

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

por

JOÃO PAULO RAMOS DE MELO

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

RESUMO

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), é uma praga severa que pode reduzir em 95% a qualidade das brassicas e o principal método de controle é com inseticidas sintéticos que em aplicações excessivas e sucessivas a praga pode adquirir resistência ao ingrediente ativo do produto. Para diminuir a resistência de insetos a inseticidas existem as formas alternativas de controle e uma delas é o uso de inseticidas botânicos. Dessa forma, essa Tese teve como objetivo avaliar a atividade inseticida de formulações com óleo essencial (OE) como princípio ativo, bem como suas misturas, para uso no controle da *P. xylostella*, auxiliando no manejo integrado de praga, reduzindo os impactos ambientais e danosos à produção agrícola que os inseticidas sintéticos promovem. A atividade inseticida foi avaliada por meio de bioensaios de deterrência alimentar, toxicidade larval e ovicida, comparados com os inseticidas Decis[®], Prêmio[®] e Azamax[®]. Os resultados demonstraram que OE da espécie *Citrus limon* (L. Burm) apresentou a melhor CL₅₀ para a família Rutaceae e para família Myrtaceae foi o OE de *Eugenia caryophyllus* (L.) comparado com a população resistente a deltametrina. As mistura binária para manejo da resistência de *P. xylostella* apresentou 77,50% de misturas binárias sinérgicas entre os produtos sintéticos, botânico e OEs estudados. Nos produtos sinérgicos, 69,85% apresentaram

sinergismo muito forte e a toxicidade larval com índice de redução de concentração (IRC) de 1.281,65 vezes para o *Eucalyptus globulus* (Labill.) quando misturado com o OE de *Citrus aurantiifolia* (Tanakae). A mistura que reduziu em 31,35 vezes na CL₅₀ da deltametrina foi com *Eucalyptus citriodora* (Hook). Os OEs estudados são promissores para seu uso no manejo da *P. xylostella* e possuem grande potencial de serem produzidos industrialmente devido a formulações que facilitam a aplicação do produto e podem ser implantados no mercado de inseticidas botânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade inseticida, produtos naturais, inseticidas botânico, toxicidade larval, deterrência alimentar, toxicidade ovicida, mistura binária, sinergismo.

FORMULATED PRODUCTS WITH ESSENTIAL OIL FOR THE MANAGEMENT OF
DIAMONDBACK MOTH POPULATION, *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA:
PLUTELLIDAE) RESISTANT TO ACTIVE INGREDIENT DELTAMETHRIN

por

JOÃO PAULO RAMOS DE MELO

(Under the Direction of Professor Claudio Augusto Gomes da Camera - UFRPE)

ABSTRACT

The diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), is a severe pest that can reduce in 95% the brassicas quality and the main method of control is with synthetic insecticide and a pest, In excessive and successive applications, can acquire resistance to active ingredient of the product. For reduce insect resistance to insecticides there are alternative forms control, and one of them is the use of botanical insecticides. Thus, this thesis had as objective to evaluate the insecticidal activity of formulations with essential oil (EO) as active ingredient, as well as mixtures thereof, for use in *P. xylostella* control, assisting in integrated pest management, reducing environmental impacts and damage to agricultural production. The insecticidal activity was evaluated by bioassays of antifeedant, larval and ovicidal toxicity, compared with insecticides Decis[®], Prêmio[®] and Azamax[®]. The results showed that EO of *Citrus limon* (L. Burm) species showed the best LC₅₀ for the Rutaceae family and Myrtaceae family was the EO of *Eugenia caryophyllus* (L.) compared with deltamethrin resistant population. The binary mixtures for the resistance management *P. xylostella* showed 77.50% of synergic between synthetic, botanical and oil products studied. We synergic products 69.85% showed very strong synergism and larval toxicity with concentration-reduction index (CRI) of 1,281.65 times for the EO for *Eucalyptus*

globulus (Labill.) when mixed with EO *Citrus aurantiifolia* (Tanakae). The mixture that promoted a 31.35 fold decrease in the LC₅₀ of deltamethrin was with *Eucalyptus citriodora* (Hook). The essential oil studied are promising for the *P. xylostella* management and have great potential to be industrially produced due to formulations that facilitate the application on the product and can be implanted in the botanical insecticide market.

KEY WORDS: Insecticidal activity, natural products, botanical insecticides, larval toxicity, antifeedant, ovicidal toxicity, binary mixtures, synergism.

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

por

JOÃO PAULO RAMOS DE MELO

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

RECIFE - PE

Fevereiro – 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

por

JOÃO PAULO RAMOS DE MELO

Comitê de Orientação:

Claudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE

Reginaldo Barros – UFRPE

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

por

JOÃO PAULO RAMOS DE MELO

Orientador: _____
Claudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE

Examinadores: _____
Reginaldo Barros – UFRPE

Clécio Souza Ramos – UFRPE

Marcilio Martins de Moraes – PNPd/UFRPE

Wendel José Teles Pontes – UFPE

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais pelo carinho e amor.

A minha avó e irmã (“in memoriam”).

Aos meus irmãos pelo incentivo.

A minha filha pelos dias repletos de felicidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu a graça de estar onde estou e que está sempre presente em todos os momentos de minha vida.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade de realização deste curso. A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

A minha Filha, Laura Melo, razão pela qual busco o conhecimento, para educar e compartilhar com ela, acima de tudo.

A minha esposa, Taciana Mirella, pelo amor incondicional e, principalmente, pela colaboração ao longo desses anos de curso.

Aos meus pais e irmãos, pela fonte inesgotável de amor e apoio direto a todas as dificuldades nesta minha jornada.

Ao meu Orientador, Claudio Camara, pela amizade, conselhos, paciência, ensinamentos durante o tempo de convívio e pelas palavras de confiança para realização desse projeto.

Aos professores e amigos do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola por promoverem a minha formação profissional, em especial a Reginaldo Barros, Jorge Torres, Herbert Siqueira, Manoel Guedes e José Vargas.

Aos professores Souza Leão e Arlene Bezerra pela amizade e participação direta na minha vida acadêmica e profissional, auxiliando e orientado sempre que necessário.

Aos secretários da Fitossanidade Darci Silva, Marcello Medeiros e Romildo Angeiras pela dedicação e disponibilidade quando solicitados.

Aos amigos do PPGEA, Antônio, Alberto, Jaconias, Jefferson, Sérgio, Vitor Zuim, Paolo, Paulo, Wagner, Leandro, Carlos, Maurício, Mário, Douglas, Wellington, Eduardo, Guilherme, Lucas, Clara, Lilian, Fabiana, Cristina, Liliane, Glaucilane, Debora, Vaneska, Cynara e Mauricéa, certeza que serão ótimos entomologistas.

Aos amigos Laboratório de Produtos Naturais Bioativos, Marcilio, Rodrigo e Milena pela ajuda na obtenção dos óleos essenciais e dúvidas na parte química.

A todos que contribuíram para realização desta tese, sou grato!

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULOS

1	INTRODUÇÃO	1
	LITERATURA CITADA.....	7
2	ATIVIDADE INSETICIDA DE FORMULADOS COM ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA RUTACEAE E MYRTACEAE PARA O MANEJO DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE).....	16
	RESUMO	17
	ABSTRACT	18
	INTRODUÇÃO	19
	MATERIAL E MÉTODOS	21
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
	AGRADECIMENTOS.....	37
	LITERATURA CITADA.....	37
3	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE MISTURAS BINÁRIAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS, INSETICIDA BOTÂNICO E QUÍMICO PARA O MANEJO DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)	68
	RESUMO	69
	ABSTRACT	70

INTRODUÇÃO	71
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
AGRADECIMENTOS	84
LITERATURA CITADA.....	84
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A agricultura convencional no Brasil gerou um crescimento econômico de notória relevância ao longo de sua história, possibilitando ser um dos maiores produtores de alimentos do mundo (Lopes & Lopes 2011). Entre esses produtos temos o cultivo da família Brassicaceae que é composta, dentre outras espécies, de *Brassica oleracea* var. *italica* L. (brócolis), *Brassica pekinnensis* L. (couve chinesa), *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. (couve flor) e *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (repolho) (Dixon 2007, Filgueira 2008, Anjum *et al.* 2012) e cresceu em várias regiões brasileiras (Michereff *et al.* 2012, Triches *et al.* 2016, Ferigollo *et al.* 2017), e, têm sido cultivadas ao longo dos anos, principalmente, pela grande importância nutricional para alimentação humana (Maroto-Borrego 1995, Costa & Campanhola 1997, Reis *et al.* 2004, Monteiro 2009, Modelski 2015). Suas características nutricionais mostram alto teor de vitaminas, minerais, vitaminas e açúcares solúvel, além de apresentarem propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas, portanto são importantes para compor a dieta humana (Dixon 2007, Cartea *et al.* 2011, Kehr & Buhtz 2011).

Porém, apresenta uma praga chave em comum, a traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), que causam elevados prejuízos que reduz a em 95% na qualidade do produto, ocasionando elevados custos para o controle, esses, que dificultam e até inviabilizam a produção dessas culturas para os agricultores familiares que falta de tecnologias apropriadas (Barros *et al.* 1993, Jankowska & Wiech 2006, Czepak *et al.* 2007, Dossdall *et al.* 2011).

Os adultos da traça-das-crucíferas são microlepidópteros de coloração parda que possuem hábito noturno (Talekar & Shelton 1993, Vacari 2009), alimentam-se de orvalho e néctar, e

apresentam curta longevidade. Os machos apresentam coloração branca nas margens das asas anteriores, além de uma mancha clara em forma de diamante no dorso (Gallo *et al.* 2002, Vacari 2009). Já as fêmeas as manchas na região dorsal são mais escuras, brilhantes e circulares (Fernández & Alvarez 1988, Vacari 2009). As fêmeas depositam os ovos isoladamente ou em grupos, na parte inferior, próximos às nervuras das folhas (Gupta & Thorsteinson 1960, Thuler 2009, Veiga *et al.* 2010). Após a eclosão, as lagartas de coloração verde-clara com a cabeça de cor parda e, sobre o corpo, notam-se pequenas cerdas escuras e esparsas, atingem o máximo de desenvolvimento com 8-10 mm de comprimento (Gallo *et al.* 2002, Bortoli 2009), penetram nas folhas alimentando-se do parênquima, acarretando o surgimento de minas, posteriormente, raspam as nervuras e consomem todo o tecido foliar (Bortoli *et al.* 2006). A pupa é do tipo obtecta, apresenta coloração amarelada a esverdeada nos primeiros dias, próximo à emergência ficam escuras (Rosário & Cruz 1986, Castelo Branco & França 2001, Thuler 2009).

A traça-das-crucíferas é um inseto de ciclo curto e o número de gerações fica em torno de cinco por ano (Castelo Branco & Villas Bôas 1997, Dias *et al.*, 2004), em condições mais quentes e com disponibilidade de alimento o ciclo pode ser de apenas 12 dias (Guo & Quin 2010), podendo ocorrer até 18 gerações por ano. Assim o número das populações dessa praga varia muito de um ano a outro (Dias *et al.*, 2004, Bortoli *et al.* 2011). Esse fato faz com que a presença da *P. xylostella* seja verificada durante todo o ano no Brasil (Castelo Branco & Guimarães 1990, Barros *et al.* 1993, Melo *et al.* 1994).

Devido ao consumo foliar, surgimento de minas e raspagem das nervuras a *P. xylostella* teve seu estado de praga caracterizado rapidamente no Brasil antes de 1930 (Bondar 1928), em 1950 tornaram-se abundantes causando elevados prejuízos, o que desencadeou uma grande aplicação de produtos químicos nas hortaliças da família das brassicas (Talekar & Shelton 1993, Capinera 2001). Esse sistema de manejo agrícola com o objetivo de aumentar a produtividade

caracteriza-se pela artificialização dos agroecossistemas, utilizando-se de agrotóxicos, fertilizantes solúveis e máquinas. O sistema em questão, portanto, proporciona o desequilíbrio ecológico alterando, por exemplo, a autoregulação de pragas e doenças, diminuindo o poder de recuperação dos agroecossistemas frente às adversidades climáticas e fitossanitárias (Lopes & Lopes 2011).

Com aplicação dos inseticidas, mesmo empregado de modo correto, a praga pode adquirir resistência ao produto sintético, que nada mais é que a seleção natural ou seleção darwiniana. Com a aplicação do inseticida, ocorre à eliminação dos indivíduos suscetíveis e os genótipos resistentes permanecem reproduzindo-se e aumentando a população, tornando os inseticidas ineficazes em médio prazo (Gallo *et al.* 2002). A primeira detecção de resistência das populações de *P. xylostella* aos inseticidas foi relatado em todo o mundo por Chawla & Kalra (1976) e posteriormente por diversos autores (Lee & Lee 1979, Liu *et al.* 1982, Hama 1987, Guan-Soon 1990, Ikin *et al.* 1993, Ninsin 2004, Khaliq *et al.* 2007, Zhou *et al.* 2011, Khakame *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2016) e no Brasil por Melo *et al.* (1994), Campos *et al.* (1997), Castelo Branco & Gatehouse (1997), Santos *et al.* 2011, Ribeiro *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2014, Zago *et al.* (2014), Lima Neto (2014) e Lima Neto (2016). Segundo Georghiou & Lagunes-Tejada (1991) em 1989 já existia 51 inseticidas químicos aos quais *P. xylostella* era resistente, e com essa capacidade de desenvolver altos níveis de resistência aos inseticidas químicos se tornou uma ameaça para a produção de brassicas (Talekar & Shelton, 1993). Atualmente, as populações de traça das crucíferas do nordeste se apresenta mais tolerante a dois ingredientes ativos muito utilizados no controle químico, deltametrina (Oliveira *et al.* 2011) e clorantraniliprole (Silva *et al.* 2012).

Em busca de estratégias para dirimir os problemas da resistência de insetos a inseticidas vem sendo desenvolvidas formas alternativas de manejo dos recursos naturais capazes de

responder positivamente aos desafios da produção agrícola. Dessa forma, surgiu o Manejo Integrado de Pragas (MIP) para designar o controle de insetos com bases ecológicas e que envolve qualquer tipo de problema que limite a produção agrícola. Dentro das estratégias de controle do MIP, destaca-se o uso de inseticidas botânicos (Gallo *et al.* 2002) que são recursos renováveis e, geralmente, rapidamente degradados, não deixando resíduos em alimentos e no meio ambiente (Bouda *et al.* 2001, Magalhães *et al.* 2014). Uma forma potencial do MIP dificultar a resistência aos inseticidas e facilitar o manejo da traça-das-crucíferas é o controle com uso de inseticidas naturais e pesquisados ao longo dos anos. Os diferentes autores citam o uso de inseticidas naturais e/ou substâncias puras obtidas de plantas que apresentam atividade deterrente e larvicidas, além de, causar infertilidade e repelência dos adultos de *P. xylostella* (Sosa *et al.* 2000, Tapondjou *et al.* 2005, Santos *et al.* 2012, Akhtar *et al.* 2012, Camara *et al.* 2015a, Ribeiro *et al.* 2016, Neves *et al.* 2016).

O Brasil é o país com a maior diversidade genética vegetal do mundo, existindo mais de 46.000 espécies catalogadas para flora brasileira (SiBBr 2017), e entre as espécies botânicas promissoras para utilização como planta inseticida estão as famílias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiateae, Canellaceae (Jacobson 1989) Euphorbiaceae, Myrtaceae e Piperaceae (Yuncker 1972). Ao longo dos anos a literatura científica vem aumentando o acervo de artigos citando atividades acaricidas e inseticidas provenientes de metabolitos secundários de espécies das mais diversas famílias botânicas (Mordue & Blackwell 1993, Rodriguez & Vendramim 1996, Koul & Dhaliwal 2001, Regnault-Roger *et al.* 2005). Dessa forma, a busca de novos compostos derivados de plantas aumenta e fornece novas fontes de inseticidas naturais que atuam na biologia e comportamento dos insetos e ácaros pragas (Huang & Ho 1998, Chiam *et al.* 1999, Sosa *et al.* 2000, Tapondjou *et al.* 2005, Santos *et al.* 2012, Akhtar *et al.* 2012, Camara *et al.* 2015b, Ribeiro *et al.* 2015, Ribeiro *et al.* 2016, Sapindal *et al.* 2017).

As principais formas de utilização e/ou avaliação do potencial inseticida dessas plantas são devidos as várias classes químicas do metabolismo secundário, destacando-se os alcaloides, heterosídeos cianogênicos, glucosinolatos, compostos fenólicos e terpenóides (Di Stasi 1996, Gobbo-Neto & Lopes 2007, Couto 2014). Os efeitos dos produtos com potencial inseticida podem ser a inibição do crescimento, redução de fecundidade, fertilidade, repelência, toxicidade e deterrência alimentar (Arnason *et al.* 1990, Bell *et al.* 1990, Isman 2006, Jbilou *et al.* 2006, Alves *et al.* 2014, Ribeiro *et al.* 2015, Silva *et al.* 2015, Oliveira *et al.* 2015).

Os óleos essenciais (OEs), inseticidas botânicos, são misturas complexas de compostos orgânicos voláteis, frutos de metabolitos secundários das plantas servindo como defesas químicas contra os herbívoros (Walling 2000, Rai & Carpinella 2006). São obtidos a partir da hidrodestilação de diferentes partes da planta e são constituídos de mistura de terpenos podendo conter alcaloides e fenilpropanóides (Craveiro & Queiroz 1993), produzidos e armazenados em diferentes órgãos ou tecidos das plantas (Regnault-Roger *et al.* 2012). Os OEs demonstrou eficiente ação contra os insetos e ácaros em casa de vegetação (Aslan *et al.* 2004, Camara *et al.* 2015a), no campo (Isman *et al.* 2010) e diminui a resistência desenvolvida pelos insetos aos constituintes químicos, (Alkofahi *et al.* 1989) além de apresentar baixa toxicidade em humanos (Schmutterer 1987, Saxena 1989, Neves & Nogueira 1996).

Entre estudos de potenciais inseticidas derivados de plantas causando mortalidade de *P. xylostella*, observa-se que o uso de extratos etanólicos de *Annona glabra* em baixas concentrações (Ohsawa *et al.* 1991) Extratos das espécies *Muntingia calabura* (Bandeira *et al.* 2013), *Enterolobium contortisilliquum*, *Nicotiana tabacum* e *Sapindus saponaria*, *Azadirachta indica*, *Symphytum officinale*, *Bougainvillea glabra*, *Achillea millefolium* e *Chenopodium ambrosioides* (Boiça Junior *et al.* 2005). Os extratos acetônicos de *Artemia annua*, *Euphorbia helioscopia*, *Lagopisi supina* e *Humulus scandens* tem ação fumigante (Yi *et al.* 2007) e partição do extrato

acetônico de *Xanthium sibiricum* com clorofórmio promoveu a mortalidade em 24 horas. Os óleos essenciais de *Mentha pulegium*, *Rosmarinus officinalis* e *Salvia officinalis* (Li *et al.* 2008), *Sabina vulgaris* (Congfen & Xing, 1997), o derivado 1'-acetoxicavicol (I), proveniente do rizomas de *Alpinia galanga* (Dadang *et al.* 1998) e os alcaloides, piperonaline e piperoctadecalidina (Lee 2005) foram tóxicos para larvas da traça-das-crucíferas.

Outra forma de verificar a atividade inseticida dos inseticidas botânicos é a deterrência alimentar, que é a inibição ou diminuição alimentar de uma praga, particularmente, ocasionado por uma substancia. Os Isolados triterpenos obtidos de folhas de *Barbarea vulgaris* (Shinoda *et al.* 2002), monordicina I e II do extrato etanólico das folhas de *Monordica charantia* (Ling *et al.* 2003) e luteolina, stigmasterol, acacetina, 20-hidroxiecdisona de *Ajuga nipponensis* (Huang *et al.* 2008) provocaram a deterrência alimentar das larvas de *P. xylostella*. Os óleo essencial de flores *Citrus aurantium*, frutos de *Sibana vulgaris* e *Citrus sinensis* (Hou *et al.* 2002) e de folhas de *Pogostemon cablin* (Zeng *et al.* 2006), *Citrus reticulata* (Camara 2015b) e extratos orgânicos *Capsicum annuum* (Liu *et al.* 2007) ocasionaram deterrência de alimentação em larvas do 3^a instar de *P. xylostella*. Já o óleo essencial de *Mikania micrantha* (Zhang *et al.* 2003) e *Chromolaena odorata* (Ling *et al.* 2003) apresentaram ação deterrente de oviposição.

Dessa forma, essa tese teve como proposta obter formulados com atividades inseticidas para auxiliar no manejo integrado das populações de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) resistentes ao ingrediente ativo deltametrina por meio de formulações a base de inseticidas naturais, tendo como princípio ativo OEs pertencentes às seguintes espécies da família Myrtaceae *Melaleuca leucadendra* Linn. (Sinonímia *Myrtus leucodendra*, Ortografia variante *Melaleuca leucadendron*), *Melaleuca alternifolia* Chell, *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus citriodora* Hook. (Sinonimia *Corymbia citriodora*), *Eugenia caryophyllus* Linn. e Rutaceae (*Citrus aurantium* Linn., *Citrus aurantiifolia* Tanakae, *Citrus limon* L. Burm), além, da adição desses

óleos essenciais ao inseticida químico sintéticos com ingrediente ativo deltametrina, auxiliando no manejo integrado da traça-das-crucíferas, reduzindo os impactos ambientais e danosos à produção agrícola.

Literatura Citada

- Alkofahi, A., J.K. Rupprecht, J.E. Anderson, J.L. McLaughlin, K.L. Mikolajczak & B.A. Scott. 1989.** Search for new pesticides from higher plants, p. 25-43. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogène & P. Morand (eds.), *Insecticides of plant origin*. Washington, DC, Am. Chem. Soc., 224p.
- Alves, T.J.S., G.S. Cruz, V. Wanderley-Teixeira, A.A.C. Teixeira, J.V. Oliveira, A.A. Correia, C.A.G. Camara & F.M. Cunha. 2014.** Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. *Biotech. Histochem.* 89: 245-255.
- Anjum, N.A., S.S. Gill, I. Ahmad, M. Pacheco, A.C. Duarte, S. Umar, N.A. Khan & M.E. Pereira. 2012.** The plant family Brassicaceae: An introduction. p. 1-33 In N.A. Anjum, I. Ahmad, M.E. Pereira, A.C. Duarte, S. Umar, N.A. Khan (eds.), *The Plant Family Brassicaceae*. Springer Science & Business, 342p.
- Arnason, J.T., B.J.R. Philogène & P. Morand. 1990.** *Insecticide of plant origin*. Washington, DC, American Chemical Society, 214p.
- Aslan, İ., H. Ozbek, O. Çalmaşur & F. Şahin. 2004.** Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crop Prod.* 19:167-173.
- Bandeira, G.N., C.A.G. da Camara, M.M. de Moraes, R. Barros, S. Muhammad & Y. Akhtar. 2013.** Insecticidal activity of *Muntingia calabura* extracts against larvae and pupae of diamondback, *Plutella xylostella* (Lepidoptera, Plutellidae). *J. King Saud Univ.-Sci.* 25: 83-89.
- Barros, R., I.B. Albert Jr., A.J. Oliveira, A.C.F. Souza & V. Loges. 1993.** Controle químico da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em repolho. *An. Soc. Entomol. Brasil* 22: 463-469.
- Bell, E.A., L.E. Fellows & M.S.J. Simmonds. 1990.** Natural products from plants for the control of insect pests, p. 337-350. In E. Hodgson (eds), *Safer insecticides* New York, Marcel Dekker, 592p.
- Boiça Júnior, A.L., B.H.S. Souza, D.B. Bottega, N.E.L. Rodrigues, M.L. Peixoto, E.N. Costa & Z.A. Ribeiro. 2012.** Resistência de plantas e produtos naturais no controle de pragas em

culturas agrícolas, p. 151-171. In A.C. Busoli, J.F.J Grigolli, L.A. Souza, M.M. Kubota, L.A.O. Santos, J. Crosariol Netto & M.A. Viana (eds.), Tópicos em entomologia agrícola V, Jaboticabal, Maria de Lourdes Brandel, 362p.

Boiça Júnior, A.L., C.A.M. Medeiros, A.L. Torres & N.R. Chagas Filho. 2005. Efeito de extratos aquosos de plantas do desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve. Arq. Inst. Biol. 72: 45-50.

Bondar, G. 1928. Uma séria praga do repolho na Bahia *Plutella maculipennis* Curtis. Chác. Quintais 38: 602.

Bortoli, S.A. 2009. Criação de insetos: da base a biofábrica. Edição Própria Jaboticabal Bras.

Bortoli, S.A., A.M. Vacari, R.M. Goulart, R.F. Santos, H.X.L. Volpe & A.S. Ferraudo. 2011. Capacidade reprodutiva e preferência da traça-das-crucíferas para diferentes brassicáceas. Hortic. Bras. 29: 187-192.

Bortoli, S.A., R.T. Thuler & B.S. Lopes. 2006. Efeito de lufenuron e Azadiractina sobre adultos de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Científica 34: 53-58.

Bouda, H., L.A. Tapondjou, D.A. Fontem & M.Y.D. Gumedzoe. 2001. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortalit of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 37: 103-109.

Camara, C.A.G., J.P.R Melo & M.M.C Silva. 2015a. Insecticidal activity of *Melaleuca leucadendra* and *Citrus reticulata* essential oils against larvae of *Plutella xylostella*. Rev. Protec. Veg. 30: 39.

Camara, C.A., Y. Akhtar, M.B. Isman, R.C. Seffrin & F.S. Born. 2015b. Repellent activity of essential oils from two species of *Citrus* against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. Crop Prot. 74: 110–115.

Campos, L.C.A., M. Castelo Branco & A.M.R. Junqueira. 1997. Suscetibilidade de três populações de traça-das-crucíferas a *Bacillus thuringiensis*. Hortic. Bras. 15: 40-42.

Capinera, J. 2001. Handbook of vegetable pests. London, Academic Press, 730p.

Carson, C.F., K.A. Hammer & T.V. Riley. 2006. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: areview of antimicrobial and other medicinal properties. Clin. Microbiol. Rev. 19: 50-62.

Cartea, M.E., M. Lema, M. Francisco & P. Velasco. 2011. Basic information on vegetable Brassica crops, p 1-33. In J. Sadowski & C. Kole (eds.), Genetics, genomics and breeding of vegetable brassicas, Enfield, Science Publishers, 450p.

Castelo Branco, M. & A.G. Gatehouse. 1997. Insecticide resistance in *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil. An. Soc. Entomol. Brasil 26: 75-79.

- Castelo Branco, M. & A.G. Gatehouse. 2001.** A survey of insecticide susceptibility in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 30: 327-332.
- Castelo Branco, M. & A.L. Guimaraes. 1990.** Controle da traça-das-crucíferas em repolho. *Hortic. Bras.* 10: 24-25.
- Castelo Branco, M. & F.H. França. 2001.** Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae), p. 85-89. In E.F. Vilela, R.A. Zucchi & F. Cantor (eds.), *Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil*. Ribeirão Preto, Holos, 173p.
- Castelo Branco, M., F.H. França & G.L. Vollas Bôas. 1997.** Traça-das-crucíferas *Plutella xylostella*: artrópodes de importância econômica. Brasília, Embrapa Hortaliças, 4p. (Comunicado Técnico 4).
- Chawla, R.P. & R.L. Kalra. 1976.** Studies on insecticide resistance in *Plutella xylostella* L. (Diamond back moth). *Indian Pl. Prot. J.* 4: 170-80.
- Chiam, W.Y., Y. Huang, S.X. Chen & S.H. Ho. 1999.** Toxic and antifeedant effects of allyldisulfide on *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 239-245.
- Congfen, G. & Z. Xing. 1997.** Fumigant insecticidal action of the essential oil from the seeds of the savin juniper (*Sabina vulgaris* ant.). *J. Nanjing Agric. Univ.* 20: 50-53.
- Costa, M.B.B. & C.A. Campanhola. 1997.** Agricultura alternativa no estado de São Paulo. Jaguariúna, CNPMA, 63p.
- Couto, I.F.S. 2014.** Deterrência alimentar de extratos vegetais sobre *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). Dissertação de Mestrado, Dourados, UFGD, 46p.
- Craveiro, A.A. & D.C. Queiroz. 1993.** Óleos essenciais e química fina. *Quím. Nova* 16: 224-228.
- Czepak, C., P.M. Fernandes, H.G. Santana, F.S. Takatsuka & C. de Lelis Rocha. 2007.** Eficiência de inseticidas para o controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Pesqui. Agropecu. Trop.* 35: 129-131.
- Dadang, R.S. & K. Ohsawa. 1998.** Lethal and antifeedant substance from rhizome of *Alpinia galanga* SW (Zingiberaceae). *J. Pestic. Sci.* 23: 304-307.
- Di Stasi, L.C. 1996.** Química de produtos naturais, p. 109-127. In L.C. Di Stasi (ed.), *Plantas medicinais: arte e ciência - um guia de estudos multidisciplinar*. Ribeirão Preto, Universidade Paulista Editora, 345p.
- Dias, D.G.S., C.M.S. Soares & R. Monnerat. 2004.** Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. *Hortic. Bras.* 22: 553-556.

