



AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE
POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS *Plutella xylostella* (LINNAEUS,
1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS.

JOSÉ GOMES DA SILVA FILHO

GARANHUNS

FEVEREIRO – 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE
POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS *Plutella xylostella* (LINNAEUS,
1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Unidade Acadêmica
de Garanhuns da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Produção Agrícola.

Área de concentração: Produção Agrícola

JOSÉ GOMES DA SILVA FILHO

Orientador: DR. CESAR AUGUSTE BADJI

GARANHUNS

FEVEREIRO – 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

- S586a Silva Filho, José Gomes da
Avaliação da suscetibilidade e resposta comportamental de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas / José Gomes da Silva Filho. - 2019.
87 f. ; il.
- Orientador: César Auguste Badji.
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós - Graduação em Produção Agrícola, Garanhuns, BR - PE, 2019.
Inclui referências
1. Pragas - Controle 2. Inseticidas 3. Traça das crucíferas
4. *Plutella xylostella* I. Badji, César Auguste, orient. II. Título

CDD 632

AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE
POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS *Plutella xylostella* (LINNAEUS,
1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS.

JOSÉ GOMES DA SILVA FILHO

Data da Defesa: 28 de Fevereiro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Professor Dr. CESAR AUGUSTE BADJI (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. CYNTHIA MARIA DE LIRA NEVES – Membro externo

Professor Dr. KLEBER REGIS SANTORO – Membro externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Deixamos algo de nós para trás ao deixarmos um lugar, permanecemos lá apesar de termos partido. E há coisas em nós que só reencontramos lá voltando.

Viajamos ao encontro de nós ao irmos a um lugar onde vivemos uma parte da vida, por muito breve que tenha ela sido.

Amadeu de Almeida Prado.

DEDICATÓRIA

Ao meu sobrinho(a) Pietro Lorenzo e Rebeca Lis, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida, da aprendizagem e da sabedoria cultivados todos os dias com muito esforço e persistência.

Ao meu irmão e amigo de todas as horas Rafael Gomes, a minha mãe Marinalva Paulina da Silva, pelos incentivos e ajuda necessária para manter-me firme em mais uma etapa desta jornada que hoje tem mais um fim.

Em nome da Unidade Acadêmica de Garanhuns, agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco e a todos os funcionários que a compõe, pois, sempre fui tratado com muito respeito e zelo.

A Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa (Nº processo 1772578), sem a qual não teria vencido mais essa jornada acadêmica, meu agradecimento.

Aos amigos de república, José Alexandre, Thiago Izaquiel, Samuel Carlos e Adriel o meu muito obrigado.

Ao professor Cesar Auguste Badji pelos conselhos, compreensão, amizade e confiança a qual foi dedicada aos trabalhos do Laboratório de Entomologia Aplicada.

Aos velhos amigos que sempre me ajudaram com boas conversas e descontração, agradeço a Alessandro Augusto Soares e Tiago Edvaldo Santos Silva.

Agradeço aos amigos Ronielton Coelho, Alan Ferreira, Jaciele Lira e Elaine Cristina pela boa convivência em sala e fora dela.

Ao Arthur Torres, pela disponibilidade na coleta das populações da traça das crucíferas.

Agradeço em nome de Ronielton Coelho, Euzanyr Silva e Thainá Lima a todo o pessoal Pará pelas divertidas “sociais”.

Agradeço a Thiago Izaquiel, Matheus Barbosa, Iuri Andrade, Cícero Franco e Lucas Felipe, pela paciência e pelos momentos de descontração.

Agradeço aos amigos de longa data Pedro Ednésio, Euclides Celestino, Cristiano Junior, Iris Carolina e Arthur Torres pela colaboração com boas conversas, conselhos e resenhas da vida que deixavam os dias menos pesados.

Agradeço Raquel Maria, Daniela Andrade, José Fábio, Júlio Almeida, Fabiano Brito, Diego Andrade e a todo o pessoal do CENLAG, pelos dias de descontração.

Agradeço a todos os agricultores que cederam um pouco do seu tempo e a disponibilidade da lavoura para a coleta das populações de traça-das-crucíferas.

Agradeço aos os insetos que compunha a realização deste trabalho, pois, sem estes não teríamos realizado mais um sonho.

Por fim agradeço a todos que de maneira direta ou indireta contribuiu para minha formação profissional, pessoal e cidadã ao longo destes anos.

BIOGRAFIA

JOSÉ GOMES DA SILVA FILHO (SILVA FILHO, J. G.) nasceu no município de Cumaru – PE, filho de José Gomes da Silva e Marinalva Paulina da Silva.

No ano de 2008 ingressou no Curso Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Pernambuco Campus Vitória de Santo Antão (IFPE – CVSA), terminando-o em dezembro de 2010.

Em março de 2012 ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG), graduando-se em 2016.

