainda estudos posteriores.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA).

Literatura Citada

- Adams, R.P. 2007.** Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th. ed. Carol Stream: Allured Publ., 804 p.
- Akhtar, Y.P.L, A. Stevens, R. Bradbury, C.A.G., Câmara & 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.
- Alvez, A., W.P.H.L.M. Kogan, E.E.S. Helfgott & R. Hansen. 1974.** Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. *Rev. ALAM* 1: 35-38.

- Andrade, L.H., J.V. Oliveira, I.M.M. Lima, M.F. Santana & M.O. Breda. 2013.** Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em algodoeiro. Rev. Ciênc. Agron. 44: 628-634.
- Bandeira, G.N. 2009.** Efeito de extratos vegetais e óleos essenciais no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). Dissertação de Mestrado. UFRPE, Recife, 57p.
- Boiça Júnior, A.L., C.A.M. Medeiros, A.L. Torres & N.R. Chagas Filho. 2005.** Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve. Arq. Inst. Biol. 42: 45-50.
- Boiça Júnior, A.L., J.C. Nanine, B.H.S. Souza & N.E.L. Rodrigues. 2013.** Efeito de cultivares de repolho e doses de extrato aquoso de nim na alimentação e biologia de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae). Bioscience J. 29: 22-31.
- Castro, M. J.P. 2007.** Potencial inseticida de extratos de *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) sobre a fase larval de *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith). Dissertação de Mestrado. UFPI, Teresina, 46p.
- Carvalho, J.S. 2008.** *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): Efeito da sinigrina aplicada em folhas de couve e brócolis. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, 56p.
- Correia, N.M., J.C. Durigan, 2007.** Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. Planta Daninha, v.25, n.2, p.375- 379.
- Correia, A.A., V. Wanderley-Teixeira, A.A.C. Teixeira; G.S. Cruz & J.V. Oliveira. 2012.** Avaliação do efeito de azadiractina, lufenuron e deltametrina sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e no parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera:Trichogrammatidae). Tese de Doutorado. UFRPE, Recife, 75p.
- Costa, J.G.M., P.F. Santos, S.A. Brito, F. F.G. Rodrigues, H.D.M. Coutinho, M.A. Botelho & S. G. Lima. 2010.** Composição química e toxicidade de óleos essenciais de espécies de *Piper* frente a larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Lat. Am. J. Pharm. 29: 463-467.
- Cupertino de Souza, D.M. & R. Mara-Mussury. 2010.** Evaluation of the effect deterrent of vegetable extracts on *Papilio thoas brasiliensis* (Lepidoptera: Papilionidae) Rothschild & Jordan, 1906. J. Selva Andina Res. Soc. 1: 51-52.
- Czepak, C., P.M. Fernandes, H.G. Santana, F. S. Takatsuka, C. L. Rocha. 2005.** Eficiência de inseticidas para o controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho. Pesqu. Agropec. Bras. 35: 129-131.
- Estrela, J.L.V., M. Fazolin, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2006.** Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. Pesqu. Agropec. Bras. 41: 217-222.