- Dixon, G.R. 2007.** Vegetable Brassicas and related crucifers. Cambridge, CABI North American Office, 327p.
- Dosdall, L.M., J.J. Soroka & O. Olfert. 2011.** The diamondback moth in canola and mustard: current pest status and future prospects. *Prairie Soils Crops J.* 4: 66-76.
- Ferigollo, D., V.R. Kirsten, D. Heckler, O.A.T. Figueredo, J. Perez-Cassarino & R.M. Triches. 2017.** Products purchased from family farming for school meals in the cities of Rio Grande do Sul. *Rev. Saúde Pública* 51: 1-10.
- Fernández, S.A. & C. Alvarez. 1988.** Biología de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) polilla del repollo (Brassica: Oleraceae L.) en condiciones de laboratorio. *Agron. Trop.* 38: 17-28.
- Filgueira, F.A.R. 2008.** Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3a ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 421p.
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. de Baptista, E.B. Filho, J.R. P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Georghiou, G.P. & A. Lagunes-Tejada. 1991.** The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome, FAO, 318p.
- Gobbo-Neto, L. & N.P. Lopes. 2007.** Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. *Quím. Nova* 30: 374-381.
- Guan-Soon, L. 1990.** Overview of vegetable IPM in Asia. *FAO Pl. Prot. Bull.* 38: 73-87.
- Guo, S. & Y. Quin. 2010.** Effects of temperature and humidity on emergence dynamics of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Entomol. Soc. Am.* 103: 2028-2033.
- Gupta, P.D. & A.J. Thorsteinson. 1960.** Food plant relationship of diamondback moth (*Plutella maculipennis* (Curt.)). Sensory relationship of oviposition of the adult female. *Entomol. Exp. Appl.* 3: 305-314.
- Hama, H. 1987.** Development of pyrethroid resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* Linne (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Appl. Entomol. Zool.* 22: 166-175.
- Hou, H., J. Feng, A. Chen & X. Zhang. 2001.** Studies on the bioactivity of essential oils against insects. *Nat. Prod. Res. Dev.* 14: 27-30.
- Huang, Y. & S.H. Ho. 1998.** Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *J. Stored Prod. Res.* 3: 11-17.

- Huang, Z., F.C. Zhou, D. Xu, M. Afzal, M.H. Bashir, S. Ali & S. Freed. 2008.** Antifeedant activities of secondary metabolites from *Ajuga nipponensis* against *Plutella xylostella*. Pakistan J. Bot. 40: 1983-1992.
- Ikin, R., G.G.M. Schulten & I. de Borhegyi. 1993.** Development and application of IPM vegetables in Africa. FAO Pl. Prot. Bull. 41: 155-160.
- 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.M. Machial. 2010.** Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochem. Rev. 9: 1-8.
- Jacobson, N.M. 1989.** Botanical pesticides (past, present and future). Annu. Chem. Soc. 213 p.
- Jankowska, B. & K. Wiech. 2006.** The composition and role of parasitoids in reducing population densities of diamondback moth *Plutella xylostella* L. on different cabbage vegetables. J. Pl. Prot. Res. 46: 275–84.
- Jbilou R., A. Ennabili & F. Sayah. 2006.** Insecticidal activity of four medicinal plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). African J. Biotechnol. 5: 36-940.
- Khakame, S.K., X. Wang & Y. Wu. 2013.** Baseline toxicity of metaflumizone and lack of cross resistance between indoxacarb and metaflumizone in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). J Econ. Entomol. 106: 1423-1429.
- Khaliq, A., M.N.R. Attique & A.H. Sayyed. 2007.** Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Pluetella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. Bull. Entomol. Res. 97: 191-200.
- Kehr, J. & A. Buhtz. 2011.** Brassica proteomics and metabolomics, p. 174-193. In D. Edwards, J. Batley, I. Parkin & C. Kole (eds), Genetics, genomics and breeding of oilseed brassicas. New York, Taylor & Francis Group, 438p.
- Koul, O. & G.S. Dhaliwal. 2001.** Phytochemical biopesticides. Amsterdam, Harwood Academy, 223p.
- Lee, H. S. 2005.** Pesticidal constituents derived from piperaceae fruits. Agric. Chem. Biotechnol. 48: 65-74.
- Lee, S.L. & W.T. Lee. 1979.** Studies on the resistance of Diamondback moth, *Plutella xylostella* to commonly used insecticides. J. Agric. Res. China 28: 225-236.
- Li, M., X. Gao, Z. Gao, W. Zhao & Z. Sun. 2008.** Insecticidal activity of extracts from forty-eighth plants including *Xanthium sibiricum* Patr. J. Plant Resour. Environ. 17: 33-37.

- Lima Neto, J.E. 2014.** Detecção e monitoramento da resistência de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Plutellidae) a inseticidas de risco reduzido. Dissertação de Mestrado, Recife, UFRPE, 39p.
- Lima Neto, J.E. 2016.** Bases para o manejo da resistência de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas: suscetibilidade e genética da resistência. Tese de Doutorado, Recife, UFRPE, 67p.
- Ling, B., M. Zhang & X. Pang 2003.** Biological activities of the volatile oil from *Chromolaena odorata* on fungi and insects and its chemical constituent. Nat. Prod. R. & D. 15: 183-187.
- Liu, M.Y., Y.J. Tzeng & C.N. Sun. 1982.** Diamondback Moth resistance to several synthetic pyrethroids. J. Econ. Entomol. 74: 393-396.
- Liu, S., M. Ji, L. Zhao, S. Wei, G. Wang, X. Li & L. Li. 2007.** Preliminary study on bioactivity of two plants extracts against three kinds of pests. Xiandai Nongyao 6: 27-29.
- Lopes, P.R. & K.C.S. Lopes. 2011.** Sistemas de produção de base ecológica: A busca por um desenvolvimento rural sustentável. REDD 4: 1-32.
- Magalhães, G.O., A.M. Vacari, V.L. Laurentis, S.A. De Bortoli & R.A. Polanczyk. 2015.** Interactions of *Bacillus thuringiensis* bioinsecticides and the predatory stink bug *Podisus nigripinus* to control *Plutella xylostella*. J. Appl. Entomol. 139: 123-133.
- Maroto-Borrego, J.V.M. 1995.** Horticultura herbacea especial. Madrid, Mundi-Prensa, 615p.
- Melo, P.E., M. Castelo Branco & N.R. Madeira. 1994.** Avaliação de genótipos de repolho para resistência à traça das crucíferas. Hortic. Bras. 12: 19-24.
- Michereff, S.J., M.A. Noronha, M.S. Xavier Filha, M.P. Câmara & A. Reis. 2012.** Survey and prevalence of species causing Alternaria leaf spots on brassica species in Pernambuco. Hortic. Bras. 30: 345-348.
- Modelski, V. 2015.** Explorando jardins comestíveis via plantas alimentícias não convencionais com mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra do Assentamento Filhos de Sepé. Monografia de Graduação, Porto Alegre, UFRS, 42p.
- Monteiro, B.A. 2009.** Valor nutricional de partes convencionais e não convencionais de frutas e hortaliças. Dissertação de Mestrado, Botucatu, UNESP, 62p.
- Mordue (Luntz), A.J. & A. Blackwell. 1993.** Azadirachtin: An update. J. Insect Physiol. 39: 903-924.
- Neves, B.P. & J.C.M. Nogueira. 1996.** Cultivo e utilização do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.). Embrapa - CNPAF – APA, 32p. (Circular Técnica, 28).

- Ninsin, K.D. 2004.** Selection for resistance to acetamiprid and various other insecticides in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). J. Appl. Entomol. 128: 445-451.
- Ohsawa, K., S. Atsuzawa, T. Mitsui & I. Yamamoto. 1991.** Isolation and insecticidal activity of three acetogenins from seeds of pond apple, *Annona glabra* L. J. pestic. Sci. 16: 93-96.
- Oliveira, A.C., H.A.A. Siqueira, J.V. Oliveira, J.E. Silva & M. Michereff Filho. 2011.** Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. Sci. Agric. 68: 154-159.
- Oliveira, T.R.S., E. Costa, C.A.G. Camara & V. Loges. 2012.** Postharvest durability of *Heliconia bihai* flower stem treated with essential oils for insect control. Acta Hortic. 1060: 229-234.
- Rai, M. & M.C. Carpinella. 2006.** Naturally occurring bioactive compounds. Oxford, Elsevier, 514p.
- Reganult-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.
- Regnault-Roger, C., B.J.R. Philogene & C. Vincent. 2005.** Biopesticides of plant origin. Lavoisier. Paris, Lavoisier, 313p.
- Reis, C., F. Queiroz, & M. Fróes. 2004.** Jardins comestíveis. Ubatuba, IPEMA, 18p.
- Ribeiro, L.M.S., V. Wanderley-Teixeira, F.M. da Cunha, A.A. Teixeira & H.A.A. Siqueira. 2012.** Immunological response of resistant and susceptible *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis*. Rev. Colomb. Entomol. 38: 208-214.
- Ribeiro, L.M.S., V. Wanderley-Teixeira, H.N. Ferreira, A.A. Teixeira & H.A.A. Siqueira. 2014.** Fitness costs associated with field-evolved resistance to chlorantraniliprole in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Bull. Entomol. Res. 104: 88-96.
- Ribeiro, N., C. Camara & C. Ramos. 2016.** Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). Chil. J. Agric. Res. 76: 71-76.
- Ribeiro, P.H., M.L. dos Santos, C.A. da Camara, F.S. Born & C.W. Fagg. 2016.** Seasonal chemical compositions of the essential oils of two *Eugenia* species and their acaricidal properties. Quím. Nova 39: 38-43.
- Rodríguez H., C. & J.D. Vendramim. 1998.** Uso de índices nutricionales para medir el efecto insecticida de extractos de meliáceas sobre *Spodoptera frugiperda*. Man. Integ. Plagas 48: 11-18.

- Rosário, C. & C. Cruz. 1986.** Life cycle of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 70: 229-234.
- Santos, V.C., H.A.A. De Siqueira, J.E. Da Silva & M. De Farias. 2011.** Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. Neotrop. Entomol. 40: 264-270.
- Sapindal, E., K.H. Ong & P.J.H. King. 2017.** Efficacy of *Azadirachta excelsa* vinegar against *Plutella xylostella*. Int. J. Pest Manag. (available online).
- Saxena, R.C. 1989.** Insecticides from neem, p. 110-135. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogene & P. Morand (eds.), Insecticides of Plant Origin, Washington, American Chemical Society, 213p.
- Schmourlo, G., R.R. Mendonça-Filho, C.S. Alviano & S.S. Costa. 2005.** Screening of antifungal agents using ethanol precipitation and bioautography of medicinal and food plants. J. Ethnopharmacol. 96: 563-568.
- Schmutterer, H. 1987.** Insect growth-disrupting and fecundity-reducing ingredients from the neem and chynaberry trees, p.119-167. In E.D. Morgan & N.B. Mandava (eds.), Crc handbook of natural pesticides: volume iii, insect growth regulators - part b. Washington, CRC Press, 180p.
- Shinoda, T., T. Nagao, M. Nakayama, H. Seriazawa, M. Koshika, H. Okabe & A. Kawai. 2002.** Identification of a triterpenoid saponin from a crucifer, *Babarea vulgaris*, as a feeding deterrent to the diamondback moth, *Plutella xylostella*. J. Chem. Ecol. 28: 587-599.
- Silva, J.E., H.A.A. Siqueira, T.B.M. Silva, T., M.R. Campos & R. Barros. 2012.** Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. Crop Prot. 35: 97-101.
- Silva, R.R., M.M. Moraes, C.A. Camara & C.S. Ramos. 2015.** Change in the Chemical Profile of *Mangifera indica* Leaves after their Metabolism in the *Tropidacris collaris* Grasshopper. Nat. Prod. Commun. 10: 1809-1810.
- Simões, C.M. & V. Spitzer. 2004.** Óleos voláteis, p. 387-416. In C.M.O. Simões, E.P. Schenkel, G. Gosmann, J.C.P. Mello, L.A. Mentz & P.R. Petrovick (eds.), Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5ed., São Carlos, Ed. da UFSC, 1102p.
- SiBBR (Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira). 2017.** Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 11 Jan. 2017
- Sosa, M.E., C.E. Tonn, E. Guerreiro & O.S. Giordano. 2000.** Bioactividad de flavonoides sobre larvas de *Tenebrio monitor*. Rev. Soc. Entomol. Arg. 59: 179-184.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275-301.

- Tapondjou, A.L., C. Adler, D.A. Fontem, H. & C. Bouda Reichmut. 2005.** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. J. Stored Prod. Res. 41: 91-102.
- Thuler, R.T. 2009.** Criação de *Plutella xylostella*, p. 58-68. In S.A. Bortoli (ed.), Criação de insetos base à biofábrica. Jaboticabal, Edição Própria, 189p.
- Triches, R.M., L.P. Barbosa & F. Silvestri. 2016.** Agricultura Familiar e Alimentação Escolar no Estado do Paraná: uma análise das chamadas públicas. Rev. Parana. Desenvolv. 37: 29-43.
- Vacari, A.M. 2009.** Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758). Tese de Doutorado, Jaboticabal, UNESP, 102p.
- Veiga, A.C.P., C.L.T.P. Viana, E.C. Pedroso, A.K. Otuka, M.A. Viana, V.L. Laurentis, A.M. Vacari & S.A. Bortoli 2010.** Biologia comparada de duas populações de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em laboratório. Hortic. Bras. 28: 773-778.
- Walling, L.L. 2000.** The myriad plant responses to herbivores. J. Pl. Growth Regul. 19: 195-216.
- Yi, C.G., M. Kwon, T.T. Hieu, Y.S. Jang & Y.J. Alun. 2007.** Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidea) and *Costesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidea). Asia-Pacific Entomol. 10: 157-163.
- Yuncker, T.G. 1972.** The Piperaceae of Brazil. Hoehnea 2: 19-366.
- Zago, H.B., H.A Siqueira, E.J. Pereira, M.C. Picanço & R. Barros. 2014.** Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. Pest Manag. Sci. 70: 488-495.
- Zeng, Q., Y. Cai, Z. Yan, X. Wang & Y. Wang. 2006.** Studies on insecticidal activity and toxic component of essential oil from *Pogostemon cablin*. J. Plant Resour. Environ. 15: 21-25.
- Zhang, M., B. Ling, C. Kong, X. Pang & G. Liang. 2003.** Chemical components of volatile oil from *Mikania micrantha* and its biological activity on insects. J. Appl. Ecol. 14: 93-96.
- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. Pestic. Biochem. Physiol. 132: 38-46.
- Zhou, L., J. Huang & H. Xu. 2011.** Monitoring resistance of field populations of diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: A ten-year case study. Crop Prot. 30: 272-278.

CAPÍTULO 2

ATIVIDADE INSETICIDA DE FORMULADOS COM ÓLEOS ESSENCIAIS DE
ESPÉCIES DA FAMÍLIA RUTACEAE E MYRTACEAE PARA O MANEJO DA TRAÇA-
DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)¹

JOÃO P. R. MELO²

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

¹Melo, J.P.R. Atividade inseticida de formulado a base de óleos essenciais de espécies da família Rutaceae e Myrtaceae para o manejo da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*. A ser submetido à Industrial Crops and Products.

RESUMO – A traça-das-crucíferas é uma praga severa que causa elevados prejuízos aos agricultores do cultivo da couve-flor, brócolis, couve de Bruxelas, mostarda, rabanete e nabo. O principal manejo utilizado para controle de pragas são inseticidas sintéticos que em grandes quantidades ocasiona desequilíbrios ecológicos e resistência de pragas ao produto utilizado. Uma estratégia de manejo da resistência é o uso de inseticidas botânicos que são recursos renováveis e geralmente, rapidamente degradados, não fica resíduo em alimentos e no meio ambiente. Dessa forma, esse capítulo teve como objetivo avaliar a atividade inseticida de formulações contendo óleo essencial (OE) das espécies *Citrus aurantium* L., *Citrus limon* L. Burm e *Citrus aurantiifolia* Tanakae da família Rutaceae e *Eucalyptus citriodora* Hook, *Eucalyptus globulus* Labill, *Eugenia caryophyllus* L., *Melaleuca alternifolia* Chell e *Melaleuca leucadendra* L. da família Myrtaceae. Os experimentos basearam-se numa amostra de 35.719 larvas de terceiro instar e 30.307 ovos, os compostos químicos majoritários identificados nos óleos essenciais (OEs) estudados foram limoneno, eugenol, 1,8 cineol, citronellal, terpinen-4-ol e E-nerolidol. As curvas de concentração teve destaque para os para os OEs extraído das folhas de *E. caryophyllus* que apresentaram atividades inseticidas melhores que o Decis[®] e Azamax[®] para população resistente a deltametrina. Os formulados à base de OEs apresentaram ação inseticida maior ou semelhante ao ingrediente ativo deltametrina e azadiractina e têm potencial para o desenvolvimento como inseticida botânico auxiliando no manejo de pragas da cultura das brassicas.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência, Brassicaceae, deltametrina, atividade larvicida, deterrência alimentar, atividade ovicida

INSECTICIDE ACTIVITY OF FORMULATED WITH ESSENTIAL OILS OF SPECIES OF
THE FAMILY RUTACEAE AND MYRTACEAE FOR THE MANAGEMENT OF THE
DIAMONDBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

ABSTRACT – The diamondback moth is a severe pest that causes high losses to farmers of the cultivation cabbage, cauliflower, broccoli, mustard, Brussel sprouts, radish and turnip. The main management used for pest control is synthetic insecticides, which in large quantities causes ecological imbalances, resistance of pests to the product used. A resistance management strategy is the use of botanical insecticides that are renewable resources is generally, rapidly degraded, not residues in food and environment. Thus, this chapter aimed to evaluate the insecticidal activity of formulations containing essential oil (EO) of the species *Citrus aurantium* L., *Citrus limon* L. Burm and *Citrus aurantiifolia* Tanakae for family Rutaceae and *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus globulus* Labill, *Eugenia caryophyllus* L., *Melaleuca alternifolia* Chell and *Melaleuca leucadendra* L. for family Myrtaceae. The experiments relied on a sample for 35,719 third instar larvae and 30,307 eggs, the major chemical compounds identified in the EOs studied were limonene, eugenol, 1.8 cineole, citronellal, terpinen-4-ol and *E*- nerolidol. The concentration curves had featured for EOs extracted from leaves of *E. caryophyllus* that showed insecticidal activity better than the Decis[®] and Azamax[®] for deltamethrin resistance population. Formulated the basis of EOs showed insecticidal action larger or similar active ingredient deltamethrin and azadirachtin and has potential development as botanical insecticides aiding in pest management for brassicas cultures.

KEY WORDS: Resistance, Brassicaceae, deltamethrin, larvicidal activity, antifeedant, ovicida activity

Introdução

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidopera: Plutellidae) é uma praga severa em mais de 80 países para cultivo da couve-flor, couve, brócolos, mostarda, rabanete, nabo (Eusebion & Rejsus 1996, Mohan & Gujar 2003, Sarfraz *et al.* 2006, Attique *et al.* 2006, Grzywackz *et al.* 2010, Zhou *et al.* 2011, Khakame *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2016), pertencentes a família Brassicaceae. Em alguns países, a *P. xylostella* causou prejuízos de 16 a 80 milhões de dólares para os produtores de repolho (Shelton 2001, Mohan & Gujar 2003). No Brasil, a perda na qualidade do produto que pode chegar a 100% em todas as regiões (Marchioro & Foerster 2014) e custos em torno de uma a dois bilhões de dólares anuais para os agricultores (Barros *et al.* 1993, Castelo Branco *et al.* 2001, Cardoso *et al.* 2012, Zalucki *et al.* 2012).

Para minimizar esses prejuízos causados a estratégia mais utilizada é por meio de inseticidas sintéticos devido à rapidez e eficiente redução da população da praga (Tiba 2008, De Bortoli *et al.* 2013). Porém, mesmo empregado de modo correto, os produtos sintéticos em grandes quantidades ocasiona desequilíbrios ecológico, além, de a praga adquirir resistência ao produto utilizado (Medeiros *et al.* 2005). O uso excessivo, em alguns casos até dezesseis aplicações por cultivo de couve-flor (Dias *et al.* 2004), fez com que a *P. xylostella*, em 2017, apresentasse resistência a 95 inseticidas sintéticos (MSU 2017). No Brasil, primeiro consumidor do planeta de defensivos agrícolas, tem 15 ingredientes ativos para traça-das-crucíferas registrados (AGROFIT 2017) e já foi relatada resistência de populações da traça-das-crucíferas a dez inseticidas químicos (Santos *et al.* 2011, Silva *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2012, Ribeiro *et al.* 2014, Lima Neto 2014, Lima Neto 2016). Entre estes, a população de traça das crucíferas do Nordeste do Brasil se apresenta mais tolerante a um ingrediente ativo, deltametrina, muito utilizado no controle químico (Oliveira *et al.* 2011).

Uma estratégia de gestão da resistência é o uso de inseticidas botânicos que são recursos renováveis e geralmente, rapidamente degradados, não deixam resíduos em alimentos e no meio ambiente (Bouda *et al.* 2001, Wiesbrook 2004, Penteadó 2007). Um tipo de inseticida botânico que vem sendo promissor, é o óleo essencial (OE), que demonstra eficiente ação contra os insetos em casa de vegetação (Aslan *et al.* 2004) e no campo (Isman *et al.* 2010). O uso de óleos essenciais diminui a frequência à resistência desenvolvida pelos insetos aos constituintes químicos (Alkofahi *et al.* 1989), além de apresentar baixa toxicidade ao homem (Neves & Nogueira 1996).

O Brasil apresenta mais de 46.000 espécies vegetais catalogadas (SiBBR 2017) e entre as espécies botânicas promissoras podemos citar as do gênero *Citrus* da família Rutaceae, que são espécies produtoras dos frutos mais consumidos no mundo, laranjas, tangerinas, limas e limões (Ortiz 2002, Oliveira 2008). A casca dos frutos de citros possui diversos metabólitos secundários, responsáveis por sua proteção contra fatores bióticos e abióticos, como terpenóides, carotenóides, cumarinas, furanocumarinas e flavonóides, principalmente flavononas e flavonas polimetoxiladas, raras em outras plantas (Ahmad *et al.* 2006, Delort & Naef 2011, Dugo *et al.* 2011, Lawless 2013). Os compostos presentes em óleos essenciais de citros têm despertado interesse em diversas áreas em virtude da bioatividade, como atividade antibacteriana (Kumar *et al.* 2011), antifúngica (Liu *et al.* 2012), antioxidante (Patil *et al.* 2009), inseticida (Siskos *et al.* 2008), entre outras atividades.

A família Myrtaceae apresenta grande variedade de espécies, no mundo são relatados 4620 espécies (Stefanello *et al.* 2011) com potencial de bioatividade. A maioria dos óleos essenciais de Myrtaceae é caracterizada pela predominância de sesquiterpenes, alguns com propriedades biológicas importantes, como exemplo, atividades citotóxicas, antinociceptivas e analgésicas (Suhja 2006). No Brasil, 990 espécies tem uso conhecido dos óleos essenciais atuando na medicina popular (Sobral *et al.* 2017), entre essas podemos citar o gênero *Eugenia*, *Eucalyptus* e

Melaleuca que apresentam ação antioxidantes, antimicrobianos e purificadores (Stefanello *et al.* 2011, Lawless 2013, Baser & Buchbauer 2016).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de formular e avaliar a ação inseticida de produtos a base de óleos essenciais das espécies *Citrus aurantium* L., *Citrus limon* L. Burm e *Citrus aurantiifolia* Tanakae da família Rutaceae e *Eucalyptus citriodora* Hook, *Eucalyptus globulus* Labill, *Eugenia caryophyllus* L., *Melaleuca alternifolia* Chell e *Melaleuca leucadendra* L. da família Myrtaceae para auxiliar no manejo da traça-das-crucíferas.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Inseticidas Naturais do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de Janeiro de 2014 a Dezembro de 2016.

Criação de Insetos. As populações suscetível e resistente ao ingrediente ativo deltametrina da traça-das-crucíferas foram obtidas da criação do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A população suscetível de *P. xylostella* ao ingrediente deltametrina foi coletada em Recife, Pernambuco, e mantida no laboratório na ausência de pressão seletiva por inseticidas desde 1998 e a população resistente foram coletadas do campo, nas Cidades de Chã Grande e Bezerros, onde existem relatos de falha de controle com inseticidas a base de deltametrina. As larvas de *P. xylostella*, mantidas conforme metodologia proposta por Barros *et al.* (2012), com algumas adaptações, e estabelecida no Laboratório de Inseticidas Naturais do PPGEA da UFRPE, nas condições de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

Os adultos da praga foram confinados em gaiolas plásticas transparentes retangulares (20 cm de comprimento x 10 cm de largura x 15 cm de altura) com abertura lateral fechada com tela de náilon para ventilação. Dentro das gaiolas, discos de folhas de couve medindo dez centímetros de diâmetro foram oferecidos como substrato para postura, sobrepostos a um papel de filtro e estes sobre esponjas de igual tamanho, embebidas em água. Foi oferecido mel a 10% diluído em água e impregnado 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 var. manteiga obtidas de produção orgânica até a formação das pupas. As pupas foram coletadas e mantidas em recipiente coberto com filme plástico PVC contendo pequenas perfurações para permitir trocas gasosas, até a emergência dos adultos, transferidos para as gaiolas de criação de adultos. 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.

Obtenção dos Óleos Essenciais e Inseticidas. Foram utilizados OEs comerciais das espécies *Citrus aurantium* var *dulcis*, *Citrus aurantium* var *amara*, *Citrus limon* e *Citrus aurantiifolia* (família Rutaceae). Os OEs das espécies da família Myrtaceae foram *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus globulus*, *Eugenia caryophyllus* e *Melaleuca alternifolia*, adquiridos da empresa FERQUIMA Ind. e Com. Ltda, além, do OEs extraído de folhas da espécie *Melaleuca leucadendra* (família Myrtaceae) encontrada no bioma Pernambucano. 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),

deltametrina (Decis[®] 25 g i.a./L C.E., Bayer CorpScience) e clorantraniliprole (Premio[®] 200 g i.a./L S.C., DuPont Ltda) 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 (2001) e Scordino *et al.* (2008), 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).

Obtenção dos Formulados. Para obtenção de um produto, os formulados foram elaborados com 8.000 mg de óleo essencial/L adicionados a soluções aquosa (água destilada) contendo 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico, obtendo-se formulações a base de óleos essenciais para as diluições utilizadas nos bioensaios.

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 nas soluções preparadas com óleo essencial puro diluído em água destilada por 10 segundos e postos para secar em temperatura ambiente. Após 48 h, avaliaram-se os níveis dos índices de 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 sábia nos discos, respectivamente. Para os bioensaios de toxicidade e deterrência alimentar larval testaram concentrações que apresentaram sintoma leve com pequeno amarelecimento.

Bioensaios de Toxicidade Larval. A técnica utilizada para determinar a toxicidade das larvas foi o de imersão. 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 ou composto isolado) em água destilada contendo 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico. Colocou-se para secar durante 30 minutos à temperatura ambiente.

Após a secagem, dez larvas de terceiro instar de *P. xylostella* foram transferidos para cada disco de folha e a mortalidade registrada 48 h após a exposição. Seis repetições por tratamento foram realizados e repetidos no tempo, correspondendo a 120 larvas. Para verificar os efeitos da toxicidade do formulado, os resultados foram comparados com controle positivo de dois inseticidas químicos, primeiro que a população apresenta resistência (i.a. deltametrina), segundo

que apresenta sensibilidade (i.a. clorotraniliprole) e o inseticida botânico (i.a. azadiractina), além do controle negativo (água destilada, monolaurato de sorbitano polioxietileno e ácido dodecilbenzeno sulfônico). As populações de traça-das-crucíferas foram submetidas a concentrações decrescentes a partir de 3.125 mg i.a. de deltametrina/L, 4.800 mg i.a. de azadiractina/L e 573 mg i.a. clorotraniliprole/L e sua diluição seguiu as recomendações do fabricante. Os Formulados a base de óleo essencial de foram diluído em solução aquosa (1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno + 0,1% de Acido 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, realizando de 7 a 8 concentrações por tratamento. Os dados de mortalidade foram analisados pelo modelo Probit (Finney 1971) por meio do Sistema SAS para Windows versão 9.00 (SAS Institute 2001) para determinar os valores de CL_{50} e CL_{90} , com intervalos de confiança de 95%. A metodologia de Robertson *et al* (2007) foi usada para calcular razões de toxicidade e razões de resistência com intervalos de confiança a 95%.