Em março de 2017 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, sob orientação do professor Dr. Cesar Auguste Badji.

RESUMO GERAL

Considerada como a principal praga dos cultivos de brassícas, a traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.), tem sua ação de dano potencializada em condições tropicais, dada às condições climáticas que são altamente favoráveis para o seu desenvolvimento. Os inseticidas sintéticos são a principal ferramenta de controle. Todavia, a traça-das-crucíferas tem desenvolvido elevados níveis de resistência para todas as classes de inseticidas. O objetivo desta pesquisa foi verificar a suscetibilidade de populações de traça-das-crucíferas para os inseticidas Brilhante® (Metilcarbamato de oxina), Premio® (Chlorantraniliprole) e Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), assim como averiguar a sua resposta comportamental quando em contato com os pesticidas avaliados. Populações de traça-das-crucíferas provenientes dos municípios de Camocim de São Félix - PE, Lajedo - PE, Sairé - PE, Bezerros - PE, Venda Nova do Imigrante - ES, Viçosa - MG (Laboratório) e Recife - PE (Laboratório) foram estudadas. Os experimentos focaram na suscetibilidade larval da praga pela ingestão de discos de couve tratadas com os inseticidas. Os parâmetros da atividade comportamental (Distância de caminamento, Tempo de caminamento, Velocidade Média, Número de paradas e Tempo de Repouso) foram avaliados nas populações de Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE, Lajedo - PE, Recife - PE e Viçosa - MG. Foram usadas superfícies tratadas e não tratadas com os inseticidas neurotóxicos (Metilcarbamato de oxina e Chlorantraniliprole). As razões de resistências para os inseticidas foram encontradas pela divisão da DL_{50} da população avaliada pela DL_{50} da população mais susceptível. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise Probit. Verificou-se a adequação do modelo de análise Probit para todas as populações testadas para os inseticidas Chlorantraniliprole e *B. thuringiensis*. Entretanto, se verificou que o modelo não se adequou para as populações de campo de Camocim de São Félix, Sairé, Lajedo e Bezerros quando testado o inseticida Brilhante® (Metilcarbamato de oxina) devido à baixa mortalidade causada pelos inseticidas nestas populações. A população de Camocim de São Félix - PE, apresentou a maior Razão de Resistência (322,5 vezes) quando comparada com a população de Viçosa - MG para o inseticida Premio® (Chlorantraniliprole). As populações de Campo da Região do Agreste de Pernambuco apresentaram as maiores DL_{50} . Resultados semelhantes foram observados para o inseticida Dipel® (*Bacillus Thuringiensis* var. kurstaki), sendo a população de Recife - PE a mais susceptível. Novamente foi verificada que a população de Camocim de São Félix - PE seguida pela população de Sairé apresentaram as maiores DL_{50} s e as maiores razões de resistência (4,26 e 2,59 vezes). Em relação ao inseticida Brilhante®, verificou-se que a população do Recife - PE ($DL_{50} = 8,34 \text{ mL L}^{-1}$) foi mais resistente do que a população de Viçosa - MG ($DL_{50} = 3,19 \text{ mL L}^{-1}$). Para os resultados dos parâmetros comportamentais, verificou-se que todas as populações de traça-das-crucíferas avaliadas apresentaram alterações comportamentais avaliados quando expostas a área tratada com os inseticidas. Assim, verificou-se que as populações de campo de traça-das-crucíferas apresentaram níveis significativos de resistência para os inseticidas Premio®, Brilhante® e Dipel®, além das alterações dos parâmetros comportamentais que contribuem para a redução da eficácia dos inseticidas.

Palavras chave: brassícas, falhas de controle, resistência, comportamento.