- Fathipour, Y. & M.A. Mirhosseini. 2017.** Diamondback Moth (*Plutella xylostella*) Management. Integrated Management of insect pests on canola and other brassica oilseed crops. (Ed.): Reddy, G.V.P. p. 13-43.
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela, V. Catani, C.R. Costa. 2006.** Potencialidades da pimenta-macaco (*Piper aduncum* L.): Características gerais e resultados de pesquisa. Rio Branco, Embrapa Acre, 53p. (Documentos 103).
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela, A.F.M. Monteiro, L.P. Gomes, I.M. Silva & M.S.F. Silva. 2016.** Potencial sinérgico de óleos de *Piper aduncum* para inseticidas formulados com misturas de princípios ativos. Rev. Cienc. Agrar. 59: 362-329
- Finney, D.J. 1971.** Probit analysis. London, Cambridge University Press, 333p.
- Jesus, F.G., L.A. Paiva, V.C. Gonçalves, M.A. Marques & A.L. Boiça Junior. 2011.** Efeito de plantas inseticidas no comportamento e biologia de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Arq. Inst. Biol. 78: 279-285.
- Krinski, D., L.A. Foerster & C. Deschamps. 2018.** Ovicidal effects of the essential oils from 18 species: controlling *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidae) at the initial stage of development. Acta Sci., Agron. 40: 1-10.
- Lima, R.K., M.G. Cardoso, J.C. Moraes, B. A. Melo, V.G. Rodrigues & P.L Guimarães. 2009.** Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Acta Amaz. 39: 377-382.
- Marchioro, C.A. 2011.** Flutuação populacional de *Plutella xylostella* (L.,1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae) e seus parasitoides no sudeste do Paraná: Biologia em plantas silvestres e cultivares e exigências térmicas. Tese de Doutorado. UFPR, Curitiba, 156p.
- Mata, R.F.F. & Lomonaco, C. 2013.** Toxicidade, deterrência e repelência de extratos aquosos de *Cabralea canjerana* ssp. *polytricha* (a. juss.) penn. (Meliaceae) sobre o curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Godart) (Lepidoptera: pieridae). Rev. Árvore vol.37 no.2
- Mazzonetto, F. & J. Vendramim. 2003.** Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. Neotrop. Entomol. 32: 145-149.
- Medeiros, P.T., J.M.C.S. Dias, R.S. Monnerat & N.R. Souza. 2003.** Instalação e manutenção de criação massal da taça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*). Brasília, Embrapa Recursos Genéticos, 4p. (Circular Técnica 29).
- Melo, R.A.C., N.R. Madeira & C.E.P. Lima. 2016.** Produção em brássicas em sistema de plantio direto. Brasília, Embrapa Hortaliças, 15p. (Circular Técnica 151).

- Melo, J.P.R. 2017.** Produtos formulados a base de óleos essenciais para o manejo de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) resistentes ao ingrediente ativo deltametrina. Tese de Doutorado. UFRPE, Recife, 109p.
- Miranda, J.E., J.E.M. Oliveira, K.C.G. Rocha, S.A. Bortoli, H.M.D. Navickiene, M.J. Kato & M. Furlan. 2002.** Potencial de inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Bras. Ol. Fibros. 6: 557-563.
- Moraes, L.A.S. & J.S. Marinho-Prado. 2016.** Plantas com atividade inseticida, p.542-593. Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 853p.
- Ohkawa, H., H. Miyagawa & P.W. Lee. 2007.** Pesticide chemistry. Alemanha, Wiley-VCH, 497p
- Oliveira, G.L., S.K. Cardoso, C.R.L. Júnior, T.M. Vieira, E.F. Guimarães, L.S. Figueiredo, E.R. Martins, D.L. Moreira & M.A.C. Kaplan. 2013.** Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). An. Acad. Bras. Ciênc. 85: 1227-1234.
- Pereira, A.C.R.L., J.V. Oliveira, M.G.C.G. Júnior & C.A.G. Câmara. 2008.** Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatos* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Ciênc. Agrotec. 32: 717-724.
- Pinto, A. C. S., K. G. Nogueira, F. C. M. Chaves, L. V. S. Silva, W. P. Tadei & A.M. Pohlit. 2012.** Adulticidal activity of dillapiol and semi-synthetic derivatives of dillapiol against *Aedes aegypti* (L.) (Culicidae). J. Mosq. Res. 2: 1-7.
- Piton, L.P., L.M. Turchen, A.R. Butnariu & M.J.B. Pereira. 2014.** Natural insecticide based-leaves extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) in the control of stink bug brown soybean. Ciênc. Rural 44: 1915-1920.
- Rafael, M.S., W.J. Hereira-Rojas, J.J. Roper, S.M. Nunomura & W.P. Tadei. 2008.** Potencial control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) with *Piper aduncum* L. (Piperaceae) extracts demonstrated by chromosomal biomarkers and toxic effects on interphase nuclei. Genet Mol Res. 7: 772-781.
- Sanini, C., A. Massarolli, D. Krinski & A. R. Butnariu. 2017.** Essential oil of spiked pepper, *Piper aduncum* L. (Piperaceae), for the control of caterpillar soybean looper, *Chrysodeixis includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). Braz. J. Bot., 40: 399-404.
- Santana, M.F. 2018.** Toxicidade, repelência, taxa instantânea e efeito de óleos essenciais sobre *Lipaphis pseudobrassicae* Davis (Hemiptera: Aphididae) e seu inimigo natural *Aphidius* sp. (Hymenoptera: Braconidae). Tese de Doutorado. UFRPE, Recife, 64p.
- Santana, H.T., F.T.T. Trindade, R.G. Stabeli, A.A.E. Silva, J.S.T.L. Militão & V.A. Facundo. 2015.** Essential oils of leaves of *Piper* species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Rev. Bras. Pl. Med. 17: 105-111.