Bioensaios de Deterrência Alimentar. A metodologia da Deterrência Alimentar (DA) foi adaptada de Akhtar *et al.* (2012). Inicialmente verificou o possível efeito deterrente dos óleos essenciais na alimentação da *P. xylostella*. com concentrações variando entre a CL_{10} e CL_{30} dos óleos essenciais para o bioensaio de deterrência alimentar com chance de escolha. Essas concentrações serviram como base para formulações das demais concentrações para análise do Índice de Deterrência Alimentar (IDA).

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 2,2 cm de diâmetro foram imersos nas soluções preparadas, óleo essencial puro diluído em água destilada contendo 1,0% de

Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico 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 30 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 a preferência 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. Para essa análise utilizou de 7 a 8 concentrações para cada tratamento, com 30 repetições por tratamento.

A metodologia para análise do IDA foi adaptada de Akhtar *et al.* (2012) e descrita anteriormente para análise de preferência 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.

Bioensaios de Toxicidade Ovicida. 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 30 ovos, os quais foram imersos (Torres *et al.* 2006) nas soluções dos concentrados emulsionados de OEs e em água destilada (controle),

totalizando 120 ovos por tratamento em delineamento inteiramente casualizado. A secagem dos discos foi à temperatura ambiente por 30 minutos. Os discos foram dispostos sobre papel de filtro, sobrepostos numa esponja saturada em água, no interior de bandejas plásticas, à temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h. Para essa análise utilizou de 7 a 10 concentrações para cada tratamento.

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 CL_{50} e CL_{90} , com intervalos de confiança de 95%. A metodologia de Robertson *et al.* (2007) foi usada para calcular razões de toxicidade e razões de resistência com intervalos de confiança a 95%.

Resultados e Discussão

Os experimentos que identificaram a toxicidade residual para os inseticidas sintético e botânico foram realizados com uma amostra de 6.904 larvas do 3^o instar das populações de Recife, Chã Grande e Bezerros. Os bioensaios de toxicidade residual dos óleos essenciais a amostra foi de 8.588, 8.467 e 8.400 para as populações Recife, Chã Grande e Bezerros, respectivamente, e, 3.360 larvas do 3^o instar para bioensaio de deterrência alimentar. A toxicidade para os ovos teve uma amostra total para duas populações (Recife e Bezerros) de 30.307 ovos.

Análise e Identificação Química dos Constituintes do Óleo Essencial. Os compostos químicos majoritários identificados nos Óleos Essenciais (OEs) do gênero *Citrus* apresentou o composto majoritário limoneno nas concentrações 90,28%; 75,15%; 57,65% e 68,19% do total de componentes nos OEs de *Citrus aurantium* var. *amara*, *Citrus aurantium* var. *dulcis*, *Citrus aurantiifolia* e *Citrus limon*, respectivamente (Tabela 1). De acordo com a composição química, o

limoneno, foi reportado na literatura, como componente majoritário no óleo das cascas das espécies estudadas. Em *C. aurantium* o percentual variou entre 77,90-96,41% (Kirbaslar & Kirbaslar 2003, Lawless 2013, Zarrad *et al.* 2015). A espécie *C. limon*, Limão Siciliano, a variação reportada na literatura foi de 37,20-98,80% (Chowdhury *et al.* 2007, Monajemi *et al.* 2010, Lawless 2013, Fancello *et al.* 2016) e o *C. aurantiifolia*, apresentou percentuais entre 19,00-52,20% (Craske *et al.* 2005, Chowdhury *et al.* 2006, Lawless 2013, Bornscheuer 2014).

Análise química para os OEs da espécie *Eugenia caryophyllus* (Sinonímia *Syzygium aromaticum*) apresentou o composto majoritário eugenol nas concentrações 72,80% e 64,56% do total de componentes no óleo extraído dos botões florais e folhas da espécie, respectivamente (Tabela 2). A composição química é reportada na literatura, com o eugenol sendo seu componente majoritário no óleo essencial dos botões florais e folhas constituindo 65,00 a 80,00% do óleo essencial da espécie *E. caryophyllus* (Jirovetz *et al.* 2006, Kouassi *et al.* 2009, Arenas *et al.* 2011, Lawless 2013, Bornscheuer 2014, Buentello-Wong 2016).

O composto 1,8 cineol (77,91%) foi majoritário do óleo essencial da espécie *Eucalyptus globulus*, Já o limoneno e o citronellal, 25,73 e 53,81%, respectivamente, foram os compostos majoritários para o óleo essencial da espécie *Eucalyptus citriodora* (Tabela 3). Na espécie *E. globulus*, o composto 1,8 cineole, tem sido encontrado frequentemente, constituindo cerca de 50 a 85% do óleo essencial desta espécie (O'Neil 2013, Lawless 2013, Bornscheuer *et al.* 2014, Harkat-Madouri *et al.* 2015, Dehghani-Samani *et al.* 2016, Joshi *et al.* 2016). Já em outra espécie do mesmo gênero, *Eucalyptus citriodora*, o constituinte majoritário com variação de 60 a 95 % da composição do óleo essencial é o citronellal, relatado com frequência na literatura (Batish *et al.* 2006, O'Neil 2013, Lawless 2013, Vera *et al.* 2014, Bornscheuer *et al.* 2014, Tolba *et al.* 2015, Costa *et al.* 2016, Degani *et al.* 2016).

As espécies *Melaleuca alternifolia* e *Melaleuca leucadendra* apresentou o terpinen-4-ol (45,92%) e E-nerolidol (85,44%) o composto majoritário, respectivamente (Tabela 4). O composto terpinen-4-ol é encontrado acima de 30% na espécie *M. alternifolia* (Hammer *et al.* 2012, Ninomiya *et al.* 2012, Lawless 2013, Groot & Schmidt 2016, Yadav *et al.* 2016). O óleo essencial de *M. leucadendra* (Sinonímia *Myrtus leucadendra*, Ortografia variante *Melaleuca leucadendron*), apresenta o 1,8 Cineol como seu componente majoritário (Noosidum *et al.* 2008, Rini *et al.* 2012). Porém, em estudo realizado na Índia e no Brasil o E-nerolidol foi o composto majoritário dessa espécie (Coutinho *et al.* 2010, Padalia *et al.* 2015). A composição química dos óleos essenciais derivados de plantas pode variar para a mesma espécie em locais ou períodos de coletas diferentes dependendo de fatores ambientais e biológicos (Burt 2004, Cavar *et al.* 2012, Tak *et al.* 2016). A forma estrutural dos ingredientes ativos dos inseticidas sintéticos e botânico além dos compostos químicos majoritários identificados são apresentados na Fig. 1.

Teste de Fitotoxicidade dos Óleos Essenciais. Na avaliação da fitotoxicidade dos produtos formulados a base de óleo essencial (OE) o principal sintoma de fitotoxicidade nos discos de couve folha foi o amarelecimento nas folhas nas regiões em que a solução do formulado se acumulava nas bordas e nas nervuras foliares. Para todos os óleos avaliados, nas concentrações abaixo de $1,0 \times 10^3 \text{ mg L}^{-1}$, não foi verificada fitotoxicidade para a couve folha, porém, nas concentrações com $2,2 \times 10^3 \text{ mg L}^{-1}$, os formulados cítricos apresentaram toxicidade leve, uma vez que as folhas de couve apresentaram pequeno amarelecimento nas folhas. Para os tratamentos com solvente com água destilada contendo 1,00% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de ácido dodecilbenzeno sulfônico não verificou-se fitotoxicidade nos discos de folhas. A fitotoxicidade ocorre quando a tolerância da planta sobre um estresse é atingida, caracterizada por lesões irreversíveis, resultante da tentativa natural da planta de desintoxicar as células a uma determinada molécula (Carvalho *et al.* 2009). O uso de óleos essenciais ou seus componentes

majoritários necessita atenção, pois geralmente, os produtos que apresentam alta eficácia, podem vir a serem, também os mais fitotóxicos (Isman 2000). O aparecimento dos efeitos fitotóxicos depende da forma como as substâncias são aplicadas, dos veículos utilizados e da dose utilizadas.

Bioensaios de Toxicidade Larval. As curvas de concentração-resposta obtidas nos bioensaios com os ingrediente ativos (i.a.), deltametrina (Decis[®]) e clorantraniliprole (Premio[®]), para mortalidade das larvas de terceiro instar de *Plutella xylostella* se ajustaram ao modelo de Probit (valores do χ^2 não significativos e valores de P acima de 0,05), para as três populações estudadas. As populações de *P. xylostella* analisadas neste estudo foram consideradas resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, pois suas estimativas de CL₅₀ foram maiores que a dose de campo recomendada (7,5 mg L⁻¹), adotando a população Recife como referencia para suscetibilidade. A população Bezerros apresentou maior resistência aos dois inseticidas sintéticos, 5,10 vezes (clorantraniliprole) e 26,30 vezes (deltametrina) comparados com a população suscetível. O inseticida botânico, com i.a. azadiractina (Azamax[®]), teve níveis de resistência aproximados de 3,97 e 4,82 vezes para populações Chã Grande e Bezerros, respectivamente, comparados à população suscetível (Tabela 5).

A resistência a diversos produtos e princípios ativos diferentes, ocorre, principalmente, devido às características biológicas dessa espécie, como exemplo, alta frequência de reprodução e de gerações sobrepostas, o que contribui para o desenvolvimento da resistência de forma rápida (Shelton 2001). Em 2017, a traça-das-crucíferas apresentou resistência a 95 ingredientes ativos (APRD 2017), entre esses deltametrina e clorantraniliprole, o primeiro com resistência registrada desde 1981 (Liu *et al.* 1981) e o segundo desde 2012 (Wang & Wu 2012, Troczka *et al.* 2012) chamou a atenção de diversas instituições mundiais, principalmente nos Estados Unidos (USEPA 2015). No Brasil, o Estado de Pernambuco já vem relatando a resistência da *P. xylostella* por alguns pesquisadores a diferentes ingredientes ativos (Oliveira *et al.* 2011, Santos *et al.* 2011,

Ribeiro *et al.* 2012, Silva *et al.* 2012, Lima Neto 2014, Ribeiro *et al.* 2014, Zago *et al.* 2014, Lima Neto 2016).

As curvas de concentração-resposta para o inseticida botânico Azamax[®] (i.a. azadiractina) apresentou concentração letal (CL₅₀) de 33,04 mg L⁻¹ para a população suscetível, Recife (Tabela 5). O formulado com OE extraído das folhas de *E. caryophyllus* a CL₅₀ foi de 40,95 mg L⁻¹ para a população suscetível, Recife, (Tabela 6), semelhante ao ingrediente ativo deltametrina e azadiractina. O formulado com óleo essencial de *M. alternifolia* apresentou toxicidade 26,62 vezes menor que o ingrediente ativo deltametrina para essa mesma população (Tabela 7). A população Chã Grande, resistente a deltametrina, apresentou CL₅₀ menores para os óleos essenciais extraídos dos botões (136,87 mg L⁻¹) e folhas (73,99 mg L⁻¹) de *E. caryophyllus* (Tabela 6), CL₅₀ de 112,60 mg L⁻¹ para o inseticida botânico Azadiractina (Tabela 5). A razão de toxicidade dos formulados compostos pelos óleos essenciais de *M. alternifolia*, *M. leucadendra* (Tabela 7) e *Citrus aurantium* (Tabela 8) foram próximos do ingrediente ativo deltametrina para população Chã Grande (Tabela 5). A população com maior resistência ao ingrediente ativo deltametrina, foi suscetível a maioria dos formulados elaborados, exceto para o formulado com óleo essencial extraído das folhas da espécie *E. globulus*, (Tabela 9) que teve CL₅₀ semelhante a do inseticida químico deltametrina (Tabela 5). Comparando os resultados de toxicidade para larvas de 3^o instar da população Bezerras, verificou que sete dos dez formulados elaborados foram mais tóxicos que o inseticida sintético (Decis[®]) indicando a eficácia dessas formulações na mortalidade da traça-das-crucíferas (Fig. 4).

Alguns inseticidas derivados de plantas são utilizados como alternativa para o controle da *P. xylostella*, especialmente os óleos essenciais que apresentam grandes fontes de compostos bioativos com menor risco ao ambiente (Isman 2008) podem atuar em múltiplos e novos sítio alvo (Kostyukovsky 2002, Isman 2006). A presente tese demonstrou que os OEs utilizados

apresentaram atividade larvicida para as populações sensíveis e resistentes a deltametrina, em alguns casos com atividades melhores que a do inseticida químico. Em estudo na Coreia do Sul, Yi *et al.* (2015) relata que o óleo essencial de *Lavandula angustifolia*, apresentou toxicidade larvicida eficazes para as populações resistentes à deltametrina. O melhor desempenho dos óleos essenciais não fica restrito a resistência de *P. xylostella* a deltametrina, Rejesus (2009), observou que OEs de das folhas de *Ageratum conyzoides*, *Blumea balsamifera*, *Caesalpinia pulcherrima* e *Coleus amboinicus* foram altamente tóxicos para traça-das-crucíferas resistentes a organofosforados. As respostas de produtos das espécies estudadas da família Rutaceae e Myrtaceae, já apresentaram potencial inseticida para outro inseto, *Sithophylos zeamais*, praga de grãos armazenados, os óleos essenciais apresentaram CL₅₀ variando de 24,02-28,02 µg/cm³, para o gênero *Eucalyptus*, 3,93 µg/cm³ para *M. Leucadendra* e 1,80 µg/cm³ para *Citrus aurantium* (Song 2016).

Nas populações resistentes, os formulados inovadores foram mais tóxicos que os inseticidas sintéticos e botânicos disponíveis no mercado para o controle da traça-das-crucíferas. Uma possível explicação está associada à composição química dos óleos essenciais apresentarem diversos componentes interagindo em modos de ação diferentes (Ebadollahi 2013, Benelli 2015, Pavela 2015). No entanto, novos estudos devem ser direcionados para verificar a ação inseticida para alterações biológicas e na relação custo-benefício desses óleos e compostos para aplicação no manejo integrado de pragas agrícolas.

Bioensaios de Deterrência Alimentar. O inseticida botânico comercial com ingrediente ativo azadiractina, apresentou uma concentração de 420,01 mg L⁻¹ capaz de reduzir a alimentação em 50% (DT₅₀) da população resistente Bezerras, razão de deterrência, 335,37 vezes maior que o encontrado na população suscetível (Tabela 10). A ação do ingrediente ativo azadiractina é conhecida pela sua forte influencia no comportamento da alimentação dos insetos desde 1970

(Isman 2006). Em 2016, Kolani, verificou que na população da traça-das-crucíferas coletadas na cidade de Cotonou, Benim, para conseguir uma deterrência alimentar próxima dos 80% foi necessário uma concentração de 700 mg L⁻¹. A azadiractina é um exemplo de produto derivado de plantas que afeta a alimentação por meio da recepção química, promovendo a redução na ingestão de alimentos (Mordue & Blackwell 1993).

As espécies *Citrus aurantiifolia* e *Citrus limon*, apresentaram uma DA₅₀ de 180,93 e 181,25 mg L⁻¹, respectivamente, para população resistente, não apresentando diferenças significativas entre si (Tabela 11). Todos os produtos com óleos essenciais das espécies do gênero *Citrus* estudada foram mais ativos que o produto comercial botânico com principio ativo azadiractina para população de traça-das-crucíferas resistente a deltametrina. Em estudo para verificar as atividades dos óleos essenciais das espécies de *Citrus aurantium* foi altamente deterrente alimentar para larvas de terceiro instar dos insetos *Spodoptera frugiperda* (Villafañe *et al.* 2011), *Helicoverpa armigera* e *Plutella xylostella* (Hou *et al.* 2001).

As espécies da família Myrtaceae, o destaque para DA₅₀ foi o formulado a base de óleo essencial extraído da folha da espécie *Eugenia caryophyllus* (Tabela 12). Em estudo com outra praga da brassicas, Akhtar *et al.* (2012), observou que o óleo essencial da espécie *E. caryophyllus* diminui a alimentação da praga *Trichoplusia ni*. Os formulados produzidos dos óleos essenciais de *M. alternifolia*, *M. leucadendra*, *E. citriodora* e *E. globulus* apresentaram uma deterrência alimentar semelhantes aos das espécies da família Rutaceae estudados nessa pesquisa para população resistente ao produto deltametrina. Alguns estudos demonstram a grande variedade de insetos afetados pelos óleos essenciais da família Myrtaceae (Tripathi *et al.* 2001, Ebadollahi 2011, Chowdhury *et al.* 2012). Estudo realizado por Wei *et al.* (2015) verificou que o óleo essencial extraído da espécie *Chenopodium ambrosioides* a uma concentração de 66,81 mg L⁻¹ reduz a alimentação da *P. xylostella* em 50%. Pesquisa avaliando a atividade inseticida do óleo

essencial de *M. officinalis* sobre o inseto *T. Castaneum* observou que as doses subletais reduzem a alimentação da praga (Ebadollahi 2016). Comparando os resultados da deterrência alimentar para larvas de 3^o instar da população resistente, Bezerras, verificou que oito dos dez formulados elaborados foram mais deterrentes que o inseticida botânico comercial azamax[®] indicando a eficácia dessas formulações a base de óleo essencial na inibição alimentar da traça-das-crucíferas (Fig. 3).

Uma possível explicação para atividade deterrentes dos óleos essenciais pode ser atribuída à quantidade de compostos atuando simultaneamente isolados ou sinergicamente inibindo a alimentação dos insetos (Jiang *et al.* 2009). No entanto, o efeito da deterrência alimentar de um óleo essencial é específica da mistura ali contida, a atividade de compostos majoritários pode ser semelhante na maioria dos casos (Akhtar *et al.* 2003). A ação de deterrência alimentar ocorre devido à ligação do produto com órgãos sensoriais no aparelho bucal, que transmite um impulso aos centros nervosos que controlam a alimentação fazendo com que o inseto não se alimente (Singh *et al.* 2015). Os produtos deterrentes alimentares agem diretamente na alimentação sem a necessidade do contato direto com o inseto impedindo a sua alimentação (Koul 2008), sendo assim uma alternativa o uso de óleos essenciais com atividades deterrentes para auxiliar o manejo de pragas e diminuir o uso de inseticidas sintéticos, conseqüentemente (Ballesta *et al.* 2008).

Bioensaios de Toxicidade Ovicida. Os inseticidas sintéticos não apresentaram concentrações letais significativas entre as populações, sensível e resistente, para diminuir em 50% a quantidade de ovos. A CL₅₀ ovicida foi de 73,80 e 152,14 mg L⁻¹ para deltametrina e clorantraniliprole, respectivamente, para traça-das-crucíferas. Teste realizado com outros inseticidas sintéticos, por exemplo, com i.a. fipronil, indoxacarbe (Mahmoudvand *et al.* 2011), clorantraniliprole, abamectina e espinosade (Hong *et al.* 2014), não obteve a mortalidade ovicida maior que 15%. Porém, o inseticida botânico azadiractina apresentou a maior toxicidade quando comparado com

os inseticidas sintéticos (Tabela 13). Estudo realizado com *Pieris brassicae*, praga das brassicas, demonstrou a eficaz toxicidade para ovos do ingrediente ativo azadiractina (Hasan & Ansari 2011). A alta toxicidade pelo ingrediente ativo do azamax[®], também foi observada para ovos de mosquitos do gênero *Aedes*, *Anopheles* e *Culex*, em que a mortalidade dos ovos alcançou 100%, indicando a alta atividade desse produto natural em insetos com hábito e habitat (Su *et al.* 1998, Shyamala *et al.* 2003, Benelli 2015) diferentes da *P. xylostella*.

Os formulados produzidos a partir de óleos essenciais das espécies *C. limon* e *C. aurantiifolia*, ao aplicar a CL₅₀ 295,59 e 469,35 mg L⁻¹, respectivamente, não apresentaram diferenças significativas entre as populações de *P. xylostella* sensível e resistente a deltametrina. Os produtos a base de óleos essenciais de *C. aurantium* não apresentaram diferenças na mortalidade dos ovos das diferentes populações, porém, com CL₅₀ em torno de 1.000 mg L⁻¹ com óleos da espécie de espécie, não apresentando resistência ovicida entre as populações (Tabela 14). Outra espécie da família Rutaceae que apresentou atividade ovicida foi os óleos essenciais extraído das folhas e flores de *Ruta chalepensis*, com CL₅₀ de 145,00 mg L⁻¹ e 398,00 mg L⁻¹, respectivamente, para o lepidóptero *Orgyia trigotephras* (Akkari *et al.* 2015).

Os formulados das espécies da família *E. caryophyllus*, *M. alternifolia*, *M. leucadendra*, *E. citriodora* e *E. globulus* apresentaram uma CL₅₀ maior para população resistente, porém a razão de resistência não chegou a duas vezes a CL₅₀ da população suscetível (Tabela 15). Entre todas as espécies estudadas, família Rutaceae e Myrtaceae, os formulados a base de óleos essenciais extraídos dos botões de *E. caryophyllus* tiveram a maior toxicidade para os ovos de *P. xylostella*. Comparando os resultados da toxicidade ovicida para larvas de 3^o instar da população resistente, BEZ, verificou que um formulado a base de óleos essenciais extraído dos botões de *E. caryophyllus* foi mais tóxico para ovos que o inseticida sintético (Decis[®]) indicando a eficácia desse produto no controle da eclosão de larvas da traça-das-crucíferas (Fig. 4).

Em estudo sobre efeitos ovicidas contra a traça-das-crucíferas de quatro inseticidas botânicos revelaram que os produtos derivados de *Acorus calamus* inibiram a eclosão de 100% das larvas. Já as espécies *Vitex negundo*, *Adhatoda vasica* e *Dioscorea deltoide* não foram eficazes no controle, apresentando mais de 60% da eclosão das larvas (Matharu 2017). O óleo essencial de *Pogostemon cablin*, apresentou toxicidade ovicida para dois lepidópteros pragas, *Spodoptera litura* e *Spodoptera exigua*, concentrações de 2.000 mg L⁻¹, observou mortalidade ovicida de 66 e 75%, respectivamente (Huang *et al.* 2014).

O ovo é, sem dúvida, o estágio mais difícil de controle com inseticidas, independentemente do método de aplicação. A parte externa, resistente, dificulta a entrada de muitos inseticidas (a base de água, óleo e fumigantes). Normalmente inseticidas a base de óleos transpõe a camada cerosa do ovo mais rápido que os a base de água (Campbell *et al.* 2016). Embora produtos a base de óleos ultrapassem a barreira cerosa, alguns óleos essenciais apresentam dificuldades em penetrar os ovos, como o verificado para o inseto *Tribolium confusum* (Tunc *et al.* 2000). Essa variação de penetração da camada externa dos ovos pode ser explicada pela diminuição na quantidade de aerópilas, minúsculos poros, que permitem a troca gasosa e diminui a perda de água durante as atividades respiratórias (Klowden 2013) associadas à produção de enzimas detoxificantes pelos embriões (Mougabure Cueto *et al.* 2008, Campbell & Miller 2015).

No entanto, as informações sobre a permeabilidade de ovos para inseticidas sintéticos e botânicos são limitadas. Isso ocorre pelos estudos darem menos importância aos estágios que não causam prejuízos diretos as culturas (Campbell & Miller 2015). Porém quando o estágio de ovo é ignorado durante as estratégias de controle de pragas, os ovos deixados eclodem e causam uma possível reinfestação da praga na cultura. Ao invés disso, as estratégias para controle dirigido a ovos de insetos são vantajosas para eliminação da praga antes da possibilidade da ocorrência de quaisquer danos (Campbell 2016).

Agradecimentos

Os autores agradecem a FACEPE (Março/2013 a Maio/2015) e a CAPES (Junho/2015 a Fevereiro/2017) pela bolsa de estudo concedida a João Paulo Ramos de Melo e apoio financeiro por meio dos projetos CT/AGRO/CNPq nº 403.161/2013-0 e Projeto Universal CNPq nº 47.778/2013-5.

Literatura Citada

- Adams, R.P. 2001.** Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Illinois, Allured Publishing Corporation, 468p.
- AGROFIT. 2017.** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 31 Mai. 2016.
- Ahmad, M.M., Z. Iqbal, F.M. Anjum & J.I. Sultan. 2006.** Genetic variability to essential oil composition in four citrus fruit species. Pak. J. Bot. 38: 319324.
- Akhtar, Y., A. Stevens, R. Bradbury, C.A. Da 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.
- Akhtar, Y., C.H. Rankin & M.B. Isman. 2003.** Decreased response to feeding deterrents following prolonged exposure in the larvae of a generalist herbivore, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Insect Behav. 16: 811-831.
- Akkari, H., O. Ezzine, S. Dhahri, F. B'chir, M. Rekik, S. Hajaji, M.A. Darghouth, M.L.B. Jamâa & M. Gharbi. 2015.** Chemical composition, insecticidal and in vitro anthelmintic activities of *Ruta chalepensis* (Rutaceae) essential oil. Ind. Crops Prod. 74: 745-751.
- Alvez, A., W.P.H.L.M. Kogan, E.E.S. Helfgott & R. Hansen. 1974. 1974.** Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. Rev. ALAM 1: 35-38.
- Alkofahi, A., J.K. Rupprecht, J.E. Anderson, J.L. McLaughlin, K.L. Mikolajczak & B.A. Scott. 1989.** Search for new pesticides from higher plants, p. 25-43. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogene & P. Morand (eds.), Insecticides of plant origin. Washington, Am. Chem. Soc., 224p.

- APRD (Arthropod Pesticide Resistance Database). 2017.** Disponível em <<http://www.pesticideresistance.org/index.php>> Acesso em 11 de jan. 2017.
- Arenas, D.R.M., A.M. Acevedo, L.Y.V. Méndez & V.V. Kouznetsov. 2011.** Scavenger activity evaluation of the clove bud essential oil (*Eugenia caryophyllus*) and eugenol derivatives employing ABTS+ decolorization. *Sci. Pharm.* 79: 779-791.
- Aslan, İ., H. Ozbek, O. Çalmaşur & F. Şahin. 2004.** Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crop Prod.* 19:167-173.
- Attique, M.N.R., A. Khaliq & A.H. Sayyed. 2006.** Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures? *J. Appl. Entomol.* 130: 122-127.
- Ballesta-Acosta, M.C., M.J. Pascual-Villalobos & B. Rodríguez. 2008.** Short communication. The antifeedant activity of natural plant products towards the larvae of *Spodoptera littoralis*. *Span. J. Agric. Res.* 6: 85-91.
- Barros, R., I.B. Albert Jr., A.J. Oliveira, A.C.F. Souza & V. Loges. 1993.** Controle químico da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em repolho. *An. Soc. Entomol. Brasil* 22: 463-469.
- Barros, R., R.T. Thuler & F.F. Pereira. 2012.** Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae), p. 65-84. In D. Pratissoli (ed.), *Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais*. Vitória, EDUFES, 308p.
- Baser, K.H.C. & G. Buchbauer. 2016.** Handbook of essential oils: science, technology, and applications. London, CRC Press, 1116p.
- Batish, D.R., H.P. Singh, N. Setia, S. Kaur & R.K. Kohli. 2006.** Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oil from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Für Naturf.* 61: 465-71.
- Benelli, G. 2015.** Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review. *Parasitol. Res.* 114: 3201-3212.
- Bornscheuer, U. 2014.** Römpp Online 4.0. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag KG. Disponível em:<https://roempp.thieme.de/>. Acesso em: 15 Nov. 2016.
- Bouda, H., L. A.Tapondjou, D.A. Fontem & M.Y.D. Gumedzoe. 2001.** Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 37: 103-109.
- Buentello-Wong, S., L. Galán-Wong, K. Arévalo-Niño, V. Almaguer-Cantú & G. Rojas-Verde. 2016.** Toxicity of some essential oil formulations against the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Ind. Crops Prod.* 85: 58-62.