ABSTRACT

Considered as the main pest of brassica crops, *Plutella xylostella* (L.) has its damage action potentiated in tropical conditions, given the climatic conditions that are highly favorable for its development. Synthetic insecticides are the main control tool. However, the crucifer's moth has developed high levels of resistance for all classes of insecticides. The objective of this research was to verify the susceptibility of diamondback moth populations to Brilhante® (Methylcarbamate oxine, Premio® (Chlorantraniliprole) and Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*) insecticides, as well as to investigate their behavioral response when in contact with the evaluated pesticides. Populations of diamondback moth from the municipalities of Camocim de São Félix - PE, Lajedo - PE, Sairé - PE, Bezerros - PE, Venda Nova do Imigrante - ES, Viçosa - MG (Laboratory) and Recife - PE (Laboratory) were studied. The experiments focused on larval susceptibility of the pest by ingestion of cabbage discs treated with insecticides. The parameters of the behavioral activity (walking distance, walking time, mean velocity, number of stops and rest time) were evaluated in the populations of Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE, Lajedo - PE, Recife - PE and Viçosa - MG. Surfaces treated and untreated with neurotoxic insecticides (Methylcarbamate and Chlorantraniliprole) were used. Resistance ratios for insecticides were found by dividing the LD₅₀ of the population assessed by the LD₅₀ of the most susceptible population. Mortality data were submitted to Probit analysis. The suitability of the Probit analysis model for all the populations tested for the insecticides Chlorantraniliprole and *B. thuringiensis* was checked. However, it was verified that the model was not adequate for the field populations of Camocim de São Félix, Sairé, Lajedo and Bezerros when the Brilhante® (methylcarbamate oxine) insecticide was tested due to the low mortality caused by the insecticides in these populations. The population of Camocim de São Félix - PE, presented the highest Resistance Ratio (322.5 times) when compared to the population of Viçosa - MG for the insecticide Premio® (Chlorantraniliprole) at LD₅₀. Field populations in the Agreste region of Pernambuco presented the highest LD₅₀. Similar results were observed for the insecticide Dipel® (*Bacillus Thuringiensis* var. *Kurstaki*), the population of Recife - PE being the most susceptible. Again, the population of Camocim de São Félix - PE followed by the population of Sairé showed the highest LD₅₀s and the highest Resistance Ratios (4.26 and 2.59 times). In relation to the insecticide Brilhante®, it was verified that the population of Recife - PE (LD₅₀ = 8.34 mL L⁻¹) was more resistant than the population of Viçosa - MG (LD₅₀ = 3.19 mL L⁻¹). For the results of the behavioral parameters, it was verified that all the populations of diamondback moth evaluated had behavioral changes when exposed to the area treated with the insecticides. Thus, it was verified that the field populations of the insect pest presented significant levels of resistance for the insecticides Premio®, Brilhante® and Dipel®, in addition to changes in behavioral parameters that contribute to the reduction of insecticides efficacy.

Keywords: brassics, control failures, resistance, behavior.

Lista de Figuras

- Figura 1 (A) Inseto adulto (B) Larvas de 3º ínstar (C) Pupas (D) e Ovos de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (Fonte: Gomes, 2017). 19
- Figura 2 Distribuição geográfica prevista da mariposa de diamante em todo o mundo. (a) Valores onde EI é positivo denotam o núcleo da variedade de espécies e a ocupação durante todo o ano. (b) As regiões onde o IG é positivo indicam o potencial intervalo sazonal migratório. Os mapas CAB de distribuição “reais” podem ser encontrados no Compêndio de Proteção de Safras CABI (CABI 2012) (Fonte: Zalucki et al., 2012). .. 20
- Figura 3 Danos ocasionados pela Traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) em cultivo de repolho no município de Camocim de São Félix – PE (Fonte: Gomes, 2018). 21
- Figura 4 Esquema gráfico do modo de ação do inseticida biológico *Bacillus thuringiensis* (Fonte: Jurat-Fuentes, J. L., 2018). 22
- Figura 5 (A) Classificação e moléculas inseticidas pertencentes à classe dos inseticidas carbamatos e ao grupo 1 (Inibidores da acetilcolinesterase) segundo IRAC (Comitê de Ação de resistência a inseticidas (Fonte: IRAC, 2018); (B) Esquema gráfico do modo de ação dos inseticidas sintéticos do grupo químico dos carbamatos (Fonte: PEFSU, 2007). 23
- Figura 6 (A) Adulto de *Plutella xylostella*, receptores de rinodina, fórmula química dos inseticidas flubendiamida e chlorantraniliprole e dano ocasionada pela traça-das-crucíferas (Fonte: TROCZKA et al., 2016); (B) Modo de ação dos inseticidas diamidas antralínica nos receptores de rianodina (Fonte: Phytusclub, 2018). 24
- CAPITULO 1 Avaliação da suscetibilidade de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) para inseticidas.....30
- Figura 1 (A; B) Gaiolas de criação e oviposição (C; D) Insetos adultos e Pupas (E; F; G e H) Montagem do experimento de suscetibilidade, (I) Armazenamento das placas de Petri montadas com os tratamentos, (J) Avaliação da mortalidade das larvas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (Fonte: Gomes, 2018). 37
- Capitulo 2 Resistência comportamental de populações de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.) (Lepidóptera: Plutellidae) para os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole.....51
- Figura 1 (A, B) Gaiolas de criação e oviposição dos insetos adultos, (C) Insetos adultos de traça-das-crucíferas (D) Solução inseticida e montagem das placas de Petri, (E) Sistema de monitoramento dos parâmetros comportamentais VideoTracking, (F) Equipamento de monitoramento dos parâmetros Comportamentais ViewPoint (Montreal, Canadá), (G) Imagem da distância de caminhada realizada pelas larvas de 3º ínstar de *Plutella xylostella* (Fonte: Gomes, 2018). 56