SAS Institute. 2001. SAS user's guide: Statistics, version 9.0, 7th ed. SAS Institute, Cary, NC.

Silva, D. & L. Jorge. 2009. AFSOFT (r)-Software para análise foliar. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária.

Silva, J.K., R. Trindade, N.S. Alves, P.L. Figueiredo, J.G.S. Maia & W.N. Setzer. 2017. Essential oils from Neotropical *Piper* species and their biological activities. *Int. J. Mol. Sci.* 18: 2571.

Silva, J.K.R., E.H.A. Andrade, M.J. Kato, L.M.M. Carreira, E.F. Guimarães & J.G.S. Maia. 2011. Antioxidant capacity and larvicidal and antifungal activities essential oils and extracts from *Piper krukoffii*. *Nat Prod Commun.* Vol. 6 (9).

Silva, J.K.R., L.C. Pinto, R.M.R. Burbano, R.C. Montenegro, E.F. Guimarães, E.H.A. Andrade & J.G.S. Maia. 2014. Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant, and anti-cholinesterase activities. *Ind. Crops Prod.* 58: 55–60.

Silva, W.C., J.D. Ribeiro, H.E.M. Souza & R.S. Côrrea. 2007. Atividade inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. *Acta Amaz.* 37: 293-298

Thavara, U., A. Tawatsin, P. Bhakdeenuan, P. Wongsinkongman, T. Boonruad, J. Bansiddhi, P. Chavalittumrong, N. Komalamisra, P. Sirlyasatlen & M.S. Mulla. 2007. Repellent activity of essential oils against cockroaches (Dictyoptera: Blattidae, Blattellidae, and Blaberidae) in Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 38: 663-673.

Torres, A.L., A.L. Boiça Júnior, C.A.M. Medeiros & R. Barros. 2006. Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. *Bragantia* 65: 447-457.

Upadhyay, R.K. & G. Jaiswal. 2007. Evaluation of biological activities of *Piper nigrum* oil against *Tribolium castaneum*. *B Insectol.* 60: 57-61.

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 Prot.* 76: 68-74.

Zhong, B., C. Lu & W. Qin. 2017. Effectiveness of the botanical insecticide azadirachtin against *Tirathaba rufivena* (Lepidoptera: Pyralidae). *Fla Entomol.* 100: 215-218.

Tabela 1. Composição química dos óleos de *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii*.

IR literatura	Substância	<i>Piper krukoffii</i>	<i>Piper capitarianum</i>
1022	o-Cymene	-	40,7 ± 0,97
1389	β-Elemene	5,3 ± 0,10	-
1408	(Z)-Caryophyllene	6,7 ± 0,13	-
1460	Dehydro-Aromadendrene	2,4 ± 0,05	12,3 ± 0,29
1476	β-Chamigrene	-	9,9 ± 0,24
1478	γ-Muurolene	11,0 ± 0,21	-
1499	4-epi-cis-Dihydroagarofuran	12,2 ± 0,23	-
1582	Caryophyllene oxide	-	5,9 ± 0,14
1590	Globulol	17,5 ± 0,07	-
Total		98,4 ± 0,83	96,6 ± 0,75

Tabela 2. Toxicidade letal dos óleos de *Piper*, deltametrina e Azamax® para larvas de terceiro ínstar de *Plutella xylostella*.