- Burt, S. 2004.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223-253.
- Campbell, B.E. & D.M. Miller. 2015.** Insecticide resistance in eggs and first instars of the bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Insects* 6: 122-132.
- Campbell, B.E., R.M. Pereira & P.G. Koehler. 2016.** Complications with Controlling Insect Eggs, p. 83-96. In S. Trdan (eds.), *Insecticides Resistance*. Rijeka, InTech, 448p.
- Cardoso, M.O., R.F. Berni, C. Krug & I.C. Antonio. 2012.** Danos por *Plutella xylostella* em couve-de-folhas jovem, afetados pela altura e pelo nitrogênio. Manaus, Embrapa Amaz. Ocident. 24p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16).
- Carvalho, S.J.P.D., M. Nicolai, R.R. Ferreira, A.V.D.O. Figueira & P.J. Christoffoleti. 2009.** Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Sci. Agric.* 66:136-142.
- Castelo Branco, M., F.H. França, M.A. Medeiros & J.G. Leal. 2001.** Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. *Hortic. Bras.* 19: 60-63.
- Ćavar, S., M. Maksimović, D. Vidic & A. Parić. 2012.** Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of essential oil of *Artemisia annua* L. from Bosnia. *Ind. Crops Prod.* 37: 479-485.
- Chowdhury, H., C.S. Kar, S.K. Sarkar & M.K. Tripathi. 2012.** Feeding inhibitory effect of some plant extracts on jute hairy caterpillar (*Spilosoma obliqua*). *Indian J. Agric. Sci.* 82:59-62.
- Chowdhury, J. U., M. Yusuf & N.C. Nandi. 2007.** Chemical constituents of the leaf and peel oil of *Citrus limon* (L.) burm. f. from Bangladesh. *Indian Perfumer* 51:19-22.
- Chowdhury, J.U., N.C. Nandi & M. Uddin. 2006.** Aromatic plants of Bangladesh: chemical constituents of the leaf and peel oil of *Citrus aurantiifolia* (christ.) swingle. *Indian Perfumer* 50: 54-55.
- Costa, A.V., P.F. Pinheiro, V.T. de Queiroz, V.M. Rondelli, A.K. Marins, W.R. Valbon & D. Pratissoli. 2015.** Chemical composition of essential oil from *Eucalyptus citriodora* leaves and insecticidal activity against *Myzus persicae* and *Frankliniella schultzei*. *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 18: 374-381.
- Coutinho, R.L.B.C., J.V. de Oliveira, M.G.C. Gondim Júnior & C.A.G. da Câmara. 2010.** Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho. *Ciênc. Rural* 40: 1492-1496.

- Craske, J.D., N. Suryadi & M. Wootton. 2005.** A comparison of the peel oil components of Australian native lime (*Microcitrus australe*) and Mexican lime (*Citrus aurantiifolia* Swingle). *J. Sci. Food Agric.* 85: 522-525.
- De Bortoli, S.A., R.A. Polanczyk, A.M. Vacari, C.P. De Bortoli & R.T. Duarte. 2013.** *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): tactics for integrated pest management in Brassicaceae. p. 31-51. In S. Soloneski & M. Larramendy (eds.), *Weed and pest control - conventional and new challenges*, Janeza Trdine, InTech DTP team, 206p.
- Degani, A.V., N. Dudai, A. Bechar & Y. Vaknin. 2016.** Shade Effects on Leaf Production and Essential Oil Content and Composition of the Novel Herb *Eucalyptus citriodora* Hook. *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 19: 410-420.
- Dehghani-Samani, A., S. Madreseh-Ghahfarokhi, A. Dehghani-Samani & K. Pirali-Kheirabadi. 2015.** Acaricidal and repellent activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Mesostigmata). *J. Herbmmed Pharmacol.* 4:81-84.
- Delort, E. & R. Naef. 2011.** Volatile components in less common citrus species, p. 163-192. In G. Dugo & L. Mondello (eds.), *Citrus oils: composition, advanced analytical techniques, contaminants, and biological activity*. London, CRC Press, 561p.
- Dias, D.G., C.M.S. Soares & R.Monnerat. 2004.** Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. *Hortic. Bras.* 22: 553-556.
- Dugo, G., A. Cotroneo, I. Bonaccorsi & A. Trozzi. 2011.** Composition of the Volatile Fraction of Citrus Peel Oils, p. 1-162. In G. Dugo & L. Mondello. 2011. *Citrus oils: composition, advanced analytical techniques, contaminants, and biological activity*. London, CRC Press, 561p.
- Ebadollahi, A. 2011.** Antifeedant activity of essential oils from *Eucalyptus globulus* Labill and *Lavandula stoechas* L. on *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biharean Biol.* 5: 8-10.
- Ebadollahi, A. 2013.** Plant Essential Oils from Apiaceae Family as Alternatives to Conventional Insecticides. *Ecol. Balk.* 5:149-172.
- Ebadollahi, A., R. Ashrafi Parchin & M. Farjaminezhad. 2016.** Phytochemistry, toxicity and feeding inhibitory activity of *Melissa officinalis* L. essential oil against a cosmopolitan insect pest: *Tribolium castaneum* Herbst. *Toxin Rev.* 35: 77-82.
- Eusebion, E.J. & B.M.M. Rejsus. 1996.** Integrated pest management of DBM: the ‘‘Philippines Highland’’ eupelience. In *Proceedings of 3rd International Workshop*, Kula Lumpur, Malaysia 253-256.
- Fancello, F., G.L. Petretto, s. Zara, M.L. Sanna, R. Addis, M. Maldini, M. Foddai, J.P. Rourke, M. Chessa & G. Pintore. 2016.** Chemical characterization, antioxidant capacity

and antimicrobial activity against food related microorganisms of *Citrus limon* var. pompia leaf essential oil. Food Sci. technol. 69: 579-585.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. London, Cambridge University Press, 333p.

Groot, A.C. & E. Schmidt. 2016. Tea tree oil: contact allergy and chemical composition. Contact Dermat. 75:129-143.

Grzywacz, D., A. Rossbach, A. Rauf, D. Russell, R. Srinivasan & 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.

Hammer, K.A., C.F. Carson & T.V. Riley. 2012. Effects of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) essential oil and the major monoterpene component terpinen-4-ol on the development of single- and multistep antibiotic resistance and antimicrobial susceptibility. Antimicrob. Agents Chemother. 56: 909-915.

Harkat-Madouri, L., B. Asma, K. Madani, Z. B.O. S. Said, P. Rigou, D. Grenier, H. Allalou, H. Remini, A. Adjaoud & L. Boulekbache-Makhlouf. 2015. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. Ind. Crops Prod. 78: 148-153.

Hasan, F. & M.S. Ansari. 2011. Toxic effects of neem-based insecticides on *Pieris brassicae* (Linn.). Crop Prot. 30: 502-507.

Hong, S., B. Jia, Q. Li & Y. Zhang. 2014. Bioactivity of 6 insecticides to different developmental stages of *Plutella xylostella* (L.). Mod. Agrochem. 5: 1-3.

Hou, H., J. Feng, A. Chen & X. Zhang. 2001. Studies on the bioactivity of essential oils against insects. Nat. Prod. Res. Dev. 14: 27-30.

Huang, S.H., J.D. Xian, S.Z. Kong, Y.C. Li, J.H. Xie, J. Lin, J.N. Chen, H.F. Wang & Z.R. Su. 2014. Insecticidal activity of pogostone against *Spodoptera litura* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Manag. Sci. 70: 510-516.

Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection 19:603-608.

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. 2008. Botanical insecticides: for richer, for poorer. Pest Manag. Sci. 64: 8-11.

Isman, M.B., S. Miresmailli & C.M. Machial. 2010. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochem. Rev. 9: 1-8.

- 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.
- Jiang, Z., Y. Akhtar, R. Bradbury, X. Zhang & M.B. Isman. 2009.** Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Agric. Food Chem.* 57: 4833-4837.
- Jirovetz, L., G. Buchbauer, I. Stoilova, A. Stoyanova, A. Krastanov & E. Schmidt. 2006.** Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 54: 6303-6307.
- Joshi, A., A. Sharma, R.K. Bachheti & D.P. Pandey. 2016.** A Comparative Study of the Chemical Composition of the Essential oil from *Eucalyptus globulus* Growing in Dehradun (India) and Around the World. *Orient. J. Chem.* 32: 331-340.
- Khakame, S.K., X. Wang & Y. Wu. 2013.** Baseline toxicity of metaflumizone and lack of cross resistance between indoxacarb and metaflumizone in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 1423-1429.
- Kirbaslar, F.G. & S.I. Kirbaslar. 2003.** Composition of cold-pressed bitter orange peel oil from Turkey. *J. Essent. Oil Res.* 15:6-9.
- Klowden, M.J. 2013.** Physiological systems in insects. London, Academic Press, 682p.
- Kolani, L., K. Sanda, K. Agboka, G. Mawussi, K. Koba & R. Djouaka. 2016.** Investigation of Insecticidal Activity of Blend of Essential Oil of *Cymbopogon schoenanthus* and neem oil on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* 19: 1478-1486.
- Kostyukovsky, M., A. Rafaeli, C. Gileadi, N. Demchenko & E. Shaaya. 2002.** Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Manag. Sci.* 58: 1101-1106.
- Kouassi, K.H., M. Bajji, A. Zhiri, P. Lepoivre & M.H. Jijakli. 2009.** Evaluation of three essential oils as potential sources of botanical fungicides. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 75: 525-529.
- Koul, O. 2008.** Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Crit. Rev. Pl. Sci.* 27: 1-24.
- Kumar, K.A., M. Narayani, A. Subanthini & M. Jayakumar. 2011.** Antimicrobial activity and phytochemical analysis of citrus fruit peels-utilization of fruit waste. *Int. J. Eng. Sci. Technol.* 3:5414-5421.
- Lawless, J. 2013.** The Encyclopedia of essential oils: the complete guide to the use of aromatic oils in aromatherapy, herbalism, health, and wellbeing. London, Conari Press, 315p.

- Lima Neto, J.E. 2014.** Detecção e monitoramento da resistência de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas de risco reduzido. Dissertação de Mestrado, Recife, UFRPE, 39p.
- Lima Neto, J.E. 2016.** Bases para o manejo da resistência de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas: suscetibilidade e genética da resistência. Tese de Doutorado, Recife, UFRPE, 67p.
- Lin, Z., Y. Hua & Y. Gu.1986.** The chemical constituents of the essential oil from the flowers, leaves and peels of *Citrus aurantium*. Acta Bot. Sin. 28: 635-640.
- Liu, L., X. Xu, D. Cheng X. Yao & S. Pan. 2012.** Structure–activity relationship of citrus polymethoxylated flavones and their inhibitory effects on *Aspergillus niger*. J. Agric. Food Chem. 60: 4336-4341.
- Liu, M.Y., Y.J. Tzeng & C.N. Sun. 1981.** Diamondback moth resistance to several synthetic pyrethroids. J. Econ. Entomol. 74: 393-396.
- Mahmoudvand, M., A.S. Garjan & H. Abbasipour. 2011.** Ovicidal effect of some insecticides on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)(Lepidoptera: Yponomeutidae). Chilean J. Agric. Res. 71: 226-230.
- Marchioro, C.A. & L.A. Foerster. 2014.** Preference-Performance linkage in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, and implications for its management. J. Insect Sci. 14: 1-14.
- Matharu, K.S. & P.K. Mehta. 2017.** Ovicidal activity of crude extracts of indigenous plant species against *Plutella xylostella* (L.)(Lepidoptera: Plutellidae). Environ. Ecol. 35: 285–289.
- Medeiros, P.T., M.N. Ferreira, É.S. Martins, A.C.M.M. Gomes, R. Falcão, J.M.C. S. Dias & R.G. Monnerat. 2005.** Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas no controle da traça-das-crucíferas *Plutella xylostella*. Pesqu. Agropec. Bras. 40: 1145–1148.
- Mohan, M. & G. T. Gujar. 2003.** Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. Crop Prot. 22: 495–504.
- Monajemi, R., S. Oryan, A. Haeri-Roohani, A. Ghannadi & A. Jafarian. 2010.** Cytotoxic effects of essential oils of some Iranian Citrus peels. Iran. J. Pharm. Res. 18: 183-187.
- Mordue, A.J. & A. Blackwell. 1993.** Azadirachtin: an update. J. Insect Physiol. 39: 903-924.
- Mougabure Cueto, G., E.N. Zerba & M.I. Picollo. 2008.** Evidence of pyrethroid resistance in eggs of *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae) from Argentina. J. Med. Entomol. 45: 693-697.

- MSU (Michigan State University). 2017.** Arthropod pesticide resistance database. Michigan State University, United State of America, 2017. Disponível em: <<http://www.pesticideresistance.com>>. Acesso em: 04 jan. 2017.
- Neves, B.P. & J.C.M. Nogueira. 1996.** Cultivo e utilização do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.). Embrapa - CNPAF – APA, 32p. (Circular Técnica, 28).
- Ninomiya, K., N. Maruyama, S. Inoue, H. Ishibashi, T. Takizawa, H. Oshima & S. Abe. 2012.** The essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil) and its main component, terpinen-4-ol protect mice from experimental oral candidiasis. Biol. Pharm. Bull. 35: 861-865.
- Noosidum, A., A. Prabaripai, T. Chareonviriyaphap & A. Chandrapatya. 2008.** Excito-repellency properties of essential oils from *Melaleuca leucadendron* L., *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon, and *Litsea salicifolia* (Nees) on *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes. J. Vector Ecol. 33: 305-312.
- O’Neil, M.J. 2013.** The Merck index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. RSC Publishing. 2708p.
- Oliveira, A.C., H.Á.A. Siqueira, J.V. Oliveira, J.E. Silva & M. Michereff Filho. 2011.** Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. Sci. Agric. 68: 154-159.
- Oliveira, R.P. 2008.** Avaliação ecotoxicológica de agrotóxicos: intercâmbio de informações sobre avaliação toxicológica para registro de agrotóxicos. Rio de Janeiro, MMA/IBAMA, 24p.
- Ortiz, J.M. 2002.** Botany: taxonomy, morphology and physiology of fruits, leaves and flowers, p. 114–147. In G. Dugo & A. Giacomo (eds.), Citrus: the genus citrus. London, CRC Press, 642 p.
- Padalia, R.C., R.S. Verma, A. Chauhan & C.S. Chanotiya. 2015.** The essential oil composition of *Melaleuca leucadendra* L. grown in India: A novel source of (E)-nerolidol. Ind. Crops Prod. 69: 224-227.
- Patil, J.R., K.N.M. Chidambara, G.K. Jayaprakasha, M.B. Chetti & B.S. Patil. 2009.** Bioactive compounds from Mexican lime (*Citrus aurantiifolia*) juice induce apoptosis in human pancreatic cells. J. Agric. Food Chem. 57: 10933-10942.
- Pavela, R. 2015.** Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. Ind. Crops Prod. 76: 174-187.
- Penteado, S.R. 2007.** Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura saudável. Campinas, Via orgânica, 174p.

- Rejesus, B. M. 2009.** Botanical insecticides against the diamond back moth. Los Banos Philipp. Entomol. HANA: 241-254.
- Ribeiro, L.M.S., V. Wanderley-Teixeira, F.M. da Cunha, A.A. Teixeira & H.A.A. Siqueira. 2012.** Immunological response of resistant and susceptible *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis*. Rev. Colomb. Entomol. 38: 208-214.
- Ribeiro, L.M.S., V. Wanderley-Teixeira, H.N. Ferreira, A.A. Teixeira & H.A.A. Siqueira. 2014.** Fitness costs associated with field-evolved resistance to chlorantraniliprole in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Bull. Entomol. Res. 104: 88-96.
- Rini, P., Y. Ohtani & H. Ichiura. 2012.** Antioxidant, anti-hyaluronidase and antifungal activities of *Melaleuca leucadendron* Linn. leaf oils. J. Wood Sci. 58: 429-436.
- Robertson, J.L., R.M. Russell, H.K. Preisler & N.E. Savin. 2007.** Bioassays with arthropods. 2^a Ed., California, CRC Press, 224p.
- Santos, V.C., H.A.A. De Siqueira, J.E. Da Silva & M. De Farias. 2011.** Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. Neotrop. Entomol. 40: 264-270.
- Sarfraz, M., L.M. Dossall & B.A. Keddie. 2006.** Diamondback moth–host plant interactions: implications for pest management. Crop Prot. 25: 625-639.
- SAS Institute 2001.** SAS/STAT User`s guide, version 8.2, TS level 2MO. SAS Institute. Inc.
- Scordino, M., L. Sabatino, P. Traulo, G. Gagliano, M. Gargano, V. Pantò & G. L. Gambino. 2008.** LC/MS/MS detection of fungicide guazatine residues for quality assessment of commercial citrus fruit. Eur. Food Res. Technol. 227: 1339-1347.
- Shelton, A.M. 2001.** Management of the diamondback moth: déjà vu all over again, p. 1–8. In N.M. Endersby & P.M. Ridland (eds.), the management of diamondback moth and other crucifer pests. Melbourne, Proceedings of the fourth international workshop, 415p.
- Shyamala, V., M. Manimegalai & B. Dhanakkodi. 2003.** Effect of neem derivatives on egg hatchability and growth of ovarian follicle in *Culex quinquefasciatus*. Pestology 27: 19-22.
- SiBBR (Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira). 2017.** Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 11 Jan. 2017.
- Silva, D. & L. Jorge. 2009.** AFSOFT (r)-Software para análise foliar. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária.
- Silva, J.E., H.A.A. Siqueira, T.B.M. Silva, T., M.R. Campos & R. Barros. 2012.** Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. Crop Prot. 35: 97-101.

- Singh, O., H.S. Rathore & L. Nollet. 2015.** Biochemical pesticides: Oil pesticides, p. 183-224. In L.M.L. Nollet & H.S. Rathore (eds.), Biopesticides handbook. London, CRC Press, 281p.
- Siskos, E.P., B.E. Mazomenos & M.A. Konstantopoulou. 2008.** Isolation and identification of insecticidal components from *Citrus aurantium* fruit peel extract. J. Agric. Food Chem. 56: 5577-5581.
- Sobral, M., C. Proença, M. Souza, F. Mazine & E. Lucas. 2017.** Myrtaceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (acesso em 12-01-2017).
- Song, J.E., J.M. Kim, N.H. Lee, J.Y. Yang & H.S. Lee. 2016.** Acaricidal and insecticidal activities of essential oils against a stored-food mite and stored-grain insects. J. Food Prot. 79: 174-178.
- Stefanello, M.É.A., A.C. Pascoal & M.J. Salvador. 2011.** Essential oils from neotropical Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. Chem. Biodivers. 8: 73-94.
- Su, T. & M.S. Mulla. 1998.** Ovicidal activity of neem products (azadirachtin) against *Culex tarsalis* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). J. Am. Mosq. Control Assoc. 14: 204-209.
- Suhaj, M. 2006.** Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. J. Food Compos. Anal. 19: 531-537.
- Tak, J.H., E. Jovel & M.B. Isman. 2016.** Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Manag. Sci. 72: 474-480.
- Thuler, R.T. 2009.** Criação de *Plutella xylostella*, p. 58-68. In S.A. Bortoli (ed.), Criação de insetos base à biofábrica, Jaboticabal, 189p.
- Tiba, L. M. 2008.** Efeito de alguns inseticidas sobre a mariposa *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera, Plutellidae) por meio de iscas esterilizantes. Dissertação de Mestrado, Piracicaba, ESALQ, 58p.
- Tolba, H., H. Moghrani, A. Benelmouffok, D. Kellou & R. Maachi. 2015.** Essential oil of algerian *eucalyptus citriodora*: Chemical composition, antifungal activity. J. Mycol. Médicale Journal Med. Mycol. 25: e128-e133.
- 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.
- Triches, R.M., L.P. Barbosa & F. Silvestri. 2016.** Agricultura Familiar e Alimentação Escolar no Estado do Paraná: uma análise das chamadas públicas. Rev. Parana. Desenvolv. 37: 29-43.

- Tripathi, A.K., V. Prajapati, K.K. Aggarwal & S. Kumar. 2001.** Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1, 8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 979-983.
- Trocza, B., C.T. Zimmer, J. Elias, C. Schorn, C. Bass, T.E. Davies, L.M. Field, M.S. Williamson, R. Slater & R. Nauen. 2012.** Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the membrane-spanning domain of the ryanodine receptor. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 42: 873-880.
- Tunc, I., B.M. Berger, F. Erler & F. Dağlı. 2000.** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 36: 161-168.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2015.** Minimum risk pesticides exempted from FIFRA registration. Disponível em <<http://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides>>. Acesso em 15 de jun. 2016.
- Vacari, A.M. 2009.** Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758). Tese de Doutorado, Jaboticabal, UNESP, 102p.
- Veiga, A.C.P.; C.L.T.P. Viana, E. C. Pedroso, A.K. Otuka, M.A. Viana, V.L. Laurentis, A.M. Vacari & S.A. De Bortoli 2010.** Biologia comparada de duas populações de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em laboratório. *Hortic. Bras.* 28: 773-778.
- Vera, S.S., D.F. Zambrano, S.C. Méndez-Sánchez, F. Rodríguez-Sanabria, E.E. Stashenko & J.E.D. Luna. 2014.** Essential oils with insecticidal activity against larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitol. Res.* 113: 2647-2654.
- Villafañe, E., D. Tolosa, A. Bardon & A. Neske. 2011.** Toxic effects of *Citrus aurantium* and *C. limon* essential oils on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Nat. Prod. Commun.* 6: 1389-1392.
- Walling, L.L. 2000.** The myriad plant responses to herbivores. *J. Pl. Growth Regul.* 19: 195-216.
- Wang, X. L. & Y.D. Wu. 2012.** High Levels of Resistance to Chlorantraniliprole Evolved in Field Populations of *Plutella xylostella*. *J. Econ. Entomol.* 105: 1019-1023.
- 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.
- Wiesbrook, M.L. 2004.** Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides. *Ill. Pestic. Rev.* 17: 333-370.
- Yadav, E., S. Kumar, S. Mahant, S. Khatkar & R. Rao. 2016.** Tea tree oil: a promising essential oil. *J. Essent. Oil Res.* 3: 1-13.

- Yi, C.G., M. Kwon, T.T. Hieu, Y.S. Jang & Y.J. Alun. 2007.** Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidea) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidea). *Asia-Pacific Entomol.* 10: 157-163.
- Yi, C.G., T.T. Hieu, S. H. Lee, B.R. Choi, M. Kwon & Y.J. Ahn. 2015.** Toxicity of *Lavandula angustifolia* oil constituents and spray formulations to insecticide-susceptible and pyrethroid-resistant *Plutella xylostella* and its endoparasitoid *Cotesia glomerata*. *Pest Manag. Sci.* 72:1202-1210.
- Yuncker, T.G. 1972.** The Piperaceae of Brazil. *Hoehnea* 2: 19-366.
- Zago, H.B., H.A Siqueira, E.J. Pereira, M.C. Picanço & R. Barros. 2014.** Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. *Pest Manag. Sci.* 70: 488-495.
- Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng & M.J. Furlong. 2012.** Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? *J. Econ. Entomol.* 105: 1115-1129.
- Zarrad, K., A.B. Hamouda, I. Chaieb, A. Laarif & J.M.B. Jemâa. 2015.** Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Ind Crops Prod.* 76: 121-127.
- Zeng, Q., Y. Cai, Z. Yan, X. Wang & Y. Wang. 2006.** Studies on insecticidal activity and toxic component of essential oil from *Pogostemon cablin*. *J. Plant Resour. Environ.* 15: 21-25.
- Zhang, M., B. Ling, C. Kong, X. Pang & G. Liang. 2003.** Chemical components of volatile oil from *Mikania micrantha* and its biological activity on insects. *J. Appl. Ecol.* 14: 93-96.
- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 132: 38-46.
- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You, & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 132: 38-46.
- Zhou, L., J. Huang & H. Xu. 2011.** Monitoring resistance of field populations of diamondback moth *Plutella xylostella* L.(Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: A ten-year case study. *Crop Prot.* 30: 272-278.
- Zhou, L., J. Huang, & H. Xu. 2011.** Monitoring resistance of field populations of diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: A ten-year case study. *Crop Prot.* 30: 272-278.

Tabela 1. Análise da composição química dos óleos essenciais de espécies *Citrus aurantium* var. *amara*, *Citrus aurantium* var. *dulcis*, *Citrus aurantiifolia* e *Citrus limon* da família Rutaceae.

Compostos ⁽¹⁾	IR Lit. ⁽²⁾	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>		<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>		<i>Citrus aurantiifolia</i>		<i>Citrus limon</i>	
		IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾
α -thujene	924	922	0,16±0,00	923	0,18±0,00	921	0,82±0,01	924	0,39±0,00
α -pinene	932	931	1,27±0,01	931	1,11±0,03	929	3,00±0,21	934	2,85±0,01
β -pinene	974	973	1,87±0,07	975	1,96±0,04	-	-	949	0,64±0,05
Sabinene	969	967	0,95±0,00	967	0,47±0,01	-	-	-	-
Myrcene	988	-	-	989	0,13±0,00	987	7,65±0,67	989	4,45±0,12
α -terpinene	1014	-	-	-	-	1014	1,61±0,13	1014	2,54±0,09
ρ -cymene	1020	-	-	-	-	1017	1,39±0,04	-	-
Limonene	1024	1021	90,28±0,93	1023	75,15±1,34	1023	57,65±0,95	1022	68,19±0,52
β -phellandrene	1025	1025	0,11±0,00	-	-	-	-	-	-
β -Z-ocimene	1032	1031	0,28±0,00	1031	0,37±0,05	1033	15,53±0,33	1036	7,53±0,37
γ -terpinene	1054	1052	0,35±0,00	1050	0,63±0,05	1052	0,90±0,00	1051	0,99±0,04
Terpinolene	1086	1087	0,38±0,00	-	-	-	-	-	-
Linalool	1095	1093	0,19±0,00	1090	0,43±0,03	-	-	1093	1,22±0,12
<i>Cis</i> - β -terpineol	1140	1138	0,34±0,00	1136	3,30±0,06	-	-	-	-
Citronellal	1148	1147	0,10±0,01	1143	1,85±0,02	-	-	1145	1,62±0,09
δ -terpineol	1162	-	-	-	-	-	-	1164	0,75±0,01
Menthol	1167	-	-	1168	7,44±0,48	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	1174	-	-	1169	0,28±0,00	-	-	-	-
<i>E-iso</i> -citral	1177	1176	0,22±0,00	1172	0,47±0,00	-	-	-	-
Citronellol	1223	-	-	1225	0,95±0,00	-	-	-	-
β -caryophyllene	1417	1415	0,08±0,00	-	-	1416	1,39±0,02	1417	2,02±0,02
α - <i>trans</i> -bergamotene	1432	1432	0,11±0,00	-	-	1433	2,26±0,01	1435	1,07±0,08
γ -gurjunene	1475	1474	0,70±0,01	-	-	1471	1,66±0,02	1479	2,85±0,13
β -bisabolene	1505	-	-	1510	2,80±0,02	1501	1,85±0,03	-	-
Elemol	1548	-	-	-	-	1545	2,58±0,02	-	-
Total	-	-	97,39±1,01	-	97,52±1,42	-	98,29±0,90	-	97,11±0,58

¹Nomenclatura conforme União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC); ²Índice de retenção na literatura; ³Índice de retenção obtido; ⁴Porcentagem do composto no óleo essencial; ⁵Erro padrão da média.

Tabela 2. Análise da composição química dos óleos essenciais das espécies *Eugenia caryophyllus* da família Myrtaceae.

Compostos ⁽¹⁾	IR Lit. ⁽²⁾	<i>Eugenia caryophyllus</i> (Botões)		<i>Eugenia caryophyllus</i> (folhas)	
		IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾
α -pinene	932	-	-	930	0,69±0,00
Sabinene	969	-	-	965	0,45±0,00
β -pinene	974	973	0,33±0,01	974	0,36±0,00
δ -2-carene	1001	1000	0,03±0,00	1000	0,07±0,00
Limonene	1024	1021	2,19±0,02	1022	16,91±0,20
1,8-cineole	1026	1024	1,17±0,01	1025	1,00±0,01
Sylvestrene	1030	1027	0,22±0,00	-	-
Eugenol	1356	1355	72,80±0,80	1352	64,56±0,67
β -caryophyllene	1417	1417	6,77±0,02	1415	10,62±0,12
α -humulene	1452	1450	1,02±0,00	1450	2,67±0,03
Eugenol acetate	1522	1520	12,51±0,04	-	-
Caryophyllene oxide	1582	1880	1,01±0,01	-	-
Total			98,05±0,82		97,33±0,71

¹Nomenclatura conforme União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC); ²Índice de retenção na literatura; ³Índice de retenção obtido; ⁴Porcentagem do composto no óleo essencial; ⁵Erro padrão da média.

Tabela 3. Análise da composição química dos óleos essenciais das espécies *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus globulus* da família Myrtaceae.