Tratamentos	N	CL ₅₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	CL ₉₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	Inclinação ± E.P	χ ²	GL	RT ₅₀ (95% IC)	RT ₉₀ (95% IC)
<i>Piper capitarianum</i>	353	0,21 (0,15-0,29)	1,15 (0,75-2,22)	1,78±0,24	7,01	5	5,93 (4,55-7,72)	5,47 (4,28-6,99)
<i>Piper krukoffii</i>	382	6,37 (5,10-8,05)	23,38 (16,58-39,83)	2,27±0,29	7,73	5	148,38 (118,67-185,53)	122,42 (97,92-153,05)
Decis®	337	0,039 (0,035-0,044)	0,14 (0,12-0,18)	2,27±0,13	6,66	5	0,92 (0,77-1,09)	0,76 (0,65-0,89)
Azamax®	356	0,033 (0,029-0,038)	0,22 (0,17-0,30)	1,54±0,09	3,68	6	1,00 (0,80-1,25)	1,00 (0,82-1,22)

N= Número de Insetos; CL₅₀=Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; 95% IC= Intervalo de confiança; LC₉₀=Concentração letal para matar 90% da população; E.P.= Erro padrão; χ²=Qui-quadrado (P>0.05); GL= Grau de Liberdade; RT= Razão de toxicidade.

Tabela 3. Toxicidade ovicida dos óleos de *Piper*, deltametrina e Azamax[®] para *Plutella xylosteslla*.

Tratamentos	N	CL ₅₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	CL ₉₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	Inclinação ± E.P.	χ ²	GL	RT ₅₀ (95% IC)	RT ₉₀ (95% IC)
<i>Piper capitarianum</i>	356	0,079 (0,068-0,092)	0,25 (0,20-0,33)	2,58 ± 0,23	8,20	5	1,94 (1,71-2,20)	1,72 (1,53-1,94)
<i>Piper krukoffii</i>	323	2,68 (2,39-3,03)	6,79 (5,54-9,22)	3,18 ± 0,36	1,21	6	59,65 (53,51-66,50)	49,57 (44,73-54,94)
Decis [®]	1198	0,066 (0,054-0,079)	1,13 (0,84-1,61)	1,03 ± 0,04	7,20	6	3,10 (2,40-4,02)	4,72 (3,76-5,93)
Azamax [®]	1050	0,035 (0,031-0,039)	0,16 (0,13-0,19)	1,94 ± 0,09	6,12	5	1,00 (0,88-1,14)	1,00 (0,89-1,13)

N= Número de ovos; CL₅₀=Concentração letal para matar 50% dos ovos; 95% IC= Intervalo de confiança; LC₉₀=Concentração letal para matar 90% da ovos; E.P.= Erro padrão; χ²=Qui-quadrado (P>0.05); GL= Grau de Liberdade; RT= Razão de toxicidade.

Tabela 4. Deterrência alimentar dos óleos de *Piper* e Azamax® para *Plutella xylostella*.

Tratamentos	IA ₅₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	IA ₉₀ (mg mL ⁻¹) (95% IC)	Inclinação ± E.P.	χ ²	GL	RT ₅₀ (95% IC)	RT ₉₀ (95% IC)
<i>Piper capitarianum</i>	0,071 (0,065-0,079)	0,243 (0,205-0,300)	2,41 ± 0,16	5,85	6	1,00 (0,91-1,10)	1,00 (0,92-1,09)
<i>Piper krukoffii</i>	3,32 (3,12-3,55)	7,41 (6,57-8,63)	3,67 ± 0,25	5,78	6	39,30 (36,69-42,11)	34,47 (32,27-36,83)
Azamax®	0,154 (0,133-0,180)	0,872 (0,677-1,194)	1,70 ± 0,11	7,71	5	2,63 (2,32-2,98)	3,09 (2,71-3,48)

IA₅₀=Concentração capaz de reduzir em 50% o consumo foliar; 95% IC=Intervalo de Confiança para 95%;

IA₉₀= Concentração capaz de reduzir em 90% o consumo foliar; E.P.= Erro padrão; χ²= Qui-quadrado

(P>0.05); GL = Grau de liberdade; RT= Razão de toxicidade.

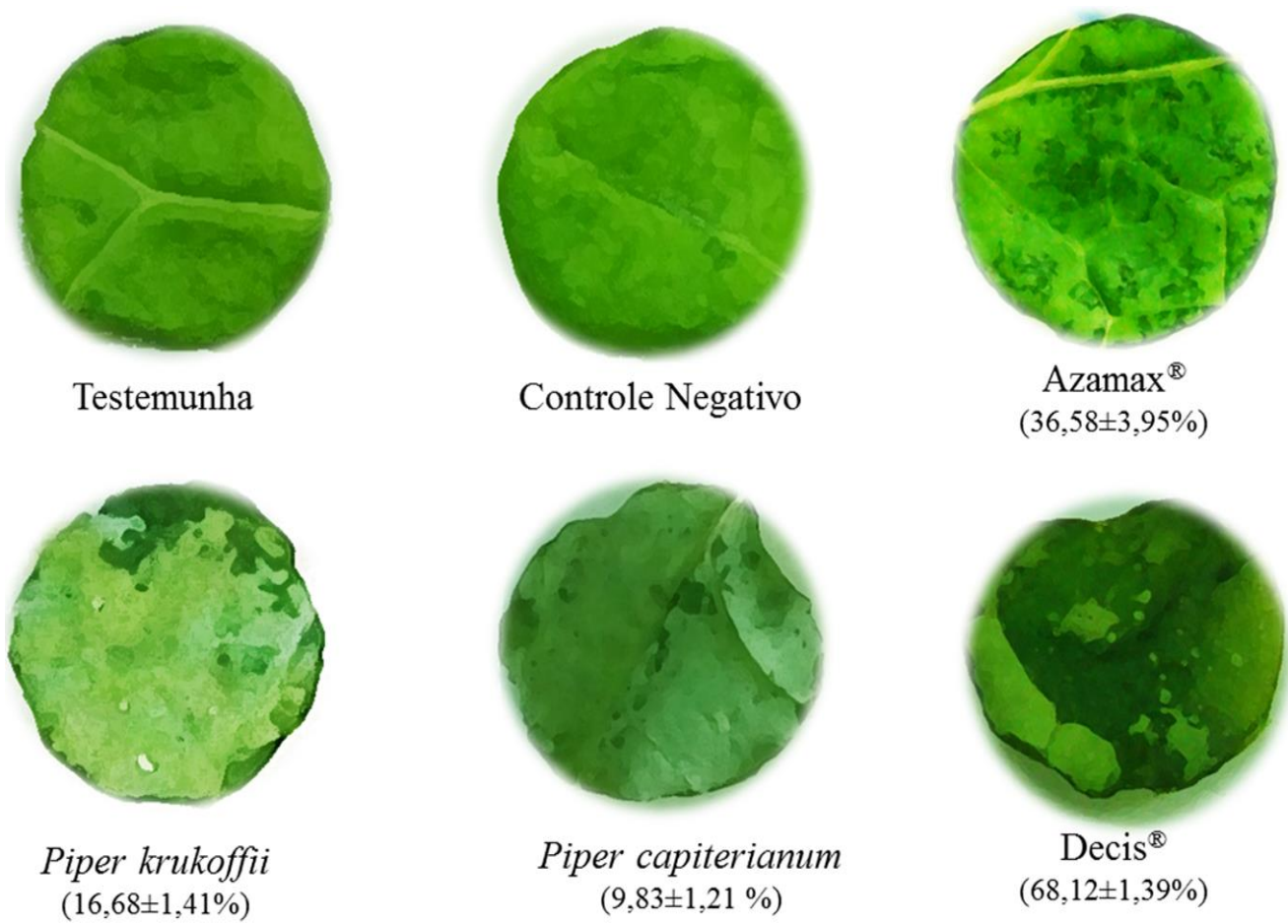


Figura 1. Fitotoxicidade dos óleos essenciais de *Piper capitaerianum*, *Piper krukoffii*, Azamax® e Decis®.