Compostos ⁽¹⁾	IR Lit. ⁽²⁾	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Eucalyptus citriodora</i>	
		IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾
α -thujene	924	923	0,15±0,00	-	-
α -pinene	932	930	4,33±0,09	933	0,86±0,01
Sabinene	969	970	0,52±0,00	-	-
β -pinene	974	976	1,97±0,03	974	0,83±0,00
Myrcene	988	989	0,62±0,04	989	0,69±0,00
α -phellandrene	1002	1003	0,18±0,00	-	-
ρ -cymene	1020	1021	10,19±0,37	-	-
Limonene	1024	-	-	1026	25,73±0,98
1,8-cineole	1026	1025	77,91±1,14	1027	0,50±0,00
Z- β -ocimene	1032	1034	0,72±0,01	-	-
γ -terpinolene	1054	1055	0,17±0,00	-	-
Terpinolene	1086	1089	0,65±0,00	-	-
Citronellal	1148	-	-	1152	53,81±1,05
Iso-menthone	1158	-	-	1161	1,92±0,03
Terpinen-4-ol	1174	-	-	1174	5,95±0,01
Iso-menthol	1179	-	-	1181	0,42±0,00
Citronellol	1223	-	-	1227	5,50±0,06
Geraniol	1249	-	-	1255	1,57±0,01
β -caryophyllene	1417	-	-	1421	0,86±0,00
Total			97,41±1,09		97,78±1,08

¹Nomenclatura conforme União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC); ²Índice de retenção na literatura; ³Índice de retenção obtido; ⁴Porcentagem do composto no óleo essencial; ⁵Erro padrão da média.

Tabela 4. Análise da composição química dos óleos essenciais das espécies *Melaleuca alternifolia* e *Melaleuca leucadendra* da família Myrtaceae.

Compostos ⁽¹⁾	IR Lit. ⁽²⁾	<i>Melaleuca alternifolia</i>		<i>Melaleuca leucadendra</i>	
		IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾	IR Obt. ⁽³⁾	% ⁽⁴⁾ ±E.P. ⁽⁵⁾
α -pinene	932	930	2,07±0,11	934	0,44±0,00
β -pinene	974	973	0,88±0,01	975	0,34±0,00
Myrcene	988	987	0,55±0,01	-	-
<i>Iso</i> -sylvestrene	1007	1004	1,56±0,08	-	-
α -terpinene	1014	1010	12,78±0,73	-	-
Limonene	1024	-	-	1025	4,26±0,03
1,8-cineole	1026	1022	11,32±0,49	-	-
<i>Z</i> - β -ocimene	1032	1029	3,70±0,11	-	-
β -ocimene	1044	-	-	1044	0,57±0,00
γ -terpinolene	1054	1052	7,90±0,12	-	-
Terpinolene	1086	1082	1,66±0,02	-	-
Linalool	1095	-	-	1093	1,48±0,01
Pinene oxide	1154	-	-	1150	0,19±0,00
Terpinen-4-ol	1174	1171	45,92±0,68	1170	0,26±0,00
<i>Iso</i> -menthol	1179	1180	5,41±0,31	1190	1,12±0,00
γ -terpineol	1199	1194	0,35±0,00	-	-
Pulegone	1233	1229	0,81±0,01	-	-
Nerol	1235	-	-	1234	0,35±0,00
β -caryophyllene	1417	1413	1,26±0,03	1413	0,49±0,01
α -humulene	1452	1450	1,12±0,01	1450	0,44±0,01
Germacrene D	1484	1479	1,00±0,00	-	-
Bisabolene	1531	-	-	1528	0,39±0,00
<i>Z</i> -nerolidol	1531	-	-	1531	0,73±0,00
<i>Z</i> -dihydro-apofarnesol	1571	-	-	1573	1,03±0,02
<i>E</i> nerolidol	1661	-	-	1660	85,44±0,59
Total			98,29±0,75		97,53±0,59

¹Nomenclatura conforme União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC); ²Índice de retenção na literatura; ³Índice de retenção obtido; ⁴Porcentagem do composto no óleo essencial; ⁵Erro padrão da média.

Tabela 5. Toxicidade aguda de inseticidas sintético e botânico comercial para populações de *Plutella xylostella*, Recife (REC), Chã Grande (CHG) e Bezerras (BEZ) após 48 horas de exposição.

Ingredientes ativo	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
Clorantraniliprole ⁽⁹⁾	REC	840	8,89 (5)	3,04 (2,66-3,48)	30,25 (24,08-39,93)	4,51±0,28	-
	CHG	840	5,13 (5)	9,55 (7,88-11,41)	104,26 (77,40-152,22)	2,49±0,17	2,40 (2,11-2,73)*
	BEZ	827	8,41 (5)	22,26 (18,09-26,66)	180,62 (142,59-242,31)	2,32±0,14	5,10 (4,01-6,49)*
Deltametrina ⁽⁹⁾	REC	840	6,18 (5)	39,66 (35,42-44,54)	143,39 (120,10-177,41)	2,30±0,13	-
	CHG	840	4,67 (5)	233,98 (201,65-271,64)	1.628,08 (1.263,04-2.224,75)	1,52±0,10	7,51 (6,49-8,69)
	BEZ	834	5,56 (5)	666,65 (558,10-815,57)	8.756,27 (5.861,95-14.744,81)	1,20±0,09	26,30 (20,38-33,93)*
Azadiractina ⁽⁹⁾	REC	840	3,51 (5)	33,04 (28,55-38,38)	220,58 (170,41-303,02)	1,55±0,09	-
	CHG	960	5,58 (6)	112,60 (94,65-134,27)	1.142,71 (855,82-1.616,67)	1,27±0,07	3,97 (3,06-5,14)*
	BEZ	839	5,90 (5)	121,79 (100,38-148,18)	1.652,73 (1.132,47-2.690,78)	1,13±0,08	4,82 (3,54-6,58)*

¹Número total de insetos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos indivíduos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. *Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00; ⁹Dose de campo recomendada pelo fabricante de 15,0 mg/L para clorantraniliprole (Premio[®]); 36,0 mg/L para azadiractina (Azamax[®]); 7,5 mg/L para deltametrina (Decis[®]).

Tabela 6. Toxicidade residual aguda de formulados a base de óleo essencial extraído das folhas e botões florais da espécie *Eugenia caryophyllus* da família Myrtaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC), Chã Grande (CHG) e Bezerros (BEZ) após 48 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>E. caryophyllus</i> (folha)	REC	953	5,22 (6)	40,95 (35,25-47,60)	315,86 (246,32-425,81)	1,44±0,08	-
	CHG	833	8,94 (5)	73,99 (64,15± 84,72)	386,84 (318,28-488,98)	1,78± 0,11	1,42 (1,14-1,76)*
	BEZ	840	8,24 (5)	76,67 (65,79-88,59)	475,57 (383,77-619,33)	1,62± 0,10	1,40 (1,15-1,71)*
<i>E. caryophyllus</i> (botão)	REC	942	3,22 (6)	84,85 (73,11-98,91)	634,17 (489,23-867,56)	1,47±0,08	-
	CHG	822	9,2 (5)	136,87 (119,61-156,93)	756,45 (602,91-997,59)	1,73± 0,10	1,57 (1,28-1,92)*
	BEZ	840	8,53 (5)	119,44 (102,64-138,86)	881,29 (680,06-1.214,27)	1,48± 0,09	1,76 (1,41-2,20)*

¹Número total de insetos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos indivíduos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. *Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 7. Toxicidade residual aguda de formulados a base de óleo essencial extraído das folhas de espécies do gênero *Melaleuca* da família Myrtaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC), Chã Grande (CHG) e Bezerros (BEZ) após 48 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>M. alternifolia</i>	REC	840	9,52 (5)	294,33 (227,77-384,60)	1785,64 (1.186,48-3.215,89)	1,63±0,09	-
	CHG	840	4,02 (5)	450,31 (400,58-504,14)	1870,49 (1.577,78-2.295,33)	2,07± 0,12	1,66 (1,42-1,95)*
	BEZ	840	9,96 (5)	687,32 (546,00-872,20)	1030,53 (889,06-1.228,82)	1,83± 0,16	3,65 (3,02-4,42)*
<i>M. leucadendra</i>	REC	840	6,63 (5)	199,02 (175,36-224,97)	938,08 (780,00-1.170,42)	1,91±0,11	-
	CHG	840	7,37 (5)	299,95 (263,54-341,78)	1594,54 (1.280,03-2.086,97)	1,77± 0,11	1,76 (1,56-1,97)*
	BEZ	840	7,45 (5)	325,82 (294,31-360,35)	3441,76 (2.363,90-6.033,73)	2,56± 0,15	1,71 (1,56-1,89)*

¹Número total de insetos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos indivíduos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. *Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 8. Toxicidade residual aguda de formulados a base de óleo essencial de espécies do gênero *Citrus* da família Rutaceae para populações de *Plutella xylostella*, Recife (REC), Chã Grande (CHG) e Bezerros (BEZ) após 48 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	REC	840	8,68 (5)	298,57 (266,56-331,89)	1.070,85 (928,87-1.267,48)	2,31±0,14	-
	CHG	833	3,46 (5)	350,24 (319,93-381,74)	889,14 (796,77-1.009,89)	3,18± 0,18	1,12 (1,05-1,20)*
	BEZ	840	7,78 (5)	418,51 (377,42-462,06)	1.444,73 (1.249,81-1.718,12)	2,38± 0,14	1,56 (1,44-1,68)*
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	REC	840	7,40 (5)	292,44 (255,33-331,19)	1.434,42 (1.197,44-1.788,79)	1,86±0,12	-
	CHG	838	5,82 (5)	333,74 (303,62-365,17)	907,49 (808,24-1.038,19)	2,95± 0,16	1,02 (0,92-1,14)
	BEZ	840	1,50 (5)	429,03 (384,03-477,24)	1.703,44 (1.444,18-2.081,05)	2,14± 0,13	1,61 (1,43-1,81)*
<i>Citrus aurantiifolia</i>	REC	840	8,65 (5)	189,55 (164,79-216,48)	956,91 (790,53-1.203,54)	1,82±0,11	-
	CHG	827	7,06 (5)	302,52 (259,90-350,91)	2.102,17 (1.640,09-2.833,40)	1,52± 0,10	2,00 (1,69-2,36)*
	BEZ	840	2,70 (5)	585,57 (518,88-662,61)	2.479,11 (2.041,97-3.130,53)	2,05± 0,12	4,71 (4,16-5,32)*
<i>Citrus limon</i>	REC	840	6,79 (5)	197,95 (168,94-230,28)	1.435,64 (1.127,94-1.930,89)	1,49±0,10	-
	CHG	834	9,66 (5)	201,53 (155,98-256,18)	1.031,48 (735,82-1.659,43)	1,81± 0,15	0,97 (0,79-1,20)
	BEZ	840	9,78 (5)	246,46 (185,00-323,92)	1.735,25 (1.143,49-3.199,31)	1,51± 0,13	1,34 (1,04-1,71)*

¹Número total de insetos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos indivíduos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. *Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 9. Toxicidade residual aguda de formulados a base de óleo essencial extraído das folhas de espécies do gênero *Eucalyptus* da família Myrtaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC), Chã Grande (CHG) e Bezerros (BEZ) após 48 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>E. citriodora</i>	REC	826	4,68 (5)	351,86 (304,27-409,24)	2.222,15 (1.714,48-3.058,43)	1,60±0,10	-
	CHG	840	5,57 (5)	581,43 (524,29-647,02)	2.343,62 (1.922,45-3.008,65)	2,12± 0,14	1,88 (1,65-2,14)*
	BEZ	840	8,23 (5)	684,22 (603,13-782,31)	3.336,59 (2.642,97-4.453,98)	1,86± 0,12	2,74 (2,38-3,15)*
<i>E. globulus</i>	REC	827	8,09 (5)	300,87 (259,40-351,93)	1.945,21 (1.497,72-2.732,11)	1,58±0,11	-
	CHG	960	7,25 (6)	777,96 (704,79-859,58)	2.630,18 (2.258,29-3.150,22)	2,42± 0,13	3,51 (3,11-3,96)*
	BEZ	840	5,61 (5)	862,47 (757,19-989,05)	5.253,83 (4.103,56-7.117,95)	1,63± 0,10	6,26 (5,32-7,37)*

¹Número total de insetos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos indivíduos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. *Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 10. Deterrência alimentar causada pela ação do inseticida botânico comercial com ingrediente ativo azadiractina para populações de *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 24 horas de exposição.

Ingrediente ativo	População	χ^2 ⁽¹⁾ (G.L. ⁽²⁾)	DA ₅₀ ⁽³⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁴⁾	Inclinação ± E.P. ⁽⁵⁾	RDA ₅₀ ⁽⁶⁾ (95% I.C.)
Azadiractina	REC	5,01 (5)	1,88 (1,61-2,19)	1,65±0,11	-
	BEZ	6,50 (6)	420,01 (340,57-528,10)	1,08±0,08	335,37 (233,43-481,81)*

¹Qui-quadrado; ²Grau de liberdade; ³Concentração para inibir em 50% a alimentação dos indivíduos; ⁴Intervalo de confiança; ⁵Erro padrão da média; ⁶Razão de deterrência alimentar: razão das estimativas da DA₅₀ do inseticida botânico e os produtos formulados, calculado pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da DA₅₀. *Razão de deterrência alimentar significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 11. Deterrência alimentar causada pela ação dos formulados a base de óleo essencial de espécies do gênero *Citrus* da família Rutaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 24 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	χ^2 ⁽¹⁾ (G.L. ⁽²⁾)	DA ₅₀ ⁽³⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁴⁾	Inclinação ± E.P. ⁽⁵⁾	RDA ₅₀ ⁽⁶⁾ (95% I.C.)
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	REC	6,30 (5)	121,23 (104,38-139,55)	1,89±0,12	-
	BEZ	3,60 (5)	275,79 (246,60-307,20)	2,74±0,16	1,88 (1,71-2,06)*
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	REC	7,81 (5)	130,38 (111,22-152,29)	1,60±0,11	-
	BEZ	7,55 (5)	343,15 (305,25-383,92)	2,57±0,15	2,00 (1,74-2,29)*
<i>Citrus aurantiifolia</i>	REC	7,22 (5)	68,93 (59,10-79,72)	1,82±0,12	-
	BEZ	5,75 (5)	180,93 (152,60-212,33)	1,51±0,10	3,02 (2,60-3,50)*
<i>Citrus limon</i>	REC	5,66 (5)	91,62 (76,96-108,12)	1,49±0,10	-
	BEZ	7,23 (5)	181,25 (155,20-210,31)	1,74±0,11	1,77 (1,40-2,24)*

¹Qui-quadrado; ²Grau de liberdade; ³Concentração para inibir em 50% a alimentação dos indivíduos; ⁴Intervalo de confiança; ⁵Erro padrão da média; ⁶Razão de deterrência alimentar: razão das estimativas da DA₅₀ do inseticida botânico e os produtos formulados, calculado pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da DA₅₀. *Razão de deterrência alimentar significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 12. Deterrência alimentar causada pela ação dos formulados a base de óleo essencial de espécies da família Myrtaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 24 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	$\chi^{2(1)}$ (G.L. ⁽²⁾)	DA ₅₀ ⁽³⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁴⁾	Inclinação ± E.P. ⁽⁵⁾	RDA ₅₀ ⁽⁶⁾ (95% I.C.)
<i>Eugenia caryophyllus</i> (folha)	REC	4,28 (6)	14,97 (12,71-17,66)	1,44±0,09	-
	BEZ	7,12 (5)	26,74 (23,02-30,84)	1,89±0,12	1,47 (1,15-1,88)*
<i>Eugenia caryophyllus</i> (botão)	REC	5,96 (5)	29,34 (24,40-35,30)	1,38±0,09	-
	BEZ	8,77 (5)	79,95 (68,68-93,59)	1,62±0,11	2,42 (1,92-3,05)*
<i>Eucalyptus citriodora</i>	REC	4,02 (5)	125,83 (107,52-148,37)	1,60±0,11	-
	BEZ	3,55 (5)	355,12 (299,85-431,21)	1,56±0,12	2,92 (2,50-3,41)*
<i>Eucalyptus globulus</i>	REC	2,75 (5)	160,14 (137,81-188,56)	1,84±0,13	-
	BEZ	7,39 (5)	256,72 (223,78-297,50)	1,86±0,13	1,58 (1,38-1,81)*
<i>Melaleuca alternifolia</i>	REC	7,98 (5)	104,35 (89,43-122,24)	1,62±0,11	-
	BEZ	5,33 (5)	183,87 (157,93-213,18)	1,73±0,11	1,70 (1,50-1,92)*
<i>Melaleuca leucadendra</i>	REC	5,88 (5)	142,68 (122,71-165,25)	1,74±0,11	-
	BEZ	4,45 (5)	265,14 (225,01-312,69)	1,54±0,10	2,01 (1,64-2,47)*

¹Qui-quadrado; ²Grau de liberdade; ³Concentração para inibir em 50% a alimentação dos indivíduos; ⁴Intervalo de confiança; ⁵Erro padrão da média; ⁶Razão de deterrência alimentar: razão das estimativas da DA₅₀ do inseticida botânico e os produtos formulados, calculado pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da DA₅₀. *Razão de deterrência alimentar significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 13. Toxicidade aguda ovicida de inseticidas sintético e botânico comercial para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 96 horas de exposição.

Ingredientes ativo	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.)	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
Clorantropilprole	REC	1206	9,93 (6)	154,64 (125,29-189,74)	3.992,84 (2.839,57-5.988,30)	0,91± 0,05	-
	BEZ	1205	9,75 (5)	152,14 (124,01-185,53)	3.438,22 (2.491,12-5.032,80)	0,95± 0,49	0,98 (0,61-1,58)
Deltametrina	REC	1498	7,36 (8)	65,81 (55,97-77,36)	1.137,03 (854,74-1.587,99)	1,04± 0,05	-
	BEZ	1492	9,91 (8)	73,80 (61,80-86,48)	1.439,72 (1.060,27-2.064,23)	0,99± 0,05	1,10 (0,74-1,63)
Azadiractina	REC	1050	4,43 (5)	30,78 (27,52-34,43)	142,86 (1119,74-175,84)	1,92± 0,10	-
	BEZ	1050	3,90 (5)	36,50 (32,14-40,48)	176,73 (146,76-220,09)	1,86± 0,10	1,16 (1,00-1,36)

¹Número total de ovos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos ovos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos ovos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão da resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,00.

Tabela 14. Toxicidade aguda ovicida dos formulado a base de óleo essencial de espécies da família Rutaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 96 horas de exposição.

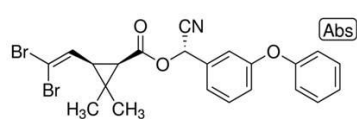
Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>Citrus aurantiifolia</i>	REC	1050	7,29 (5)	388,50 (348,79-433,63)	1.594,72 (1.341,94-1.954,53)	2,08± 0,11	-
	BEZ	1050	6,01 (5)	469,35 (422,09-523,07)	1.884,23 (1.589,56-2.302,15)	2,12± 0,11	1,31 (1,21-1,41)*
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	REC	1200	10,40 (6)	1.109,74 (981,49-1.261,11)	6.422,14 (5.174,60-8.296,13)	1,68± 0,09	-
	BEZ	1200	9,51 (6)	1.149,39 (1.015,85-1.307,23)	6.708,94 (5.398,36-8.680,49)	1,67± 0,09	1,11 (0,95-1,30)
<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	REC	1200	5,68 (6)	1.008,60 (881,40-1.161,63)	7.606,97 (5.924,52-10.253,16)	1,46± 0,08	-
	BEZ	1200	3,79 (6)	981,78 (856,21-1.133,36)	7.608,81 (5.902,57-10.303,72)	1,11± 0,08	0,96 (0,78-1,17)
<i>Citrus limon</i>	REC	1050	6,74 (5)	248,39 (221,93-277,90)	1.129,14 (951,09-1.380,19)	1,95± 0,10	-
	BEZ	1050	3,47 (5)	295,59 (263,81-330,93)	1.358,10 (1.142,55-1.663,28)	1,94± 0,10	1,27 (1,16-1,14)*

¹Número total de ovos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos ovos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos ovos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,0.

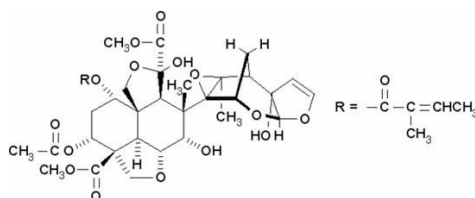
Tabela 15. Toxicidade aguda ovicida dos formulado a base de óleo essencial de espécies da família Myrtaceae para populações da praga, *Plutella xylostella*, Recife (REC) e Bezerros (BEZ) após 96 horas de exposição.

Óleos essenciais	População	N ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾ (G.L. ⁽³⁾)	CL ₅₀ ⁽⁴⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	CL ₉₀ ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹) (95% I.C.) ⁽⁵⁾	Inclinação ± E.P. ⁽⁷⁾	RR ₅₀ ⁽⁸⁾ (95% I.C.)
<i>Eucalyptus citriodora</i>	REC	1201	1,98 (6)	688,66 (620,47-764,06)	2.901,00 (2.483,45-3.471,35)	2,05± 0,10	-
	BEZ	1201	2,28 (6)	739,68 (662,85-825,27)	3.367,25 (2.858,44-4.067,84)	1,95± 0,10	1,19 (1,10-1,29)*
<i>Eucalyptus globulus</i>	REC	1352	7,66 (7)	1.414,85 (1.231,68-1.616,12)	12.362 (10.068-15.700)	1,36± 0,07	-
	BEZ	1352	10,55 (7)	1.520,08 (1.318,22-1.742,50)	14.068 (11.412-18.003)	1,33± 0,06	1,38 (1,10-1,73)*
<i>Eugenia caryophyllus</i> (folha)	REC	1050	1,50 (5)	164,34 (147,27-183,39)	731,65 (616,51-894,73)	1,98± 0,10	-
	BEZ	1050	4,02 (5)	200,18 (178,91-223,96)	923,87 (775,74-1.134,29)	2,14± 0,11	1,30 (1,14-1,48)*
<i>Eugenia caryophyllus</i> (botão)	REC	1050	1,93 (5)	58,92 (52,15-66,34)	275,11 (232,69-334,16)	1,91± 0,10	-
	BEZ	1050	1,76 (5)	75,63 (67,85-84,07)	299,55 (257,05-358,14)	1,93± 0,10	1,28 (1,16-1,41)*
<i>Melaleuca leucadendra</i>	REC	1050	2,20 (5)	273,41 (243,28-306,08)	1.291,97 (1.096,84-1.563,76)	1,90± 0,10	-
	BEZ	1200	10,11 (6)	398,76 (358,09-442,240)	1.652,02 (1.425,31-1.961,38)	1,58± 0,08	1,16 (1,04-1,30)*
<i>Melaleuca alternifolia</i>	REC	1200	10,48 (6)	639,77 (566,84-722,64)	3.902,75 (3.206,36-4.908,67)	1,63± 0,08	-
	BEZ	1050	0,88 (5)	679,15 (599,10-770,52)	4.425,07 (3.611,11-5.608,38)	2,08± 0,11	1,16 (1,04-1,29)*

¹Número total de ovos por bioensaio; ²Qui-quadrado; ³Grau de liberdade; ⁴Concentração letal para matar 50% dos ovos; ⁵Intervalo de confiança; ⁶Concentração letal para matar 90% dos ovos; ⁷Erro padrão da média; ⁸Razão de Resistência: razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada pelo método de Robertson *et al.* (2007) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀. * Razão de resistência significativa quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1,0.



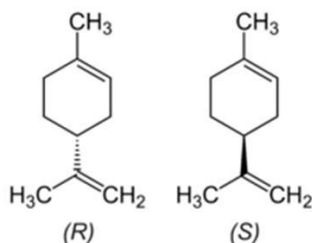
Deltametrina



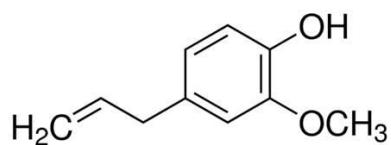
Azadiractina



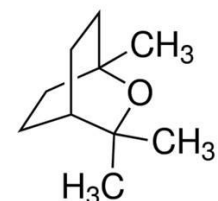
Clorantraniliprole



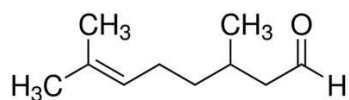
Limonene



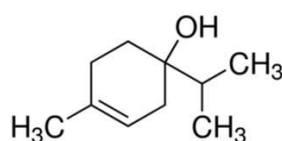
Eugenol



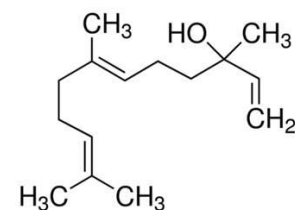
1,8-Cineole



Citronellal



Terpinen-4-ol



E-nerolidol

Figura 1. Formula estrutural dos ingredientes ativo e os dos compostos majoritários dos óleos essenciais de espécies da família Rutaceae e Myrtaceae.

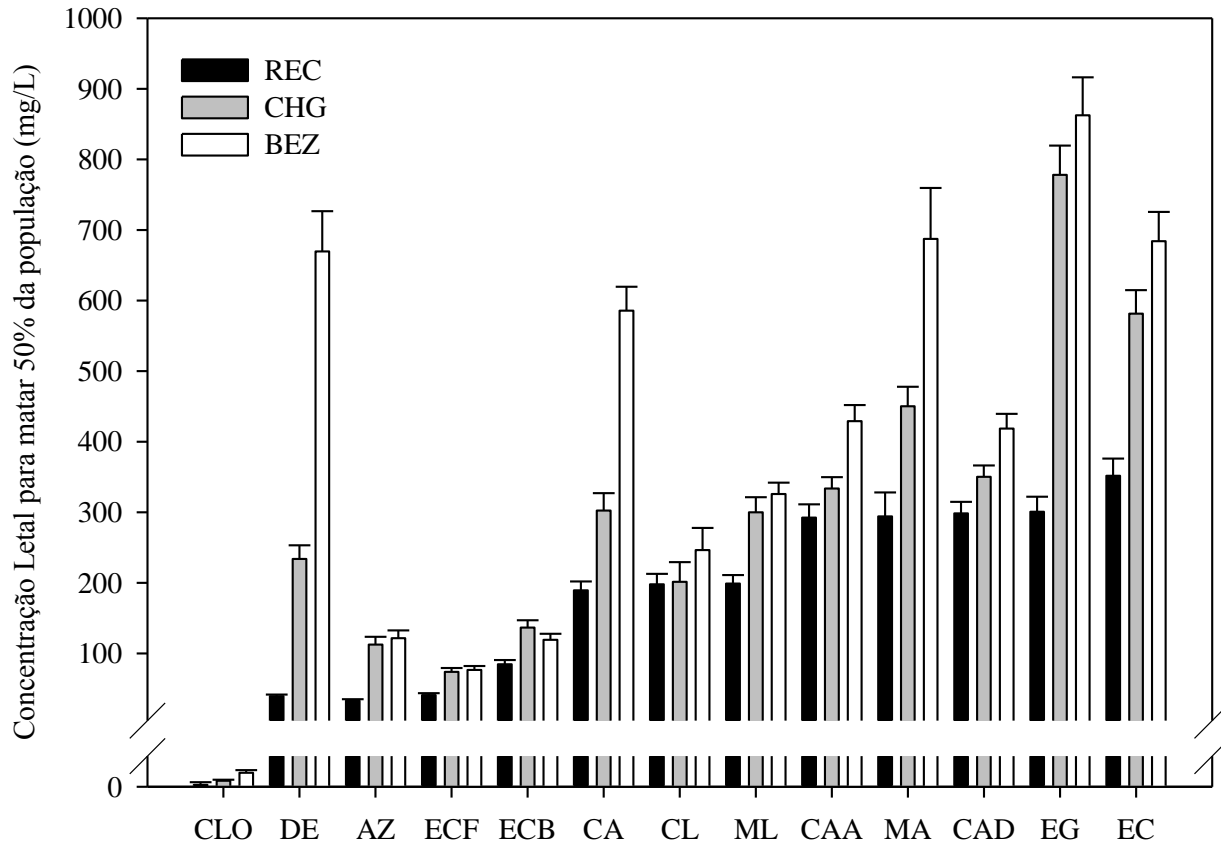


Figura 2. Comparação das concentrações dos ingredientes ativos clorantraniliprole (CLO), deltametrina (DE), azadiractina (AZ) e formulado a base de óleo essencial de espécies da família Rutaceae e Myrtaceae capaz de reduzir 50% o número de larvas de 3^o instar da população Recife (REC) e Bezerros (BEZ) da praga, *Plutella xylostella*, após 48 horas de exposição. (ECF= *Eugenia caryophyllus* Folha; ECB= *Eugenia caryophyllus* Botão; CA= *Citrus aurantiifolia*; CAA= *Citrus aurantium* var. *amara*; CAD= *Citrus aurantium* var. *dulcis*; CL= *Citrus limon*; MA= *Melaleuca alternifolia*; ML= *Melaleuca leucadendra*; EG= *Eucalyptus globulus*; EC= *Eucalyptus citriodora*).