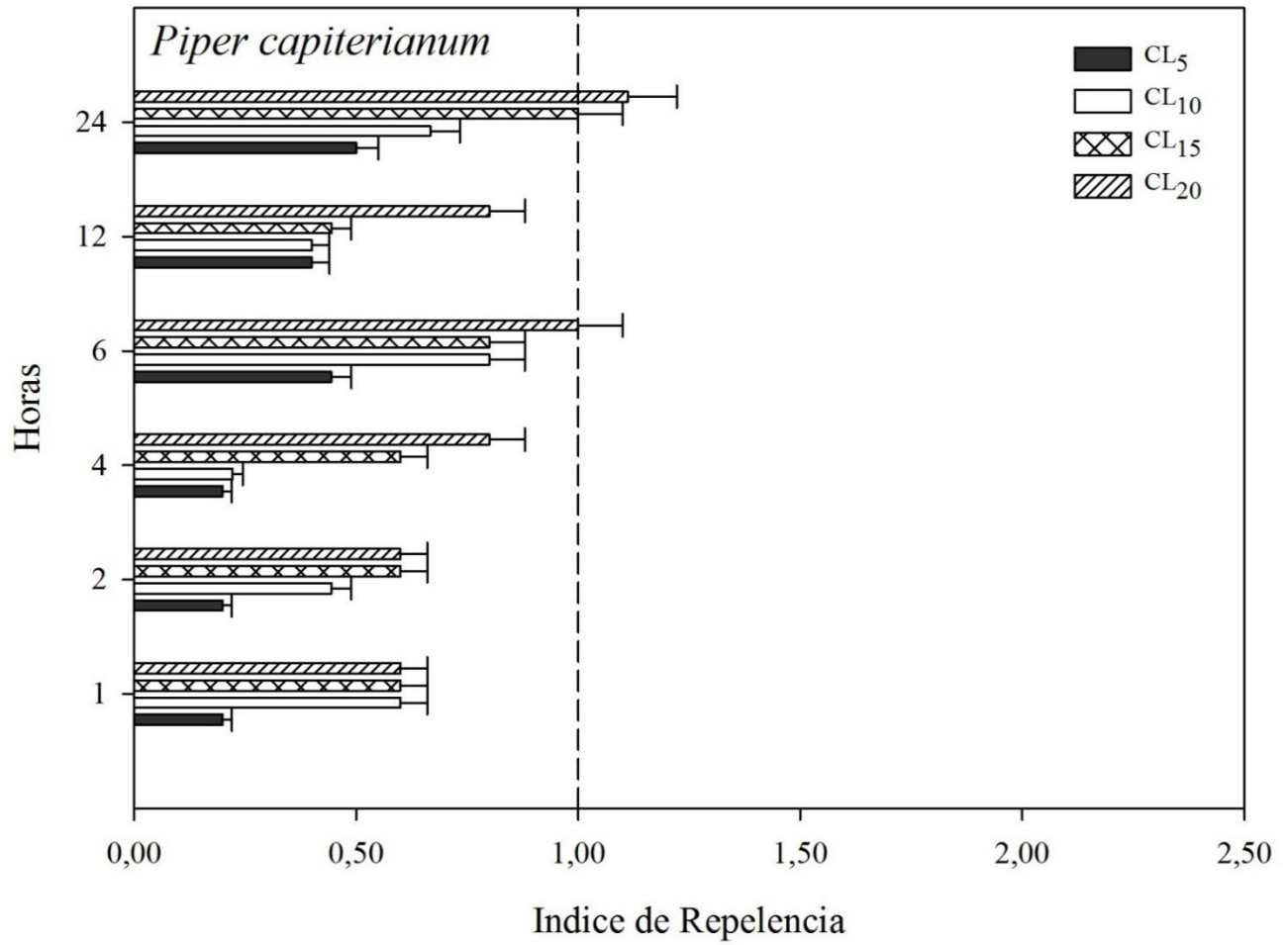


Figura 2. Repelência alimentar de *Plutella xylostella* após 24h exposta ao óleo de *Piper capitarianum*. IR < 1, repelente; IR > 1, atrativo; IR = 1, Sem efeito

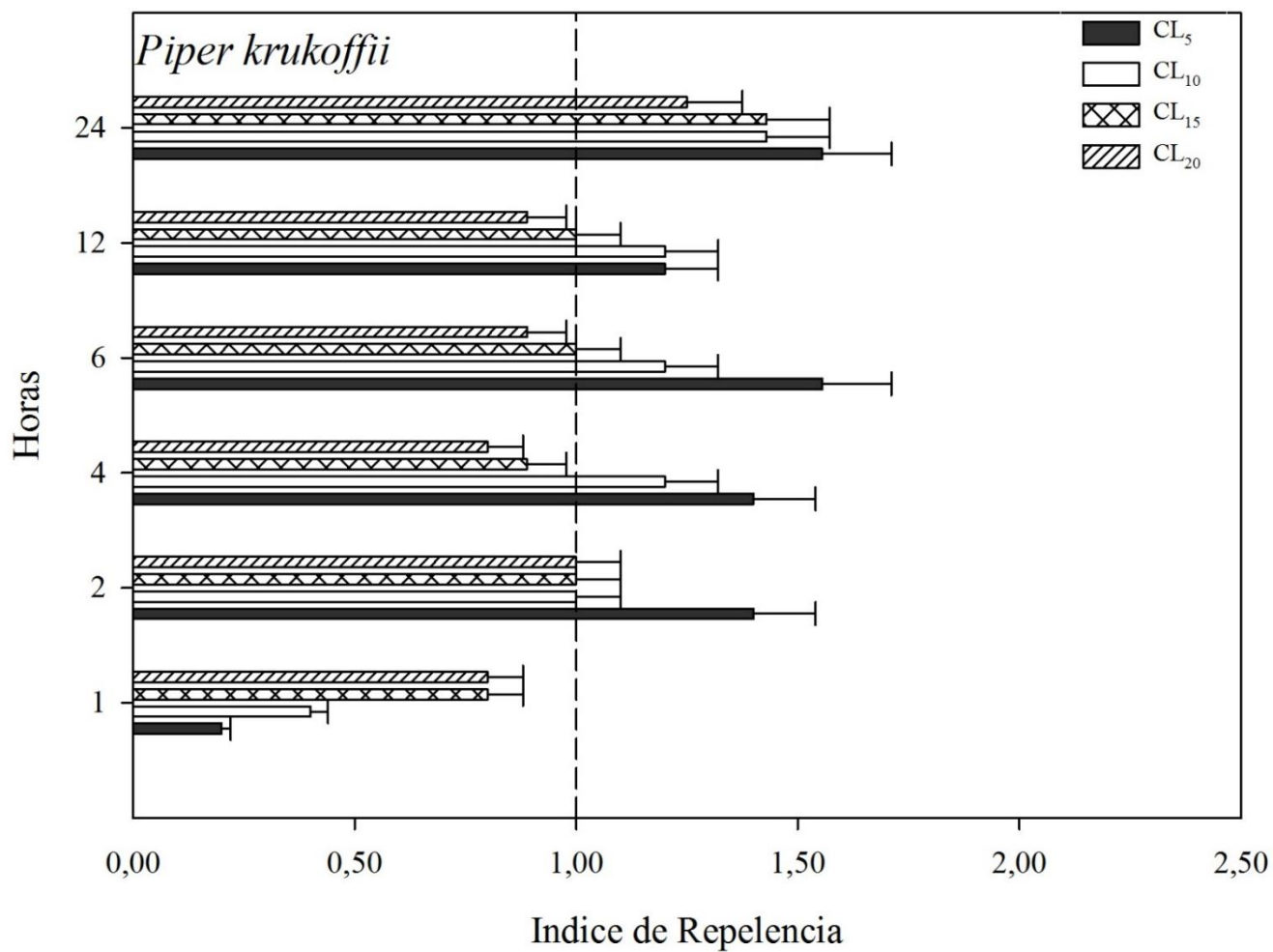


Figura 3. Repelência alimentar de *Plutella xylostella* após 24h exposta ao óleo de *Piper krukoffii*.