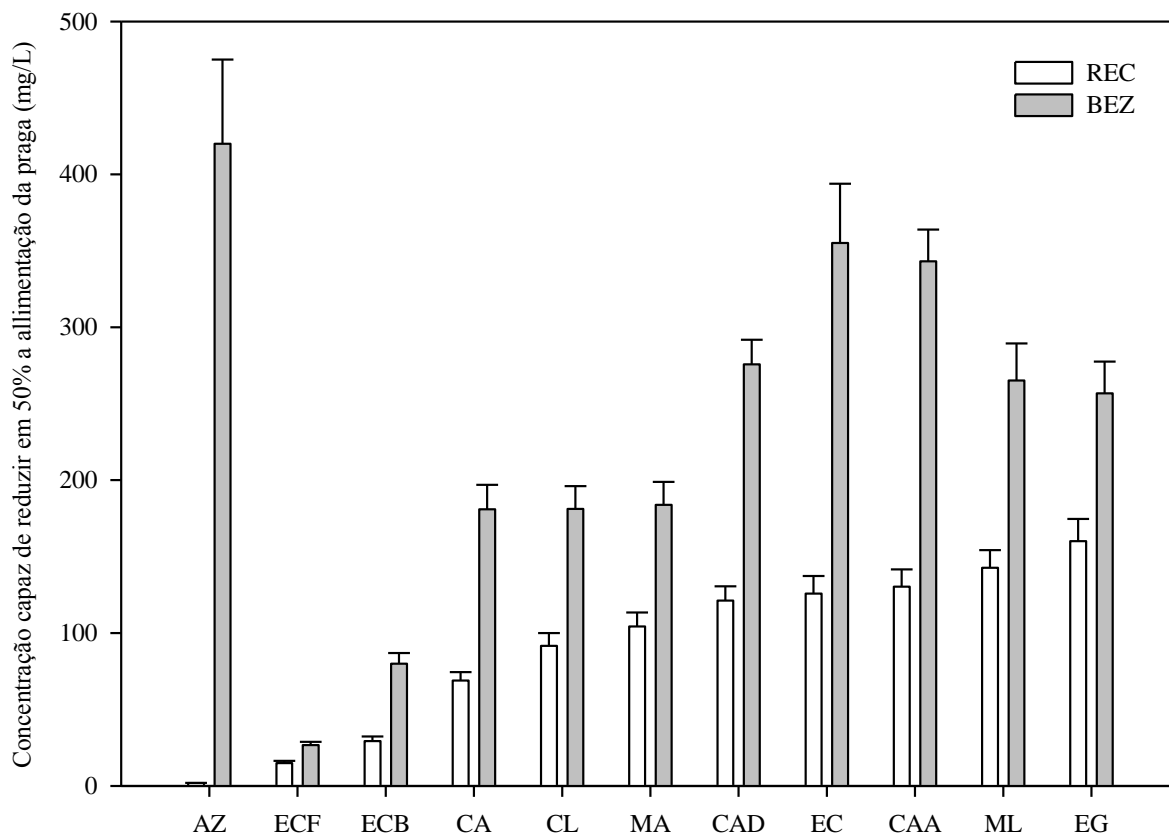


Figura 3. Comparação das concentrações dos ingredientes ativo azadiractina (AZ) e formulado a base de óleo essencial de espécies da família Rutaceae e Myrtaceae capaz de reduzir 50% alimentação de larvas de 3º instar da população Recife (REC) e Bezerros (BEZ) da praga, *Plutella xylostella*, após 24 horas de exposição. (ECF= *Eugenia caryophyllus* Folha; ECB= *Eugenia caryophyllus* Botão; CA= *Citrus aurantiifolia*; CAA= *Citrus aurantium* var. *amara*; CAD= *Citrus aurantium* var. *dulcis*; CL= *Citrus limon*; MA= *Melaleuca alternifolia*; ML= *Melaleuca leucadendra*; EG= *Eucalyptus globulus*; EC= *Eucalyptus citriodora*).

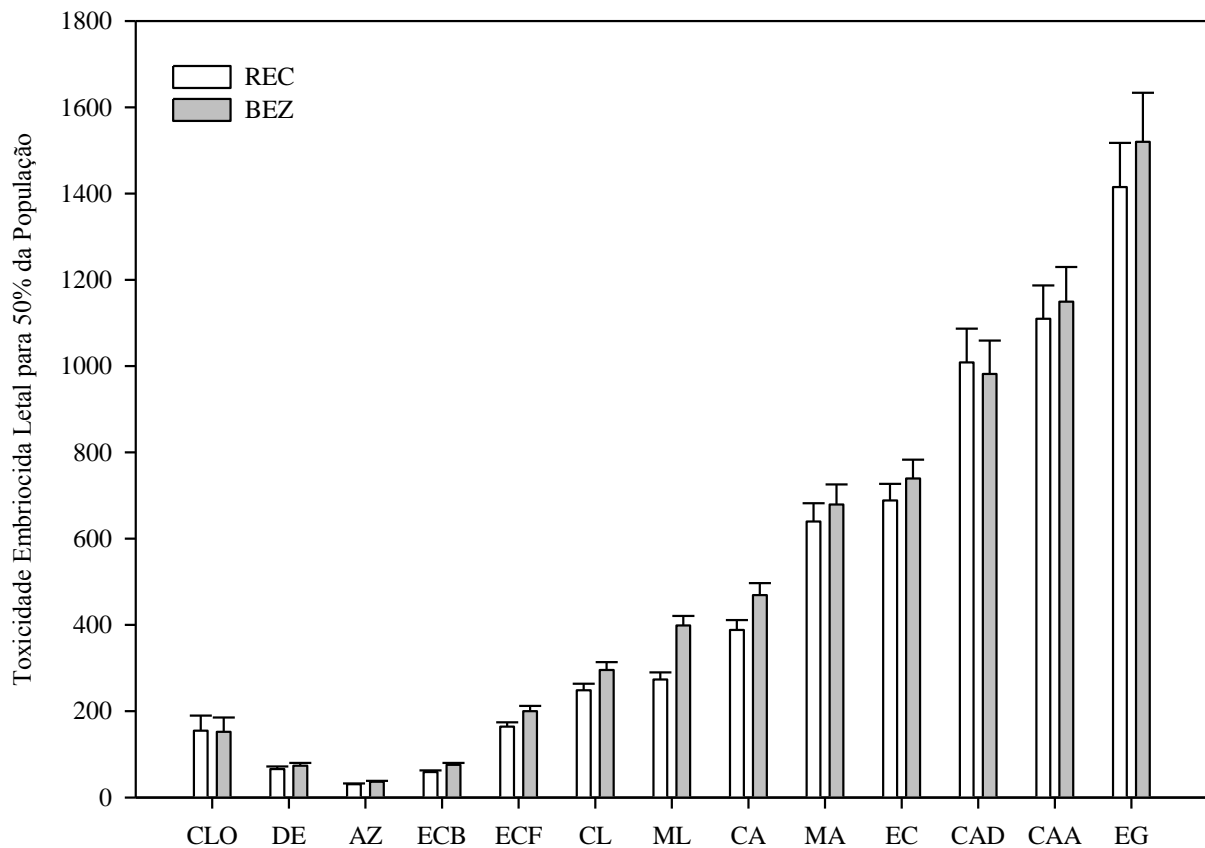


Figura 4. Comparação da toxicidade ovicida aguda ao ingrediente ativo deltametrina (DE) e botânico Azadiractina (AZ), e aos formulado a base de óleo essencial de espécies da família Rutaceae e Myrtaceae para população Recife (REC) e Bezerros (BEZ) da praga, *Plutella xylostella*, após 96 horas de exposição. (ECF= *Eugenia caryophyllus* Folha; ECB= *Eugenia caryophyllus* Botão; CA= *Citrus aurantiifolia*; CAA= *Citrus aurantium* var. *amara*; CAD= *Citrus aurantium* var. *dulcis*; CL= *Citrus limon*; MA= *Melaleuca alternifolia*; ML= *Melaleuca leucadendra*; EG= *Eucalyptus globulus*; EC= *Eucalyptus citriodora*).

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE MISTURAS BINÁRIAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS, INSETICIDA BOTÂNICO E QUÍMICO PARA O MANEJO DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)^{1,2,3}

JOÃO P. R. DE MELO⁴

⁴Departamento de Agronomia, Entomologia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

¹Melo, J.P.R. Atividade inseticida de misturas de óleos essenciais das famílias Rutaceae e Myrtaceae para o manejo da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera:Plutellidae). A ser submetido à Agronomy for Sustainable Development.

²Câmara, C.A.G., J.P.R. Melo & M.M. Moraes. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR 10 2017 002249 8, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

²Câmara, C.A.G., J.P.R. Melo & M.M. Moraes. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR 10 2017 007243 6, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

RESUMO - Os inseticidas sintéticos são o principal método de controle da traça-das-crucíferas, só que muitos desses produtos são tóxicos para o meio ambiente. Uma alternativa para reduzir os efeitos indesejáveis dos inseticidas sintéticos são os inseticidas botânicos a base de óleos essenciais (OEs). Muitas pesquisas relatam a ação inseticida dos OEs e seus compostos majoritários, porém a ação sinérgica que esses óleos podem ter com inseticidas sintéticos, botânicos e com outros OEs é escassa. Assim, o objetivo do capítulo 3 foi desenvolver inseticidas baseado na mistura binária dos óleos essenciais de espécies *Citrus aurantium* L., *Citrus aurantiifolia* Tanakae, *Citrus limon* L. Burm, *Eugenia caryophyllus* L., *Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus citriodora* Hook, *Melaleuca leucadendra* L., *Melaleuca alternifolia* Chell e os inseticida deltametrina e azadiractina, possam ser aplicado no controle de da traça-das-crucíferas, visando uma menor toxicidade e reduzido impacto no meio ambiente As misturas para manejo da *P. xylostella* apresentou 77,50% de misturas binárias sinérgicas entre todos os produtos (sintéticos, botânico e óleos essenciais) estudados. Dos produtos sinérgicos 69,85% apresentaram sinergismo muito forte e a toxicidade larval com índice de redução de concentração (IRC) de 1.281,65 vezes para o *E. globulus* quando misturado com o OE de *C. aurantiifolia*. As misturas com deltametrina o melhor IRC foi para mistura com *E. citriodora* que promoveu uma diminuição de 31,35 vezes na CL₅₀ da deltametrina. As misturas binárias de OEs estudados mostraram-se promissores para uso no manejo integrado da praga *P. xylostella* e grande potencial de serem implantados no mercado de inseticidas botânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência, Brassicaceae, deltametrina, atividade larvicida, deterrência alimentar, atividade ovicida

EVALUATION OF THE INSECTICIDE POTENCIAL OF BINARY MIXTURE OF
ESSENCIAL OIL, BOTANICAL AND CHEMICAL INSECTICIDE FOR THE
MANAGEMENT DIAMONFBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA:
PLUTELLIDAE)

ABSTRACT – The synthetic insecticides have been the main method of controlling the diamondback moth, only that many of these products are toxic to the environment. An alternative to reduce undesirable effects of the synthetic insecticide is the use of botanical insecticides with essential oils (EOs). Many studies report the insecticidal action of EOs and yours major components, But few studies verify the synergistic action that these oils can have with synthetic insecticides, botanical e with other EOs. Thus, the purpose of chapter 3 was to develop a new botanical insecticide based on the binary mixture of EOs of the species *Citrus aurantium* L., *Citrus aurantiifolia* Tanakae, *Citrus limon* L. Burm, *Eugenia caryophyllus* L., *Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus citriodora* Hook, *Melaleuca leucadendra* L., *Melaleuca alternifolia* Chell and the inseticida deltamethrina e azadirachtn, can be applied in diamondback moth control, aiming for a lower toxicity and reducing impact on the environment. Of synergic products, 69,85% showed very strong synergism and larval toxicity with concentration-reduction index (CRI) of 1,281.65 times for the EO for *E. globulus* when mixed with EO *C. aurantiifolia*. Mixture with deltamethrin, the best CRI was for EO *E. citriodora* which promoted reduction of 31.35 times in CL₅₀ for deltamethrin. Binary mixture of EOs studies showed promising for use in the integrated management of *P. xylostella* and great potential to be implanted in the botanical insecticide market.

KEYWORDS: Resistance, Brassicaceae, deltamethrin, activity larvicidal, food dependence, embryonic activity

Introdução

As brassicas são plantas com grande biomassa de folhagem e no clima tropical o maior agente que causa danos são os insetos fitófagos, em especial larvas de lepidópteros. Entre essas pragas o maior causador de injúrias e danos é a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, são insetos vorazes e consomem toda folhagem das brassicas, resultando na depreciação do produto (Delobel 1978, Attique *et al.* 2006, Grzywackz *et al.* 2010, Zhou *et al.* 2011, Zalucki *et al.* 2012, Khakame *et al.* 2013, Zhang 2016,). Esta praga causa elevados prejuízos na produção de brássicas com redução de até 90% na qualidade do produto, o que ocasionar um déficit de 260 à 400 milhões de reais aos produtores brasileiros dessas culturas. Em 2006, no nordeste brasileiro, que contribui com 50 mil toneladas, o prejuízo chegou a 38 milhões de reais (IBGE 2006).

Os inseticidas sintéticos tem sido o principal método de controle da traça-das-crucíferas (Syed 1992, Capinera 2001, Tiba 2008, De Bortoli *et al.* 2013), só que muitos desses produtos são tóxicos para o meio ambiente, como exemplo, temos os inseticidas sintéticos organofosforados que são bioacumulativos e inseticidas as bases de ingrediente deltametrina são extremamente tóxicos aos peixes. Além da toxicidade ambiental, os inseticidas sintéticos, que apresentam um ingrediente ativo em sua formulação, favorecem o surgimento de insetos pragas resistentes aos ingredientes ativos (Schuler *et al.* 1996, Ferré & Van Rie 2002, Srinivansan *et al.* 2011). Como resultado da resistência a inseticidas, em 1993, o custo de controle da *P. xylostella* alcançava um bilhão de dólares em todo mundo (Talekar & Shelton 1993).

Uma alternativa para reduzir os efeitos indesejáveis dos inseticidas sintéticos é o uso de inseticidas naturais, que são substâncias naturais (extratos e óleos essenciais) ou derivados de plantas que controlem as pragas. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA 2015), uma estratégia para dirimir os problemas da resistência de insetos a inseticidas é o uso de produtos derivado de plantas capazes de responder aos desafios da produção agrícola.

Esses podem ser utilizados no manejo integrado de pragas na agricultura e são obtidos de plantas, por exemplo, como as piretrinas, rotenona ou nicotina (Gallo *et al.* 2002).

Os óleos essenciais são encontrados abundantemente em famílias de plantas aromáticas, principalmente nas famílias Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae e Rutaceae (Isman & Machial 2006). Estes compostos são geralmente considerados seguros para o ambiente porque possuem uma variedade de produtos químicos biodegradáveis, que não são tóxicos para mamíferos, aves e peixes (Misra *et al.* 1996, Stroh *et al.* 1998). Esta solução é atraente, pois, eles são uma fonte rica de substâncias químicas bioativas que muitas vezes atuam em múltiplos e novas locais alvos (Ahn *et al.* 2006)

Embora diversas pesquisas tenham sido publicadas registrando novos produtos baseados em mistura de compostos para o controle de artrópodes, estas pesquisas não apresentam o uso de misturas sinérgicas de produto botânico a base de óleo essencial (Durling *et al.* 2007, Dadang & Ohsawa 2009, Kwon *et al.* 2011, Gallardo *et al.* 2012). Assim, o objetivo do capítulo 3 foi desenvolver um novo inseticida botânico baseado na mistura binária dos óleos essenciais das espécies *Citrus aurantium* var *dulcis* *Citrus aurantium* var *amara*, *Citrus aurantiifolia*, *Citrus limon*, *Eugenia caryophyllus*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus citriodora*, *Melaleuca leucadendra*, *Melaleuca alternifolia*, do ingrediente ativo deltametrina e azadiractina, possam ser aplicado no controle de da traça-das-crucíferas, visando uma menor toxicidade e reduzido impacto no meio ambiente.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Inseticidas Naturais do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de Janeiro de 2014 a Dezembro de 2016.

Criação de Insetos. As populações suscetível e resistente ao ingrediente ativo deltametrina da traça-das-crucíferas foram obtidas da criação do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A população suscetível de *P. xylostella* ao ingrediente deltametrina foi coletada em Recife, Pernambuco, e mantida no laboratório na ausência de pressão seletiva por inseticidas desde 1998 e a população resistente foi coletadas do campo, na Cidade de Bezerros.

As larvas de *P. xylostella*, foram mantidas conforme metodologia proposta por Barros *et al.* (2012), com algumas adaptações, e estabelecida no Laboratório de Inseticidas Naturais do PPGEA da UFRPE, nas condições de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 15\%$ umidade relativa e 12 h de fotofase. Os adultos da praga foram confinados em gaiolas plásticas transparentes retangulares (20 cm de comprimento x 10 cm de largura x 15 cm de altura) com abertura lateral fechada com tela de náilon para ventilação. Dentro das gaiolas, discos de folhas de couve medindo dez centímetros de diâmetro foram oferecidos como substrato para postura, sobrepostos a um papel de filtro e estes sobre esponjas de igual tamanho, embebidas em água. Foi oferecido mel a 10% diluído em água e impregnado 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 var. manteiga obtidas de produção orgânica até a formação das pupas. As pupas foram coletadas e mantidas em recipiente coberto com filme plástico PVC contendo pequenas perfurações para permitir trocas gasosas, até a emergência dos adultos, transferidos para as gaiolas de criação de adultos. 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.

Obtenção dos Óleos Essenciais. Foram utilizados OEs comerciais das espécies *Citrus aurantium* var *dulcis*, *Citrus aurantium* var *amara*, *Citrus limon* e *Citrus aurantiifolia* (família Rutaceae). Os OEs das espécies da família Myrtaceae foram *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus globulus*, *Eugenia caryophyllus* e *Melaleuca alternifolia*, adquiridos da empresa FERQUIMA Ind. e Com. Ltda, além, do OEs extraído de folhas da espécie *Melaleuca leucadendra* (família Myrtaceae) encontrada no bioma Pernambucano. 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.

Obtenção dos Formulados para Misturas Binárias. Para obtenção de um produto formulado foi utilizado misturas binárias dos óleos essenciais nas proporções de 9:1 (i.e. 90% do óleo essencial A e 10% do óleo essencial B), 7:3, 5:5, 3:7 e 1:9, adicionadas a solução aquosa contendo água destilada, 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico. Ao final, foi obtido cinco Concentrado Emulsionado (C.E.) para todas as misturas binárias de óleos essenciais.

Eficácia das Misturas Binárias dos Óleos Essenciais, Inseticida Químico e Inseticida Botânico. A metodologia para determinar a eficácia da mistura binária dos óleos essenciais foi baseada em Trisyono & Whalon (1999). Para os efeitos agudos da mistura binária utilizou diferentes percentuais de proporções, 9:1, 7:3, 5:5, 3:7 e 1:9 (A:B), das misturas de diferentes óleos essenciais A e B, com valores mais baixo e mais elevados do que a Concentração Letal para matar 50% dos indivíduos (CL₅₀) e utilizada por outros pesquisadores (Singh *et al.* 2009,

Hummelbrunner & Isman 2010, Koul *et al.* 2013, Kumrungsee *et al.* 2014, Pavela 2015): $E = Oa + Ob(1 - Oa)$, onde E é a mortalidade esperada da mistura binária, Oa e Ob são as mortalidades observadas dos óleos essenciais individuais nas concentrações dada.

Os efeitos das misturas foram classificados como antagonistas aditivos ou sinergistas pela análise de comparação, conforme equação: $\chi^2 = (Om - E)^2 / E$; onde Om é a mortalidade observada para a mistura binária e E a mortalidade esperada, χ^2 com grau de liberdade igual a 1 e alfa entre 0,05 e 3,84. Quando o valor do χ^2 foi $>3,84$ e a mortalidade observada maior que a esperada foi considerado efeito sinérgico, com valor do χ^2 foi $>3,84$ e a mortalidade observada menor que a esperada foi considerado efeito antagônico, com valores de χ^2 entre 0,05 e 3,84 apresentou efeito aditivo e $\chi^2 < 0,05$ não apresentou efeito das misturas.

Utilizou a técnica de imersão de disco de folha para verificar a mortalidade das larvas de 3ª instar de *P. xylostella*, onde discos de couve folha de 5 cm de diâmetro foram imersos por um período de 10 segundos em 20 ml de diferentes proporções de solução contendo as misturas binárias, água destilada, 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Ácido Dodecilbenzeno Sulfônico. 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 realizados e repetidos no tempo, correspondendo a 120 larvas.

Bioensaios de Toxicidade Larval das Misturas Binária Sinérgicas. Após identificação do efeito sinérgico, aditivo ou antagônico, as proporções das misturas binárias sinérgicas foram testadas, no mínimo, em sete concentrações para verificar a Concentração Letal capaz de eliminar 50% dos indivíduos de uma população (CL_{50}). A técnica utilizada para determinar a toxicidade das larvas foi o de imersão de disco de folha, onde discos de folha de couve (5 cm de diâmetro) foram mergulhados durante 10 segundos em 20 ml de diferentes concentrações de solução do produto

avaliado (óleo essencial ou composto isolado) em água destilada contendo 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico. Colocou-se para secar durante 30 minutos à temperatura ambiente.

Após a secagem, dez larvas de terceiro instar de *P. xylostella* foram transferidos para cada disco de folha e a mortalidade registrada 48 h após a exposição. Seis repetições por tratamento foram realizados e repetidos no tempo, correspondendo a 120 larvas. Para verificar os efeitos da toxicidade das misturas binárias, os resultados foram comparados com controle positivo 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) que apresentaram CL₅₀ de 121,79 mg L⁻¹ e 666,65 mg L⁻¹, respectivamente, estimadas no capítulo 1 dessa Tese, além do controle negativo (água destilada, monolaurato de sorbitano polioxietileno e ácido dodecilbenzeno sulfônico).

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 das misturas binárias sinérgicas, com intervalos de confiança de 95%. A metodologia de Chou *et al* (2010) foi usada para calcular o Índice de Combinação das Misturas (ICM) e Índice de redução da Concentração (IRC) com auxílio do software Compusyn[®] (Chou & Martin 2007). Para essa análise utilizou de 7 a 9 concentrações para cada tratamento.

Bioensaios de Deterrência Alimentar. A metodologia da Deterrência Alimentar (DA) foi adaptada de Akhtar *et al.* (2012). Inicialmente verificou o possível efeito deterrente das misturas binárias na alimentação da *P. xylostella*, com concentrações variando entre a CL₁₀ e CL₃₀ dos óleos essenciais para o bioensaio de deterrência alimentar com chance de escolha. Essas concentrações serviram como base para formulações das demais concentrações para análise do Índice de Deterrência Alimentar (IDA). 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 2,2 cm de diâmetro foram imersos nas soluções preparadas, óleo essencial puro diluído em água destilada contendo 1,0% de Monolaurato de sorbitano polioxietileno e 0,1% de Acido Dodecilbenzeno Sulfônico 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 diametro. 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 30 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 a preferencia 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. Para essa análise utilizou de 7 concentrações para cada tratamento, com 30 repetições por tratamento.

A metodologia para análise do IDA foi adaptada de Akhtar *et al.* (2012) e descrita anteriormente para análise de preferencia 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 azadactina como ingrediente ativo.

Resultados e Discussão

Os experimentos para identificar o efeito sinérgico, aditivo e antagônico foram realizados com uma amostra de 18.000 larvas do 3^o instar de *P. xylostella* para mistura entre óleos essenciais, 5.400 larvas para misturas entre o inseticida botânico (i.a azadiractina) e óleos essenciais, 5.400 larvas para misturas entre inseticida sintético (i.a. deltametrina) e óleos essenciais e 600 larvas para misturas entre a deltametrina e azadiractina. Para os bioensaios de toxicidade larval e deterrência alimentar utilizou uma amostra de 29.760 e 5.880 larvas de 3^o instar, respectivamente.

Eficácia das Misturas Binárias dos Óleos Essenciais, Inseticida Químico e Inseticida Botânico. Após diversos experimentos realizados para identificar as misturas binárias sinérgicas das espécies da família Rutaceae, Myrtaceae, inseticida Decis[®] (ingrediente ativo deltametrina) e inseticida Azamax[®] (ingrediente ativo azadiractina), as tabelas de 1 a 8 mostram os resultados das misturas binárias e suas proporções que exibiram os efeitos sinérgicos, antagônicos, aditivos ou sem efeitos. Os resultados das misturas binárias entre o inseticida botânico azamax[®] e os óleos essenciais está registrado nas tabelas 9 e 10, e por fim as misturas binárias sinérgicas entre o inseticida Decis[®], os óleos essenciais e o azamax[®] podem ser visto nas tabelas 11 e 12. Os experimentos realizados para entre os óleos essenciais, inseticida sintético e botânico apresentaram 77,55% das misturas binárias sinérgicas.

As misturas binárias entre espécies da família Myrtaceae apresentou 60% de interações sinérgicas, entre as espécies da família Myrtaceae e Rutaceae 68,75% de sinergismo, Já entre as misturas do inseticida azamax[®] e a família Myrtaceae apresentou apenas 60% de interações ou Rutaceae, a interação sinérgica foi de 60% e 25% respectivamente. As interações em entre o inseticida deltametrina e a espécie da família Myrtaceae apresentou 100% de sinergismo na mistura elaborada (Tabela 10).

Porém, o sinergismo cai conforme modifica as proporções utilizadas. O mesmo pode ser observado para interação com a família Rutaceae e o inseticida botânico azadiractina (Tabela 11).

As misturas binárias do ingrediente ativo azadiractina e óleos essenciais da família Rutaceae apresentaram um alto percentual de antagonismo na maioria das espécies estudadas para essa família. Apesar dos bioensaios realizados, ainda sabe-se pouco sobre como a sinergia pode ser produzida entre óleos essenciais de espécies diferentes. O mecanismo de sinergismo foi sugerido como um efeito multialvo em que produtos diferentes visam diferentes locais ou interações de agentes com mecanismo de resistência (Langeveld *et al.* 2014).

Outra possibilidade é que a ação rápida das misturas binárias seja um indicativo de ação neurotóxica. Entre os resultados apresentados, verificou-se que algumas misturas binárias nas diferentes proporções utilizadas, apresentaram resultados diferentes para eficácia da mistura, um fato que pode ter alterado a atividade da mistura binária é sensibilidade do organismo (Cox *et al.* 2001) aos componentes químicos dos óleos em proporções diferentes. Akhtar & Isman (2013), informam que dentro dos inúmeros componentes químicos que as plantas utilizam, existem componentes em maiores e menores quantidades que atuam como sinergistas dependendo das proporções utilizadas, aumentando ou diminuindo o efeito das misturas binárias.

A maioria dos estudos que verificam o sinergismo, antagonismo e adição de misturas de óleos essenciais visam o controle de bactérias (Edwards-Jones *et al.* 2004, Doran *et al.* 2009, Williams & Barry 2012, Padalia *et al.* 2015, Duarte *et al.* 2016). Estudos que identifiquem a ação das misturas binárias sobre pragas agrícolas são escassas (Pavela 2010, Pavela 2014), Entre os poucos estudos com pragas agrícolas, alguns óleos essenciais tem mostrado eficácia ao inibir a acetilcolinesterase (Abdelgaleil *et al.* 2009, Qin *et al.* 2010). As misturas de produtos aumentam o espectro de ação inseticida, como os verificado por Singh *et al.* (2009) no controle das larvas de terceiro instar de *Chilo partellus*.

Bioensaios de Toxicidade Larval das Misturas Binária Sinérgicas. Os bioensaios utilizando misturas binárias de óleos essenciais de *Melaleuca leucadendra*, apresentaram mistura binária

mais tóxica com o óleo essencial de *Eugenia caryophyllus*, para reduzir em 50% a população, a concentração da mistura foi estimada em 155,03 mg L⁻¹ na proporção de 5:5, apesar da mistura ser sinérgica o Índice de Redução da Concentração (IRC) foi de 12,69 e 2,79 vezes para os óleos essenciais *M. leucadendra* e *E. caryophyllus*, respectivamente. As demais misturas binárias tendo óleo essencial de *M. leucadendra* não apresentaram diferença significativa entre as CL₅₀, variando de 213,92 mg L⁻¹ (*M. Leucadendra* + *C. aurantium* var. *dulcis*) a 272,40 mg L⁻¹ (*M. Leucadendra* + *E. globulus*) com o grau do Índice de Combinação da Mistura (ICM) variou de sinergismo muito forte a baixo sinergismo. Porém, o IRC para os óleos essenciais de *E. citriodora* e *E. globulus* foram de 279,62 e 220,59 vezes, respectivamente (Tabela 13). As misturas binárias realizadas com o óleo essencial *Melaleuca alternifolia* apresentaram concentrações letal que reduz em 50% a população foi semelhantes entre eles, com valores variando de 145,67 a 196,62 mg L⁻¹.