IR < 1, repelente; IR > 1, atrativo; IR = 1, Sem efeito

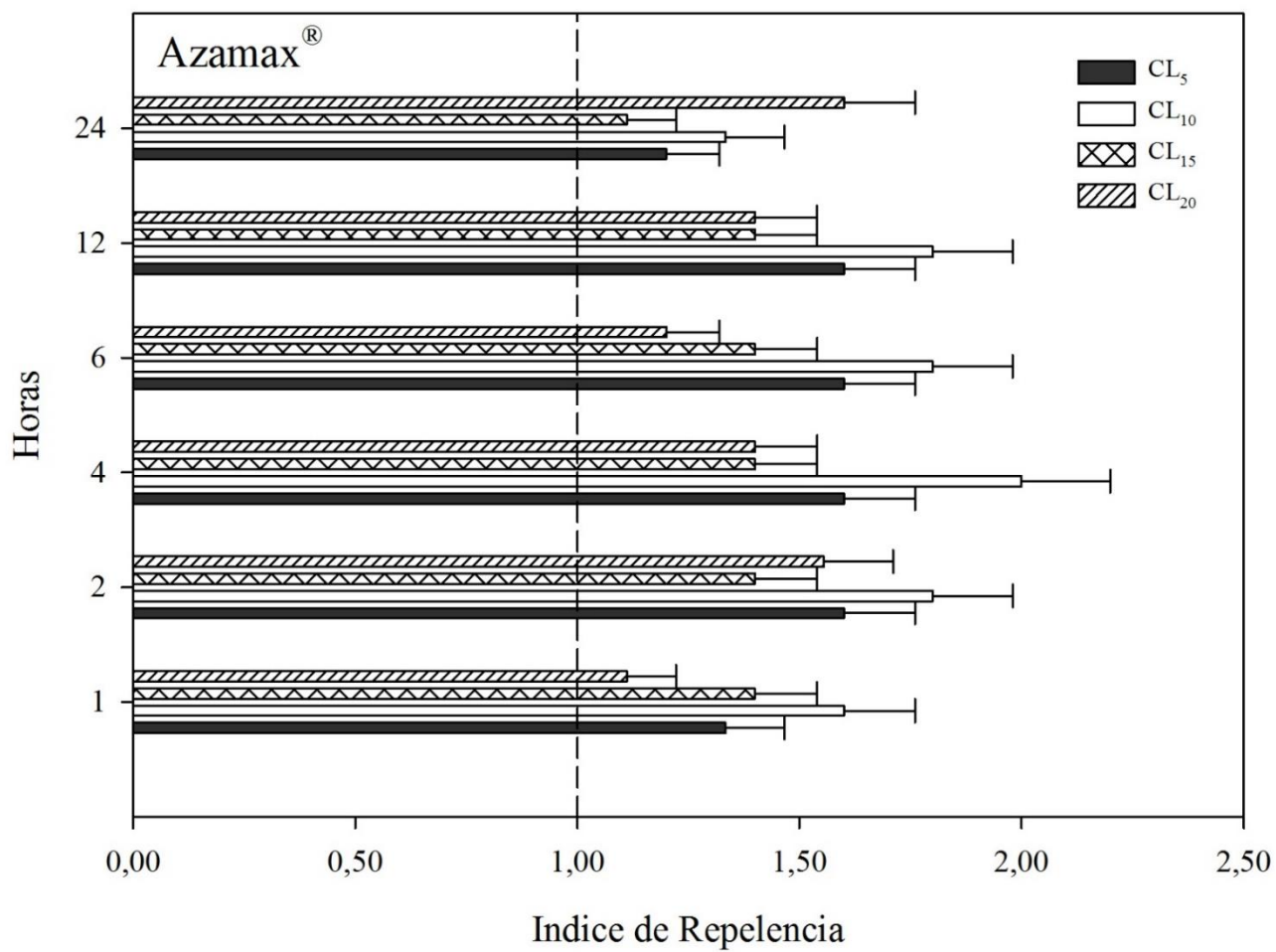


Figura 4. Repelência alimentar de *Plutella xylostella* após 24h exposta ao inseticida botânico comercial Azamax®. IR < 1, repelente; IR > 1, atrativo; IR = 1, Sem efeito

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho observamos a atividade inseticida dos óleos de *Piper capitarianum* e *Piper krukoffii*, para o controle da *Plutella xylostella*, conhecida popularmente como traça-das-crucíferas, nunca antes estudados para o controle de pragas.

Os óleos testados de *P. capitarianum* e *P. krukoffii* mostraram-se bastante promissores para uso no Manejo Integrado de Pragas (MIP) para a praga *Plutella xylostella*. O óleo de *P. capitarianum* apresenta ser tóxico para larvas e ovos, bem como repelente e deterrente. O óleo de *P. krukoffii* pode ser usado em isca associado a algum tipo de armadilha.

A descoberta de novos compostos é essencial para a agricultura, sendo uma alternativa atraente que visa meios mais ecológicos para o controle de pragas. Concluimos que os óleos de *P. capitarianum* e *P. krukoffii* possuem perfil para serem usados no MIP para *P. xylostella*, mas fazem-se necessários estudos posteriores, para averiguar maiores informações.