As misturas que apresentaram sinergismo com os óleos essenciais das duas espécies do gênero *Melaleuca* demonstram o grande potencial de sinergismo e de redução na quantidade das concentrações aplicadas. Quando dois formulados combinados são submetidos a diluições em série, comportando-se como um terceiro formulado na relação concentração-efeito, logo, é necessário o índice de combinação das misturas (ICM) para quantificar o grau de sinergismo ou antagonismo. Porém, necessita informar o índice de redução da concentração que é quanto cada formulado reduziu sua concentração para ocorrer à combinação sinérgica comparada à concentração de cada formulado isolado (Chou 2006).

O óleo essencial da espécie *E. caryophyllus* misturada aos óleos das espécies *C. limon* e *C. aurantiifolia*, apesar do sinergismo, o IRC do dessas misturas binárias foi de 1,74 e 1,69, respectivamente, indicando que esses dois óleos cítricos não diminuíram a quantidade de formulados a base de óleo essencial de *E. caryophyllus* para CL₅₀ do óleo essencial misturado com óleos de outras espécies (Tabela 14). A toxicidade residual para o gênero *Eucalyptus*

demonstrou que os formulados contendo os óleos essenciais de *E. globulus* e *E. citriodora* apresentaram sinergismo muito forte quando misturados com os óleos cítricos. As misturas binárias de *E. globulus* + *C. aurantiifolia*, por exemplo, apresentou um IRC de 1.281,65 vezes, já as misturas com os óleos essenciais de *E. citriodora* + *C. aurantium* var. *dulcis* apresentou um IRC 263,24. As misturas de binárias que continham *E. globulus* e óleos essenciais cítricos apresentaram CL_{50} variando de 128,39 a 140,26 mg L⁻¹, por outro lado as misturas que continham *E. citriodora* apresentaram CL_{50} variando de 206,41 a 220,21 mg L⁻¹ (Tabela 14). Esses resultados podem estar associados à taxa de absorção melhorada das substâncias ou neutralização de efeitos adversos (Wagner & Ulrich-Merzenich 2009, Wagner 2011).

As misturas binárias do ingrediente ativo azadiractina com os óleos essenciais *E. caryophyllus*, *M. alternifolia*, *E. citriodora*, *E. globulus*, *C. aurantium* var. *dulcis* e *C. aurantiifolia* apresentaram grau do índice de combinação das misturas muito forte para o sinergismo. A mistura de azadiractina e *M. alternifolia* apresentou uma redução da concentração de 93,31 vezes na quantidade de azamax utilizado para eliminar 50% da população. O sinergismo entre o óleo essencial da espécie *C. aurantium* var. *dulcis* e azamax diminuiu a quantidade do formulado com o óleo cítrico em 261,36 vezes para alcançar a CL_{50} (Tabela 15). As misturas em que um dos óleos essenciais é rico em monoterpenos, a chance das misturas apresentarem sinergismo para controle de pragas é maior (Pavela 2010).

O inseticida sintético deltametrina apresentaram sinergismos semelhantes para CL_{50} , quando misturado binariamente com *M. alternifolia*, *E. citriodora* e *C. aurantiifolia*, 26,59; 21,26 e 24,94 mg L⁻¹, respectivamente. O grau de ICM da mistura do inseticida sintético com os formulados contendo óleo essencial variou de sinérgico a sinergismo muito forte, porém o IRC para o inseticida ficou entre 8,19 à 31,35 vezes. A mistura binária com o azadiractina apresentou a melhor CL_{50} para as misturas binárias com a deltametrina, 4,30 mg L⁻¹, e um grau de ICM de

sinergismo muito forte. Essa mistura apresentou um IRC de 155,03 vezes para o deltametrina e 28,32 vezes para o azadiractina (Tabela 16). As misturas binárias do inseticida sintético com os óleos essenciais apresentou IRC altos, indicando que a interação dos produtos conseguiu influenciar o mecanismo de resistência da traça-das-crucíferas ao ingrediente ativo deltametrina.

Wagner & Ulrich-Merzenich (2009) defendem que um dos mecanismos possíveis da sinergia é a interação dos agentes sinérgicos com mecanismo de resistência, ou seja, alguns óleos essenciais tem demonstrado inibir enzimas detoxificantes, resultando em sinergia com inseticidas sintéticos (Tak *et al.* 2016). Geralmente os terpenos são considerados bons intensificadores de penetração em humanos (Williams & Barry 1991). Por outro lado, os intensificadores de penetração de inseticidas têm sido relativamente menos explorados que os fármacos (Ahmad 2006, Lin 2012). Em estudo realizado com populações de baratas suscetíveis e resistentes a inseticidas convencionais, verificou que os óleos essenciais apresentaram toxicidade consistente para populações resistente, indicando seu diferente modo de ação (Chang 2012).

Bioensaios de Deterrência Alimentar. Além da toxicidade residual, vários outros parâmetros podem ser usados para avaliar a eficácia dos inseticidas, como exemplo a deterrência alimentar. As curvas concentração-resposta para essa atividade para o gênero *Melaleuca*, demonstrou que a DA₅₀ para as misturas binárias com *Melaleuca leucadendra* foram semelhantes. Porém, o IRC para o óleo essencial de *E. caryophyllus* foi 0,76 vezes, ou seja, quase nada foi reduzido da concentração do mesmo óleo isolado. Os demais óleos promoveram um IRC variando de 6,19 a 9,22 vezes para a adição do óleo essencial de *M. leucadendra* as misturas (Tabela 17).

Já as misturas binárias contendo óleo essencial de *M. alternifolia* apresentaram CL₅₀ variando de 8,88 a 14,48 mg L⁻¹, e com IRC variando entre 12,70 a 20,71 vezes (Tabela 17). As misturas binárias do *E. globulus* com óleos do gênero *Citrus* e *Eugenia*, apresentou IRC melhores, variando de 24,83 a 40,12 vezes, que os verificados para as misturas binárias do *E. citriodora* com

os mesmos gêneros, que foram de 11,79 a 19,55 vezes. A mistura binária contendo *E. caryophyllus* e *C. limon* não houve IRC que justificassem a mistura binária para seu uso como deterrente, uma vez que a redução na concentração foi apenas de 0,62 e 4,17 vezes, respectivamente. O mesmo ocorreu entre misturas de óleos essenciais de *E. caryophyllus* + *C. aurantiifolia* (Tabela 18). As misturas que apresentaram um bom IRC foram as de Azadiractina + *Citrus aurantiifolia*, 63,43 e 143,64 vezes, respectivamente, reduzindo a concentração e inibindo a alimentação em 50% (Tabela 19).

A relevância da afinidade entre as estruturas químicas e atividades biológicas depende da capacidade dos compostos apresentarem lipofilicidade (Kim *et al.* 2003). A sinergia pode ser demonstrada para misturas binárias de óleos essenciais com terpenos em sua composição (Singh *et al.* 2009) quando a aleloquímicos puros, as chances dos resultados serem sinérgicos são maiores (Akhtar & Isman 2013). Para insetos resistentes a determinados ingredientes ativos, a adoção de práticas utilizando a deterrência alimentar é muito útil (Koul 2004, Ebadollahi 2011), uma vez que insetos oligófagos possam desenvolver resistência geral a deterrentes alimentares combinados (Copping & Duke 2007, Koul 2008, Koul *et al.* 2013).

As atividades inseticidas sinérgicas têm sido observadas em muitos casos, não apenas entre constituintes de óleos essenciais, mas também, entre óleos essenciais (Ngamo *et al.* 2007), inseticidas sintéticos (Pennetier *et al.* 2005) e entre óleos essenciais e compostos sintéticos (Shalan *et al.* 2005). Quando ocorre a misturas binárias entre óleos essenciais que apresentam componentes principais diferenciados, geralmente, múltiplos modos de ação atuam sobre o inseto (Park *et al.* 2011) e os componentes químicos interagem com os mecanismos de resistência diminuindo as concentrações utilizadas para mortalidade da praga (Wagner & Ulrich-Merzenich 2009, Wagner 2011). Embora os óleos essenciais derivados de plantas tenham reconhecimento de suas atividades inseticidas, fumigante, repelentes e deterrentes, a comercialização destes

inseticidas a base de óleos essenciais ocorre a menos de duas décadas, na maioria, em estados dos Estados Unidos da América, iniciando recentemente sua comercialização na União Europeia, Índia e China. No Brasil, só existe um inseticidas botânico derivado de planta, o óleo essencial de azadiractina (AGROFIT 2017).

Agradecimentos

Os autores agradecem a FACEPE (Março/2013 a Maio/2015) e a CAPES (Junho/2015 a Fevereiro/2017) pela bolsa de estudo concedida a João Paulo Ramos de Melo e apoio financeiro por meio dos projetos CT/AGRO/CNPq nº 403.161/2013-0 e Projeto Universal CNPq nº 47.778/2013-5.

Literatura Citada

- Abdelgaleil, S.A., M.I. Mohamed, M.E. Badawy & S.A. El-arami. 2009.** Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. J. Chem. Ecol. 35: 518-525.
- AGROFIT. 2017.** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons >. Acesso em: 31 Mai. 2016.
- Ahmad, M.M., Z. Iqbal, F.M. Anjum & J.I. Sultan. 2006.** Genetic variability to essential oil composition in four citrus fruit species. Pak. J. Bot. 38: 319-324.
- Ahn, Y.J., S.I. Kim, H.K. Kim & J.H. Tak. 2006.** Naturally occurring house dust mites control agents: development and commercialization. Adv. Phytomedicine 3: 269-289.
- Akhtar, Y. & M. B. Isman. 2013.** Plant natural products for pest management: the magic of mixtures. p. 231-247 In I. Ishaaya & A.R. Horowitz (eds.), Advanced technologies for managing insect pests. New York, Springer, 326p.
- Akhtar, Y., A. Stevens, R. Bradbury, C.A. Da 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.
- Attique, M.N.R., A. Khaliq & A.H. Sayyed. 2006.** Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures?. J. Appl. Entomol. 130: 122-127.

- Barros, R., R.T. Thuler & F.F. Pereira. 2012.** Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae), p. 65-84. In D. Pratisoli (ed.). Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais. Vitória, EDUFES, 308p.
- Capinera, J. 2001.** Handbook of vegetable pests. London, Academic Press, 730p.
- Chang, K.S., E.H. Shin, C. Park & Y.J. Ahn. 2012.** Contact and fumigant toxicity of *Cyperus rotundus* steam distillate constituents and related compounds to insecticide-susceptible and-resistant *Blattella germanica*. J. Med. Entomol. 49: 631-639.
- Chou, T.C. & N. Martin. 2007.** CompuSyn software for drug combinations and for general dose effect analysis, and user's guide. ComboSyn, Inc. Paramus.
- Chou, T.C. 2006.** Theoretical basis, experimental design, and computerized simulation of synergism and antagonism in drug combination studies. Pharmacol. Rev. 58: 621-681.
- Chou, T.C. 2010.** Drug combination studies and their synergy quantification using the Chou-Talalay method. Cancer Res. 70: 440-446.
- Copping, L.G. & S.O. Duke. 2007.** Natural products that have been used commercially as crop protection agents. Pest. Manag. Sci. 63: 524-554.
- Cox, S.D., C.M. Mann & J.L. Markham. 2001.** Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. J. Appl. Microbiol. 91: 492-497.
- Dadang, R.S. & K. Ohsawa. 1998.** Lethal and antifeedant substance from rhizome of *Alpinia galanga* SW (Zingiberaceae). J. Pest. Sci. 23: 304-307.
- De Bortoli, S.A., R.A. Polanczyk, A.M. Vacari, C.P. De Bortoli & R.T. Duarte. 2013.** *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): tactics for integrated pest management in Brassicaceae. p. 31-51. In S. Soloneski & M. Larramendy (eds.), Weed and pest control - conventional and new challenges, Janeza Trdine, InTech DTP team, 206p.
- Delobel, A. 1978.** La protection des cultures de cruciferas contre la teigne du chou en Nouvelle-Calédonie (*Plutella xylostella* (L): Lep. Hyponomeutidae). Ser. Biol. 1: 35-40.
- Doran, A.L., W.E. Morden, K. Dunn & V. Edwards-Jones. 2009.** Vapour-phase activities of essential oils against antibiotic sensitive and resistant bacteria including MRSA. Lett. Appl. Microbiol. 48: 387-392.
- Duarte, A.E., I.R.A. de Menezes, M.F. Bezerra Moraes Braga, N.F. Leite, L.M. Barros, E.P. Waczuk, M.A. Pessoa da Silva, A. Boligon, J.B. Teixeira Rocha & D.O. Souza 2016.** Antimicrobial Activity and Modulatory Effect of Essential Oil from the Leaf of *Rhaphiodon echinus* (Nees & Mart) Schauer on Some Antimicrobial Drugs. Molecules 21: 743.

- Durling, N.E., O.J. Catchpole, J.B. Grey, R.F. Webby, K.A. Mitchell, L.Y. Foo & N.B. Perry. 2007.** Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. *Food Chem.* 101: 1417-1424.
- Edwards-Jones, V., R. Buck, S.G. Shawcross, M.M. Dawson & K. Dunn. 2004.** The effect of essential oils on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* using a dressing model. *Burns* 30: 772-777.
- Ferré, J. & J. Van Rie. 2002.** Biochemistry and Genetics of Insect Resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 501-533.
- Finney, D.J. 1971.** Probit analysis. London, Cambridge University Press, 333p.
- Gallardo, A., M.I. Picollo, P. González-Audino & G. Mougabure-Cueto. 2012.** Insecticidal activity of individual and mixed monoterpenoids of geranium essential oil against *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *J. Med. Entomol.* 49: 332-335.
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. de Baptista, E.B. Filho, J.R. P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** *Entomologia Agrícola*. Piracicaba, FEALQ, 920 p.
- Grzywacz, D., A. Rossbach, A. Rauf, D. Russell, R. Srinivasan & 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.
- 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.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2006.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias>.
- Isman, M.B. & C.M. Machial. 2006.** Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *Adv. Phytomedicine* 3: 29-44.
- Khakame, S.K., X. Wang & Y. Wu. 2013.** Baseline toxicity of metaflumizone and lack of cross resistance between indoxacarb and metaflumizone in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 106: 1423-1429.
- Kim, S.I., C. Park, M.H. OHH, H.C. Cho, Y.J. Ahn. 2003.** Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Stored Prod. Res.* 39:11-19.
- Koul, O. 2004.** Insect antifeedants. New York, CRC Press, 997p.
- Koul, O. 2008.** Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27: 1-24.

- Koul, O., R. Singh, B. Kaur & D. Kanda. 2013.** Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. *Ind. Crops Prod.* 49: 428-436.
- 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.
- Kwon, H.W., S.I. Kim, K.S. Chang, J.M. Clark & Y.J. Ahn. 2011.** Enhanced repellency of binary mixtures of *Zanthoxylum armatum* seed oil, vanillin, and their aerosols to mosquitoes under laboratory and field conditions. *J. Med. Entomol.* 48: 61-66.
- Langeveld, W.T., E.J. Veldhuizen, & S.A. Burt. 2014.** Synergy between essential oil components and antibiotics: a review. *Crit. Rev. Microbiol.* 40: 76-94.
- 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. Physiol.* 103: 189-193.
- Misra, G., S.G. Pavlostathis, E.M. Perdue & R. Araujo. 1996.** Aerobic biodegradation of selected monoterpenes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45: 831-838.
- Ngamo, T.S.L., I. Ngatanko, M.B. Ngassoum, P.M. Mapongmestsem & T. Hance. 2007.** Insecticidal efficiency of essential oils of 5 aromatic plants tested both alone and in combination towards *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Res. J. Biol. Sci.* 2: 75-80.
- Padalia, H., P. Moteriya, Y. Baravalia & S. Chanda. 2015.** Antimicrobial and synergistic effects of some essential oils to fight against microbial pathogens-a review, p. 34-45. In A. Méndez-Vilas (ed.), *The battle against microbial pathogens: basic science, technological advances and educational programs*. Badajoz, Formatex research center, 108p.
- Park, H.M., J. Kim, K.S. Chang, B.S. Kim, Y.J. Yang, G.H. Kim, S.C. Shin & I.K. Park. 2011.** Larvicidal activity of Myrtaceae essential oils and their components against *Aedes aegypti*, acute toxicity on *Daphnia magna*, and aqueous residue. *J. Med. Entomol.* 48: 405-410.
- Pavela, R. 2014.** Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisid.(Lep., Noctuidae) larvae. *Ind. Crops Prod.* 60: 247-258.
- Pavela, R. 2015.** Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. *Ind. Crops Prod.* 76: 174-187.
- Pavela, R., 2010.** Acute and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the larvae of *Spodoptera littoralis*. *J. Biopestic.* 3: 573-578.

- Pennetier, C., V. Corbel & J.M. Hougard. 2005.** Combination of a non-pyrethroid insecticide and a repellent: a new approach for controlling knockdown-resistant mosquitoes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 72: 739-744.
- Qin, W., S. Huang, C. Li, S. Chen & Z. Peng. 2010.** Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb.(Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispididae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 96: 132-139.
- SAS Institute 2001.** SAS/STAT User`s guide, version 8.2, TS level 2MO. SAS Institute. Inc.,
- Schuler, T.H., D. Martinez-Torres, A.J. Thompson, I. Denholm, A.L. Devonshire, I.R. Duce & M.S. Williamson. 1996.** Characterisation of knockdown resistance to pyrethroid insecticides in *Plutella xylostella*, p. 215-218. In A. Sivapragasam, W.H. Loke, A.K. Hussan & G.S. Lim (eds.), *Proc. 3rd Int. Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Malaysia*, 349p.
- Shalan, E.A.S., D. Canyon, M.W.F. Younes, H. Abdel-Wahab & A.H. Mansour. 2005.** A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environ. Int.* 31: 1149-1166.
- Singh, R., O. Koul, P.J. Rup & J. Jindal. 2009.** Toxicity of some essential oil constituents and their binary mixtures against *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.* 29: 93-101.
- Srinivasan, R., A.M. Shelton & H.L. Collins. 2011.** The Sixth International Workshop on Management of the Diamondback Moth and Other Crucifer Insect Pests. Shanhua, AVRDC-World Vegetable Center, 321p.
- Stroh, J., M.T. Wan, M.B. Isman & D.J. Moul. 1998.** Evaluation of the acute toxicity to juvenile Pacific coho salmon and rainbow trout of some plant essential oils, a formulated product, and the carrier. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60: 923-930.
- Syed, A.R. 1992.** Insecticide resistance in diamondback moth in Malaysia. p. 437-442. In N.S. Talekar (ed.), *Management of diamondback moth and other crucifer pests. Taiwan*, Research and development Center, 603p.
- Tak, J.H., E. Jovel & M.B. Isman. 2016.** Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag. Sci.* 72: 474-480.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 275-301.
- Tiba, L.M. 2008.** Efeito de alguns inseticidas sobre a mariposa *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera, Plutellidae) por meio de iscas esterilizantes. *Dissertação de Mestrado, Piracicaba, ESALQ*, 58p.

- Torres, A.L., A.B. 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.
- Trisyono, A. & M.E. Whalon. 1999.** Toxicity of neem applied alone and in combinations with *Bacillus thuringiensis* to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 1281-1288.
- Trisyono, A. & M.E. Whalon. 1999.** Toxicity of neem applied alone and in combinations with *Bacillus thuringiensis* to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 1281-1288.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2015.** Minimum risk pesticides exempted from FIFRA registration. Disponível em <<http://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides>>. Acesso em 15 de jun. 2016.
- Wagner, H. & G. Ulrich-Merzenich. 2009.** Synergy research: approaching a new generation of phytopharmaceuticals. *Phytomedicine* 16: 97-110.
- Wagner, H. 2011.** Synergy research: approaching a new generation of phytopharmaceuticals. *Fitoterapia* 82: 34-37.
- Williams, A.C. & B.W. Barry. 1991.** Terpenes and the lipid-protein-partitioning theory of skin penetration enhancement. *Pharm. Res.* 8: 17-24.
- Williams, A.C. & B.W. Barry. 2012.** Penetration enhancers. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 64: 128-137.
- Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng & M.J. Furlong. 2012.** Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string?. *J. Econ. Entomol.* 105: 1115-1129.
- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 132: 38-46.
- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You, & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 132: 38-46.
- Zhou, L., J. Huang, & H. Xu. 2011.** Monitoring resistance of field populations of diamondback moth *Plutella xylostella* L.(Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: A ten-year case study. *Crop Prot.* 30: 272-278.

Tabela 1. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Melaleuca leucadendra* e os óleos essenciais B espécies da família Myrtaceae.

Óleos essenciais		Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
A	B	A:B	Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>M. leucadendra</i>	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	75,00	17,40	79,35	100,00	5,37	Sinérgico
		7:3	65,00	45,20	80,82	100,00	4,55	Sinérgico
		5:5	55,00	59,80	81,91	100,00	4,00	Sinérgico
		3:7	40,00	67,50	80,50	100,00	4,72	Sinérgico
		1:9	5,50	75,70	77,04	100,00	6,85	Sinérgico
<i>M. leucadendra</i>	<i>M. alternifolia</i>	9:1	78,80	14,60	81,90	77,00	0,29	Aditivo
		7:3	75,00	40,10	85,03	75,00	1,18	Aditivo
		5:5	64,90	55,40	84,35	78,00	0,48	Aditivo
		3:7	48,50	64,20	81,56	79,00	0,08	Aditivo
		1:9	22,50	73,90	79,77	72,00	0,76	Aditivo
<i>M. leucadendra</i>	<i>E. citriodora</i>	9:1	78,80	10,80	81,09	100,00	4,41	Sinérgico
		7:3	75,00	28,20	82,05	100,00	3,93	Sinérgico
		5:5	64,90	47,40	81,54	100,00	4,18	Sinérgico
		3:7	48,50	55,00	76,83	100,00	6,99	Sinérgico
		1:9	22,50	65,40	73,19	100,00	9,83	Sinérgico
<i>M. leucadendra</i>	<i>E. globulus</i>	9:1	78,80	2,70	79,37	98,40	4,56	Sinérgico
		7:3	75,00	19,20	79,80	82,70	0,11	Aditivo
		5:5	64,90	35,80	77,47	91,70	2,62	Aditivo
		3:7	48,50	47,50	72,96	80,70	0,82	Aditivo
		1:9	22,50	57,80	67,30	81,70	3,08	Aditivo

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 2. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Melaleuca leucadendra* e os óleos essenciais B espécies da família Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
A	B		Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>M. leucadendra</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. dulcis</i>	9:1	1,95	78,81	79,22	97,33	4,14	Sinérgico
		7:3	15,69	75,00	78,92	97,54	4,39	Sinérgico
		5:5	38,62	64,89	78,45	98,66	5,21	Sinérgico
		3:7	39,32	48,46	68,73	85,19	3,94	Sinérgico
		1:9	62,05	22,50	70,59	91,83	6,39	Sinérgico
<i>M. leucadendra</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. amara</i>	9:1	78,81	3,00	79,45	98,70	4,67	Sinérgico
		7:3	75,00	24,23	81,06	98,91	3,93	Sinérgico
		5:5	64,89	43,99	80,33	99,70	4,67	Sinérgico
		3:7	48,46	59,82	79,29	97,56	4,21	Sinérgico
		1:9	22,50	68,15	75,32	93,20	4,25	Sinérgico
<i>M. leucadendra</i>	<i>C. limon</i>	9:1	78,81	20,00	83,05	100,00	3,46	Aditivo
		7:3	75,00	47,02	86,76	100,00	2,02	Aditivo
		5:5	64,89	60,51	86,14	100,00	2,23	Aditivo
		3:7	48,46	74,30	86,75	100,00	2,02	Aditivo
		1:9	22,50	79,38	84,02	100,00	3,04	Aditivo
<i>M. leucadendra</i>	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	78,81	18,42	82,71	95,76	2,06	Aditivo
		7:3	75,00	43,40	85,85	85,98	0,00	Sem efeito
		5:5	64,89	55,27	84,30	98,54	2,41	Aditivo
		3:7	48,46	62,93	80,89	85,29	0,24	Aditivo
		1:9	22,50	68,79	75,81	88,60	2,16	Aditivo

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 3. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Melaleuca alternifolia* e o óleos essenciais B espécies da família Myrtaceae.

Óleos essenciais		Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
A	B	A:B	Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>M. alternifolia</i>	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	65,80	17,40	71,75	100,00	11,12	Sinérgico
		7:3	60,80	45,20	78,52	100,00	5,88	Sinérgico
		5:5	49,10	59,80	79,54	100,00	5,26	Sinérgico
		3:7	35,00	67,50	78,88	100,00	5,66	Sinérgico
		1:9	4,20	75,70	76,72	100,00	7,06	Sinérgico
<i>M. alternifolia</i>	<i>E. citriodora</i>	9:1	73,90	10,80	76,72	100,00	7,06	Sinérgico
		7:3	64,20	28,20	74,30	100,00	8,89	Sinérgico
		5:5	55,40	47,40	76,54	100,00	7,19	Sinérgico
		3:7	40,10	55,00	73,05	100,00	9,95	Sinérgico
		1:9	14,60	65,40	70,45	100,00	12,39	Sinérgico
<i>M. alternifolia</i>	<i>E. globulus</i>	9:1	73,90	2,70	74,60	100,00	8,64	Sinérgico
		7:3	64,20	19,20	71,07	100,00	11,77	Sinérgico
		5:5	55,40	35,80	71,37	100,00	11,49	Sinérgico
		3:7	40,10	47,50	68,55	100,00	14,43	Sinérgico
		1:9	14,60	57,80	63,96	100,00	20,31	Sinérgico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 4. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Melaleuca alternifolia* e os óleos essenciais B espécies da família Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
A	B	A:B	Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>M. alternifolia</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. dulcis</i>	9:1	73,88	1,95	74,39	83,33	1,07	Aditivo
		7:3	64,17	15,69	69,79	33,33	19,05	Antagônico
		5:5	55,36	38,62	72,60	66,67	0,48	Aditivo
		3:7	40,12	39,32	63,66	91,67	12,32	Sinérgico
		1:9	14,63	62,05	67,60	73,68	0,55	Aditivo
<i>M. alternifolia</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. amara</i>	9:1	73,88	3,00	74,66	100,00	8,60	Sinérgico
		7:3	64,17	24,23	72,85	40,43	14,43	Antagônico
		5:5	55,36	43,99	75,00	80,28	0,37	Aditivo
		3:7	40,12	59,82	75,94	100,00	7,62	Sinérgico
		1:9	14,63	68,15	72,81	80,71	0,86	Aditivo
<i>M. alternifolia</i>	<i>C. limon</i>	9:1	73,88	20,00	79,10	3,00	73,22	Antagônico
		7:3	64,17	47,02	81,02	91,33	1,31	Aditivo
		5:5	55,36	60,51	82,37	83,04	0,01	Sem efeito
		3:7	40,12	74,30	84,61	92,21	0,68	Aditivo
		1:9	14,63	79,38	82,40	91,30	0,96	Aditivo
<i>M. alternifolia</i>	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	73,88	18,42	78,69	91,08	1,95	Aditivo
		7:3	64,17	43,40	79,72	47,23	13,24	Antagônico
		5:5	55,36	55,27	80,03	78,52	0,03	Sem efeito
		3:7	40,12	62,93	77,80	90,67	2,13	Aditivo
		1:9	14,63	68,79	73,36	81,30	0,86	Aditivo

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 5. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente ao gênero *Eucalyptus* e os óleos essenciais B espécies da família Myrtaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
A	B		Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>E. citriodora</i>	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	56,60	17,40	64,15	83,70	5,96	Sinérgico
		7:3	50,10	45,20	72,65	76,50	0,20	Aditivo
		5:5	39,20	59,80	75,56	87,40	1,86	Aditivo
		3:7	24,70	67,50	75,53	95,70	5,39	Sinérgico
		1:9	5,80	75,70	77,11	97,50	5,39	Sinérgico
<i>E. citriodora</i>	<i>E. globulus</i>	9:1	65,40	2,70	66,33	95,30	12,65	Sinérgico
		7:3	55,00	19,20	63,64	83,90	6,45	Sinérgico
		5:5	47,40	35,80	66,23	71,80	0,47	Aditivo
		3:7	28,20	47,50	62,31	68,90	0,70	Aditivo
		1:9	10,80	57,80	62,36	78,10	3,97	Sinérgico
<i>E. globulus</i>	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	48,00	17,40	57,05	100,00	32,34	Sinérgico
		7:3	39,40	45,20	66,79	100,00	16,51	Sinérgico
		5:5	28,30	59,80	71,18	72,00	0,01	Sem efeito
		3:7	14,80	67,50	72,31	76,90	0,29	Aditivo
		1:9	2,00	75,70	76,19	100,00	7,44	Sinérgico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar; ²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 6. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Eucalyptus citriodora* e os óleos essenciais B espécies da família Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
A	B		Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>E. citriodora</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. dulcis</i>	9:1	65,42	1,95	66,09	77,48	1,96	Aditivo
		7:3	54,98	15,69	62,04	77,63	3,92	Sinérgico
		5:5	47,42	38,62	67,73	71,27	0,19	Aditivo
		3:7	28,17	39,32	56,41	91,66	22,02	Sinérgico
		1:9	10,83	62,05	66,16	91,60	9,78	Sinérgico
<i>E. citriodora</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. amara</i>	9:1	65,42	3,00	66,46	71,64	0,40	Aditivo
		7:3	54,98	24,23	65,89	71,93	0,55	Aditivo
		5:5	47,42	43,99	70,55	59,18	1,83	Aditivo
		3:7	28,17	59,82	71,14	100,00	11,71	Sinérgico
		1:9	10,83	68,15	71,60	100,00	11,27	Sinérgico
<i>E. citriodora</i>	<i>C. limon</i>	9:1	65,42	20,00	72,34	83,19	1,63	Aditivo
		7:3	54,98	47,02	76,15	77,58	0,03	Sem efeito
		5:5	47,42	60,51	79,24	76,51	0,09	Aditivo
		3:7	28,17	74,30	81,54	96,27	2,66	Aditivo
		1:9	10,83	79,38	81,61	97,20	2,98	Aditivo
<i>E. citriodora</i>	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	65,42	18,42	71,79	76,24	0,28	Aditivo
		7:3	54,98	43,40	74,52	74,51	0,00	Sem efeito
		5:5	47,42	55,27	76,48	67,89	0,97	Aditivo
		3:7	28,17	62,93	73,37	94,78	6,25	Sinérgico
		1:9	10,83	68,79	72,17	95,07	7,27	Sinérgico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 7. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Eucalyptus globulus* e os óleos essenciais B espécie da família Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
A	B		Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>E. globulus</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. dulcis</i>	9:1	57,85	1,95	58,67	100,00	29,11	Sinérgico
		7:3	47,50	15,69	55,74	100,00	35,15	Sinérgico
		5:5	35,79	38,62	60,59	100,00	25,64	Sinérgico
		3:7	19,17	39,32	50,95	100,00	47,21	Sinérgico
		1:9	2,69	62,05	63,07	100,00	21,62	Sinérgico
<i>E. globulus</i>	<i>C. aurantium</i> <i>var. amara</i>	9:1	57,85	3,00	59,11	100,00	28,28	Sinérgico
		7:3	47,50	24,23	60,22	100,00	26,28	Sinérgico
		5:5	35,79	43,99	64,04	80,26	4,11	Sinérgico
		3:7	19,17	59,82	67,52	91,66	8,63	Sinérgico
		1:9	2,69	68,15	69,01	91,66	7,44	Sinérgico
<i>E. globulus</i>	<i>C. limon</i>	9:1	57,85	20,00	66,28	100,00	17,16	Sinérgico
		7:3	47,50	47,02	72,19	100,00	10,72	Sinérgico
		5:5	35,79	60,51	74,64	100,00	8,61	Sinérgico
		3:7	19,17	74,30	79,23	97,22	4,09	Sinérgico
		1:9	1,39	79,38	79,67	97,22	3,87	Sinérgico
<i>E. globulus</i>	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	57,85	18,42	65,61	98,66	16,64	Sinérgico
		7:3	47,50	43,40	70,29	99,74	12,34	Sinérgico
		5:5	27,79	55,27	67,70	84,46	4,15	Sinérgico
		3:7	19,17	62,93	70,04	93,93	8,15	Sinérgico
		1:9	2,69	68,79	69,63	94,95	9,21	Sinérgico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 8. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à espécie *Eucalyptus globulus* e os óleos essenciais B espécies da família Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
A	B		Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
<i>E. caryophyllus</i>	<i>C. aurantium</i> var.	9:1	100,00	5,91	100,00	100,00	0,00	Sem efeito
		7:3	99,26	23,39	99,43	100,00	0,00	Sem efeito
		5:5	95,10	57,54	97,92	59,90	14,76	Antagônico
		3:7	79,40	78,48	95,57	78,65	2,99	Aditivo
		1:9	62,33	80,52	92,66	75,18	3,30	Aditivo
<i>E. caryophyllus</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>amara</i>	9:1	100,00	8,00	100,00	100,00	0,00	Sem efeito
		7:3	99,26	41,80	99,57	100,00	0,00	Sem efeito
		5:5	95,10	63,51	98,21	57,78	16,65	Antagônico
		3:7	79,40	78,97	95,67	71,89	5,91	Antagônico
		1:9	62,33	82,92	93,57	71,89	5,02	Antagônico
<i>E. caryophyllus</i>	<i>C. limon</i>	9:1	75,71	15,00	79,35	100,00	5,37	Sinérgico
		7:3	67,47	41,67	81,03	100,00	4,44	Sinérgico
		5:5	59,83	57,51	82,93	71,85	1,48	Aditivo
		3:7	45,19	67,24	82,04	71,43	1,37	Aditivo
		1:9	17,43	75,00	79,36	100,00	5,37	Sinérgico
<i>E. caryophyllus</i>	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	75,71	15,00	79,35	100,00	5,37	Sinérgico
		7:3	67,47	38,33	79,94	100,00	5,03	Sinérgico
		5:5	59,83	48,46	79,30	64,41	2,79	Aditivo
		3:7	45,19	55,43	75,57	75,22	0,00	Sem efeito
		1:9	17,43	63,96	70,24	83,37	2,45	Aditivo

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 9. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias do inseticida botânico com ingrediente ativo azadiractina e os óleos essenciais B espécies da família Myrtaceae.

Inseticida Botânico	Óleos essenciais	Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
A	B	A:B						
Azadiractina	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	42,50	17,43	52,52	71,43	6,81	Sinérgico
		7:3	38,00	45,19	66,02	57,14	1,19	Aditivo
		5:5	32,50	59,83	72,88	42,86	12,37	Antagônico
		3:7	23,22	67,47	75,02	71,43	0,17	Aditivo
		1:9	11,28	75,71	78,45	57,14	5,79	Antagônico
Azadiractina	<i>M. leucadendra</i>	9:1	42,50	5,45	45,63	57,14	2,90	Aditivo
		7:3	38,00	38,33	61,76	71,42	1,51	Aditivo
		5:5	30,36	54,02	67,98	42,85	9,29	Antagônico
		3:7	20,00	64,89	71,91	42,86	11,74	Antagônico
		1:9	10,00	70,00	73,00	71,43	0,03	Sem efeito
Azadiractina	<i>M. alternifolia</i>	9:1	42,50	4,17	44,90	28,14	6,25	Antagônico
		7:3	38,00	30,45	56,88	42,42	3,68	Aditivo
		5:5	30,36	45,00	61,70	64,85	0,16	Aditivo
		3:7	20,00	55,36	64,29	45,56	5,46	Antagônico
		1:9	10,00	63,22	66,90	100,00	16,38	Sinérgico
Azadiractina	<i>E. citriodora</i>	9:1	42,50	4,90	45,32	28,57	6,19	Antagônico
		7:3	38,00	23,12	52,33	71,43	6,97	Sinérgico
		5:5	30,36	29,17	50,67	61,09	2,14	Aditivo
		3:7	20,00	47,42	57,94	57,14	0,01	Sem efeito
		1:9	10,00	54,66	59,19	28,57	15,84	Antagônico
Azadiractina	<i>E. globulus</i>	9:1	42,50	0,94	43,04	26,75	6,16	Antagônico
		7:3	38,00	10,38	44,43	74,39	20,19	Sinérgico
		5:5	30,36	20,27	44,47	14,00	20,88	Antagônico
		3:7	20,00	35,79	48,63	57,14	1,49	Aditivo
		1:9	10,00	44,60	50,14	29,80	8,25	Antagônico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 10. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias do inseticida botânico com ingrediente ativo azadiractina e os óleos essenciais B espécies da família Rutaceae.

Inseticida Botânico	Óleos essenciais	Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
A	B	A:B						
Azadiractina	<i>C. aurantium</i> <i>var. dulcis</i>	9:1	64,84	20,47	72,04	100,00	10,85	Sinérgico
		7:3	59,17	67,13	86,58	100,00	2,08	Aditivo
		5:5	51,22	84,21	92,30	18,57	58,89	Antagônico
		3:7	50,00	93,45	96,73	27,66	49,32	Antagônico
		1:9	25,21	94,11	95,60	13,88	69,85	Antagônico
Azadiractina	<i>C. aurantium</i> <i>var. amara</i>	9:1	67,50	30,60	77,45	71,43	0,47	Aditivo
		7:3	62,50	72,37	89,64	71,43	3,70	Aditivo
		5:5	57,50	78,14	90,71	28,57	42,57	Antagônico
		3:7	47,50	94,82	97,28	42,86	30,45	Antagônico
		1:9	27,50	98,12	98,64	14,29	72,13	Antagônico
Azadiractina	<i>C. limon</i>	9:1	42,50	15,00	51,13	57,14	0,71	Aditivo
		7:3	38,00	40,00	62,80	28,57	18,66	Antagônico
		5:5	30,36	51,76	66,41	42,86	8,35	Antagônico
		3:7	20,00	60,51	68,41	14,29	42,82	Antagônico
		1:9	10,00	70,00	73,00	42,86	12,45	Antagônico
Azadiractina	<i>C. aurantiifolia</i>	9:1	42,50	15,00	51,13	23,81	14,59	Antagônico
		7:3	38,00	34,32	59,28	71,43	2,49	Aditivo
		5:5	30,36	47,56	63,48	95,24	15,89	Sinérgico
		3:7	20,00	55,27	64,22	71,43	0,81	Aditivo
		1:9	10,00	61,53	65,37	71,43	0,56	Aditivo

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 11. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias do inseticida sintético com ingrediente ativo deltametrina e os óleos essenciais B espécies da família Myrtaceae.

Inseticida Sintético	Óleos essenciais	Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
A	B	A:B						
Deltametrina	<i>E. caryophyllus</i>	9:1	25,00	17,43	38,07	43,00	0,64	Aditivo
		7:3	20,07	45,19	56,19	86,00	15,81	Sinérgico
		5:5	15,45	59,83	66,03	71,43	0,44	Aditivo
		3:7	14,37	67,47	72,14	57,14	3,12	Aditivo
		1:9	8,47	75,71	77,76	100,00	6,36	Sinérgico
Deltametrina	<i>M. leucadendra</i>	9:1	25,00	5,45	29,09	71,00	60,39	Sinérgico
		7:3	20,07	40,00	52,04	71,00	6,90	Sinérgico
		5:5	15,45	55,00	61,95	82,00	6,49	Sinérgico
		3:7	14,37	65,00	70,03	82,70	2,29	Aditivo
		1:9	8,47	75,00	77,12	79,15	0,05	Aditivo
Deltametrina	<i>M. alternifolia</i>	9:1	25,00	4,17	28,13	100,00	183,65	Sinérgico
		7:3	20,07	35,00	48,05	100,00	56,17	Sinérgico
		5:5	15,45	49,14	57,00	60,00	0,16	Aditivo
		3:7	14,37	60,79	66,42	80,00	2,77	Aditivo
		1:9	8,47	65,79	68,69	25,00	27,79	Antagônico
Deltametrina	<i>E. citriodora</i>	9:1	25,00	5,85	29,39	100,00	169,69	Sinérgico
		7:3	20,07	24,68	39,80	100,00	91,05	Sinérgico
		5:5	15,45	39,16	48,56	86,00	28,87	Sinérgico
		3:7	14,37	50,14	57,30	100,00	31,81	Sinérgico
		1:9	8,47	56,60	60,28	100,00	26,18	Sinérgico
Deltametrina	<i>E. globulus</i>	9:1	25,00	1,99	26,50	100,00	203,91	Sinérgico
		7:3	20,07	14,83	31,93	100,00	145,12	Sinérgico
		5:5	15,45	28,32	39,40	100,00	93,21	Sinérgico
		3:7	14,37	39,37	48,08	100,00	56,07	Sinérgico
		1:9	8,47	48,02	52,42	100,00	43,18	Sinérgico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar; ²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 12. Medidas de interação e efeito agudo para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição as misturas binárias do inseticida sintético com ingrediente ativo deltametrina e o formulado B ser óleos essenciais de espécies da família Rutaceae como inseticida botânico azadiractina.

Inseticida Sintético	Formulados	Proporção	Mortalidade larval ⁽¹⁾ (%)				χ^2 ⁽⁴⁾	Efeito
			Óleo essencial puro		Mistura binária			
			Obse. ⁽²⁾ A	Obse. ⁽²⁾ B	Esp. ⁽³⁾	Obse. ⁽²⁾		
A	B	A:B						
Deltametrina	<i>C. aurantium var. dulcis</i>	9:1	88,03	5,91	88,74	84,31	0,22	Aditivo
		7:3	42,60	23,39	56,03	79,80	10,09	Sinérgico
		5:5	27,48	57,54	69,21	56,00	2,52	Aditivo
		3:7	18,03	78,48	82,36	89,00	0,53	Aditivo
		1:9	10,58	80,52	82,58	83,00	0,00	Sem efeito
Deltametrina	<i>C. aurantium var. amara</i>	9:1	88,03	8,00	88,99	76,67	1,71	Aditivo
		7:3	42,60	41,80	66,60	83,33	4,21	Sinérgico
		5:5	27,48	63,51	73,54	87,50	2,65	Aditivo
		3:7	18,03	78,97	82,76	100,00	3,59	Aditivo
		1:9	10,58	82,92	84,73	100,00	2,75	Aditivo
Deltametrina	<i>Citrus limon</i>	9:1	25,00	15,00	36,25	70,00	31,42	Sinérgico
		7:3	20,07	41,67	53,38	70,00	5,18	Sinérgico
		5:5	15,45	57,51	64,08	30,00	18,12	Antagônico
		3:7	14,37	67,24	71,94	100,00	10,94	Sinérgico
		1:9	8,47	75,00	77,12	100,00	6,79	Sinérgico
Deltametrina	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	25,00	15,00	36,25	100,00	112,11	Sinérgico
		7:3	20,07	38,33	50,71	100,00	47,91	Sinérgico
		5:5	15,45	48,46	56,42	100,00	33,65	Sinérgico
		3:7	14,37	55,43	61,83	100,00	23,56	Sinérgico
		1:9	8,47	63,96	67,01	100,00	16,24	Sinérgico
Deltametrina	Azadiractina	9:1	25,00	11,28	33,46	71,43	43,08	Sinérgico
		7:3	20,07	23,22	38,63	28,57	2,62	Aditivo
		5:5	15,45	32,50	42,93	28,57	4,80	Antagônico
		3:7	14,37	38,00	46,91	42,86	0,35	Aditivo
		1:9	8,47	42,50	47,37	28,57	7,46	Antagônico

¹Porcentagem de mortalidade para bioensaio realizados com 120 larvas de terceiro instar;

²Mortalidade observada; ³Mortalidade esperada; ⁴Qui-quadrado.

Tabela 13. Toxicidade letal aguda para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente ao gênero *Melaleuca* e os óleos essenciais B pertencer tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	CL ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ^2 ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	ICM ⁽⁶⁾	Grau do ICM ⁽⁶⁾	IRC ⁽⁷⁾	
A	B							A	B
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	5:5	155,03 (136,99-176,05)	1,98± 0,11	6,29 (5)	0,44	Sinergismo	12,69	2,79
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eucalyptus citriodora</i>	9:1	221,6 (198,05-243,71)	2,30± 0,13	9,08 (6)	0,07	Sinergismo muito forte	14,11	279,62
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	272,4 (220,23-341,56)	2,35± 0,20	10,33 (6)	0,12	Forte sinergismo	9,02	220,59
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	9:1	213,92 (191,26-239,74)	2,34± 0,13	6,92 (5)	0,87	Baixo sinergismo	1,25	14,99
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>amara</i>	9:1	228,14 (203,53-256,36)	2,28± 0,13	8,83 (5)	0,71	Sinergismo moderado	1,53	19,10
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	5:5	196,62 (187,71-227,92)	2,57± 0,14	6,34 (5)	0,11	Forte sinergismo	104,20	9,65
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eucalyptus citriodora</i>	9:1	145,67 (127,84-166,01)	1,82± 0,10	7,43 (5)	0,01	Sinergismo muito forte	93,17	746,29
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	146,88 (129,41-166,76)	1,90± 0,10	8,8 (5)	0,01	Sinergismo muito forte	97,87	1008,47
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	9:1	165,19 (143,90-189,94)	1,67± 0,09	3,39 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	74,09	374,36
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>amara</i>	3:7	159,72 (112,45-178,49)	1,92± 0,15	9,46 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	332,03	83,18

¹Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de combinação da mistura; ⁷Índice de redução da concentração.

Tabela 14. Toxicidade letal aguda para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias de óleos essenciais A pertencente a família Myrtaceae e o óleos essenciais B pertencer tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	CL ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ ² ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	ICM ⁽⁶⁾	Grau do ICM ⁽⁶⁾	IRC ⁽⁷⁾	
A	B							A	B
<i>Eugenia caryophyllus</i>	<i>Citrus limon</i>	9:1	365,85 (333,18-401,07)	2,62± 0,15	8,04 (5)	0,61	Sinergismo	1,67	56,67
<i>Eugenia caryophyllus</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	314,07 (264,86-367,12)	3,05± 0,24	10,09 (6)	0,52	Sinergismo	1,92	148,66
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	1:9	141,39 (120,30-166,93)	1,36± 0,08	4,13 (5)	0,14	Forte sinergismo	815,35	7,33
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	1:9	130,38 (114,56-149,59)	1,76± 0,10	8,46 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	1202,66	65,52
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>amara</i>	1:9	140,26 (122,32-160,85)	1,70± 0,10	6,35 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	1010,58	57,33
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus limon</i>	9:1	128,39 (111,88-147,20)	1,69± 0,10	9,18 (5)	0,01	Sinergismo muito forte	92,00	251,66
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	130,17 (113,28-149,45)	1,66± 0,09	8,3 (5)	0,01	Sinergismo muito forte	1281,65	98,62
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	1:9	278,01 (244,93-316,33)	1,82± 0,10	6,88 (5)	0,39	Sinergismo	224,95	2,60
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	211,6 (185,02-243,09)	1,10± 0,08	6,52 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	387,64	55,40
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	3:7	220,21 (196,56-247,30)	2,28± 0,13	2,91 (5)	0,06	Sinergismo muito forte	263,24	18,45
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>C. aurantium</i> var. <i>amara</i>	1:9	227,7 (203,62-255,18)	2,35± 0,13	1,66 (5)	0,05	Sinergismo muito forte	146,31	24,75
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	1:9	206,41 (186,16-229,21)	2,68± 0,15	0,71 (5)	0,05	Sinergismo muito forte	204,32	20,22

¹Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de combinação da mistura; ⁷Índice de redução da concentração.

Tabela 15. Toxicidade letal aguda para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias do inseticida botânico azadiractina e o óleos essenciais pertencer tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Inseticida Botânico A	Óleos essenciais B	Proporção A:B	CL ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ^2 ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	ICM ⁽⁶⁾	Grau do ICM ⁽⁶⁾	IRC ⁽⁷⁾	
								A	B
Azadiractina	<i>Eugenia caryophyllus</i>	9:1	31,13 (26,92-36,22)	1,57±0,09	7,59 (5)	0,03	Sinergismo muito forte	41,71	392,46
Azadiractina	<i>Melaleuca alternifolia</i>	1:9	142,57 (125,22-162,29)	1,86±0,10	6,56 (5)	0,03	Sinergismo muito forte	93,31	66,23
Azadiractina	<i>Eucalyptus citriodora</i>	7:3	54,92 (47,85-63,03)	1,70±0,10	0,28 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	48,31	640,88
Azadiractina	<i>Eucalyptus globulus</i>	7:3	64,11 (55,25-74,54)	1,52±0,09	4,07 (5)	0,02	Sinergismo muito forte	42,90	732,06
Azadiractina	<i>Citrus aurantium var. dulcis</i>	9:1	38,9 (32,47-46,34)	1,22±0,08	1,87 (5)	0,01	Sinergismo muito forte	81,52	2631,36
Azadiractina	<i>Citrus aurantiifolia</i>	5:5	68,38 (58,78-77,86)	1,76±0,10	7,31 (5)	0,07	Sinergismo muito forte	17,04	63,65

¹Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de combinação da mistura; ⁷Índice de redução da concentração.

Tabela 16. Toxicidade letal aguda para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 48 horas de exposição às misturas binárias do inseticida deltametrina e o Produto B pertencer a família Myrtaceae, Rutaceae quanto ao inseticida botânico azadiractina

Inseticida Sintético	Produto	Proporção A:B	CL ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ^2 ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	ICM ⁽⁶⁾	Grau do ICM ⁽⁶⁾	IRC ⁽⁷⁾	
								A	B
Deltametrina	<i>Eugenia caryophyllus</i>	7:3	45,72 (39,32-52,68)	1,69±0,11	3,57 (5)	0,66	Sinergismo	14,58	1,67
Deltametrina	<i>Melaleuca leucadendra</i>	9:1	40,48 (36,67-44,55)	2,61±0,15	5,99 (5)	0,14	Forte sinergismo	8,19	68,58
Deltametrina	<i>Melaleuca alternifolia</i>	9:1	26,59 (23,09-30,63)	1,63±0,09	2,03 (5)	0,08	Sinergismo muito forte	25,07	25,84
Deltametrina	<i>Eucalyptus citriodora</i>	9:1	21,26 (17,98-24,96)	1,37±0,09	2,04 (5)	0,06	Sinergismo muito forte	31,35	32,18
Deltametrina	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	35,45 (31,45-39,91)	2,10±0,11	2,3 (5)	0,09	Sinergismo muito forte	18,80	24,32
Deltametrina	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	24,94 (21,31-29,14)	1,42±0,09	2,84 (5)	0,08	Sinergismo muito forte	26,73	23,47
Deltametrina	Azadiractina	9:1	4,30 (3,81-4,84)	2,10±0,12	2,41 (5)	0,04	Sinergismo muito forte	155,03	28,32

¹Concentração letal para matar 50% dos indivíduos; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de combinação da mistura; ⁷Índice de redução da concentração.

Tabela 17. Deterrência alimentar para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 24 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente ao gênero *Melaleuca* e os óleos essenciais B pertencer tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Óleos essenciais		Proporção A:B	DA ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ ² ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	IRC ⁽⁶⁾	
A	B					A	B
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	5:5	35,24 (30,93-40,25)	2,97±0,20	8,99 (5)	7,52	0,76
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eucalyptus citriodora</i>	9:1	30,04 (26,49-34,16)	3,29±0,22	5,23 (5)	8,83	11,82
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	42,82 (37,85-48,67)	3,05±0,21	8,76 (5)	6,19	6,00
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	9:1	33,54 (29,66-38,06)	3,27±0,22	6,00 (5)	7,91	8,22
<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	9:1	28,75 (23,75-30,58)	3,41±0,23	7,54 (5)	9,22	11,94
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	5:5	14,48 (12,65-16,54)	3,71±0,23	2,68 (5)	12,70	1,85
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eucalyptus citriodora</i>	9:1	11,41 (9,89-13,18)	3,44±0,22	6,16 (5)	16,11	31,12
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	10,36 (9,01-11,91)	3,66±0,2386	7,44 (5)	17,75	24,78
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	9:1	11,67 (10,03-13,61)	3,13±0,21	2,86 (5)	15,76	23,63
<i>Melaleuca alternifolia</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	3:7	8,88 (8,00-10,55)	3,80±0,24	7,78 (5)	20,71	38,64

¹Concentração capaz de reduzir em 50% a alimentação; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de redução da concentração.

Tabela 18. Deterrência alimentar para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 24 horas de exposição às misturas binárias dos óleos essenciais A pertencente à família Myrtaceae e o óleos essenciais B pertencer tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Óleos Essenciais		Proporção A:B	DA ₅₀ (mg·L ⁻¹) ⁽¹⁾ (95% I.C.) ⁽²⁾	Inclinação ± E.P. ⁽³⁾	χ ² ⁽⁴⁾ (G.L. ⁽⁵⁾)	IRC ⁽⁶⁾	
A	B					A	B
<i>Eugenia caryophyllus</i>	<i>Citrus limon</i>	9:1	43,44 (37,02-50,02)	2,63±0,17	3,77 (5)	0,62	4,17
<i>Eugenia caryophyllus</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	27,39 (24,16-31,04)	3,58±0,22	8,28 (5)	0,98	6,61
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	1:9	10,34 (8,72-12,34)	2,85±0,21	2,4 (5)	24,83	2,59
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	1:9	8,21 (7,09-9,50)	3,54±0,23	7,16 (5)	31,28	33,60
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	1:9	8,80 (7,57-10,23)	3,37±0,22	5,44 (5)	29,19	39,02
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus limon</i>	9:1	6,40 (5,50-7,44)	3,54±0,23	7,78 (5)	40,12	28,33
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	9:1	7,14 (6,12-8,31)	3,47±0,23	7,01 (5)	35,97	25,35
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Eugenia caryophyllus</i>	1:9	30,13 (25,95-35,14)	2,64±0,18	1,1 (5)	11,79	0,89
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	9:1	18,17 (15,69-21,17)	2,95±0,20	5,55 (5)	19,55	14,13
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>dulcis</i>	3:7	25,93 (22,89-29,46)	3,45±0,23	2,42 (5)	13,70	10,64
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>	1:9	28,60 (25,30-32,43)	3,45±0,23	1,27 (5)	12,42	12,00
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Citrus aurantiifolia</i>	1:9	25,92 (23,13-29,08)	4,01±0,26	0,53 (5)	13,70	6,98

¹Concentração capaz de reduzir em 50% a alimentação; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de redução da concentração.

Tabela 19. Deterrência alimentar para larvas do terceiro instar de *Plutella xylostella* resistentes ao ingrediente ativo deltametrina, após 24 horas de exposição às misturas binárias do inseticida botânico azadiractina e os óleos essenciais pertencerem tanto a família Myrtaceae quanto Rutaceae.

Inseticida Botânico	Óleos essenciais	Proporção A:B	DA ₅₀ (mg·L ⁻¹)	Inclinação ± E.P. (³)	χ ² (⁴)	IRC ⁽⁶⁾	
			(95% I.C.) (²)		(G.L. (⁵))	A	B
Azadiractina	<i>Eugenia caryophyllus</i>	9:1	4,49 (3,84-5,30)	2,28±0,17	6,48 (5)	27,12	5,96
Azadiractina	<i>Melaleuca alternifolia</i>	1:9	14,16 (12,31-16,27)	3,32±0,21	4,79 (5)	8,60	12,99
Azadiractina	<i>Eucalyptus citriodora</i>	7:3	3,99 (3,44-4,63)	3,17±0,21	0,49 (5)	30,52	89,00
Azadiractina	<i>Eucalyptus globulus</i>	7:3	4,24 (3,62-5,00)	2,80±0,20	4,35 (5)	28,72	60,55
Azadiractina	<i>Citrus aurantium var. dulcis</i>	9:1	1,92 (1,58-2,33)	2,08±0,16	1,48 (5)	63,43	143,64
Azadiractina	<i>Citrus aurantiifolia</i>	5:5	14,97 (12,87-17,45)	2,41±0,16	4,81 (5)	8,14	12,09

¹Concentração capaz de reduzir em 50% a alimentação; ²Intervalo de confiança; ³Erro padrão da média; ⁴Qui-quadrado; ⁵Grau de liberdade; ⁶Índice de redução da concentração.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais da família Myrtaceae (*Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus globulus*, *Eugenia caryophyllus*, *Melaleuca alternifolia* e *Melaleuca leucadendra*) e Rutaceae (*Citrus aurantium* var *dulcis*, *Citrus aurantium* var *amara*, *Citrus limon* e *Citrus aurantiifolia*) se mostraram promissores para uso no manejo integrado da praga *Plutella xylostella*. As novas composições a base de produtos naturais derivado de plantas demonstraram atividade inseticidas em população suscetível e resistente da traça-das-crucíferas. O uso desses novos formulados no manejo da *P. xylostella* é uma alternativa atraente para a agricultura, uma vez que produtos naturais derivados de plantas foram tóxicos para larvas e ovos da praga, além de promover a redução da alimentação em concentrações subletais para os insetos em questão. Os formulados a base de mistura de óleos essenciais foi promissor no controle de populações resistentes da *P. xylostella* ao ingrediente ativo deltametrina, apresentado não apenas atividade toxica para mortalidade das populações como em doses subletais reduziu a alimentação da praga. Os formulados elaborados apresentam grande potencial de serem produzidos pelas indústrias e apresentam formulação que facilita sua aplicação, podendo ser implantados no mercado de inseticidas naturais. A pesquisa comprovou a atividade inseticida dos formulados com óleos essenciais puros e suas misturas binárias em traça-das-crucíferas resistentes a deltametrina, porém, outras pesquisas são necessárias para continuar as investigações para outros insetos com hábitos diferentes da praga estudada e elucidar os mecanismos de ação dos produtos formulados a partir dos óleos essenciais.