Lista de Tabelas

Capítulo 1 Avaliação da suscetibilidade de populações de Traça-das-crucíferas <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeu, 1758) para inseticidas.....	30
Tabela 1 Localização, Data de amostragem, Plantas hospedeira e estágio de desenvolvimento.....	34
Tabela 2 Doses testadas para cada inseticida nos bioensaios de Dose-Diagnóstico. Lannate BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Brilhante BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Premio® (Cloroantraniliprole, 7,5 mL-1 p.c / 100 L-1) e Dipel WG® (Bacillus thuringiensis var. kurstaki, 60 g p. c. / 100 L ⁻¹).	37
Tabela 3 Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) ao inseticida Premio® (Chlorantraniliprole).	47
Tabela 0-4 Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) ao inseticida Dipel® (Bacillus thuringiensis var. kurstaki).	48
Tabela 5: Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) ao inseticida Lannate® (Metilcarbamato de oxina).	49
Tabela 6 Média da mortalidade das populações de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) para o inseticida Metilcarbamato de oxina.	49
Capítulo 2 Resistência comportamental de populações de traça-das-crucíferas <i>Plutella xylostella</i> (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) para os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole.....	51
Tabela 1 Localização, data de coleta, plantas hospedeiras e estágio de desenvolvimento.	54
Tabela 2 Doses testadas para cada inseticida nos bioensaios comportamental. Lannate BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Brilhante BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Premio® (Cloroantraniliprole, 7,5 mL-1 p.c / 100 L-1).....	55
Tabela 3 Média da distância de caminhamento (cm) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.	64
Tabela 4 Média Tempo de caminhamento (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.	64
Tabela 5 Média Velocidade média (cm s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.	64
Tabela 6 Média do número de paradas de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.	65

Tabela 7 Média do tempo de repouso (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole. 65

Tabela 8 Média da distância de caminhamento (cm) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina. 65

Tabela 9 Média do Tempo de caminhamento (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina. 66

Tabela 10 Média da velocidade média (cm s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina. 66

Tabela 11 Média do número de paradas de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina. 66

Tabela 12 Média do tempo de repouso (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina. 67

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Brassicas	17
2.2 Bioecologia e importância econômica da Traça-das-crucíferas (<i>P. xylostella</i>).....	18
2.3 Inseticidas convencionais.	21
2.3.1 Inseticidas biológicos (<i>Bacillus thuringiensis</i>).....	21
2.3.2 Inseticidas do grupo carbamato	22
2.3.3 Inseticidas diamidas antrálica.....	23
2.4 Fatores associados às falhas de controle da traça-das-crucíferas.	24
2.4 Resistência a inseticidas	26
2.5 Mecanismos da resistência a inseticidas.....	27
3. CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus, 1758) PARA INSETICIDAS.	30
Resumo	30
Abstract.....	31
Introdução.....	32
Material e métodos	34
Insetos:.....	34
Inseticidas	34
Bioensaio de suscetibilidade de campo (Dose-Resposta)	35
Resultados.....	38
Discussão.....	40
4. CAPÍTULO II: RESISTÊNCIA COMPORTAMENTAL DE POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS <i>PLUTELLA XYLOSTELLA</i> (L.) (LEPIDOPTERA PLUTELLIDAE) PARA OS INSETICIDAS METILCARBAMATO DE OXINA E CHLORANTRANILIPROLE.	50
Resumo	50
Abstract.....	51
Introdução.....	52
Material e métodos	53
Insetos.....	53
Inseticidas	54
Bioensaio comportamental	54
Resultados.....	57
Inseticida chlorantraniliprole.....	57
Inseticida metilcarbamato de oxina	58
Discussão.....	60
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	68
REFERÊNCIA	69

1. INTRODUÇÃO

As Brassicaceae são olerícolas cultivadas mundialmente dada a sua importância econômica e sociocultural (BRANDÃO FILHO et al., 2010; ARIAS, et al., 2014) apresentando a maior riqueza de espécies cultivadas (FOURIE et al., 2016). Elas são cultivadas em todo o mundo por pequenos e grandes agricultores e no Brasil se destaca a região do Nordeste (RIBEIRO et al., 2014; TORRES et al., 2017).

Considerada como fator limitante ao cultivo de brassícas, a traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* é a principal praga desta Cultura no mundo, sendo responsável por perdas de até 100% nos sistemas de cultivos (TALEKAR; SHELTON, 1993; GALLO et al., 2002). Perdas significativas têm sido registradas em diversas partes do mundo, causadas principalmente durante o estágio larval da praga, a qual apresenta hábito alimentar voraz, além disto, a contaminação dos floretes de brócolis e da couve flor por pupas reduzem seu valor comercial (TROCZKA et al., 2017). Estima-se que o custo mundial anual de controle da traça-das-crucíferas seja de aproximadamente US\$ 5,0 bilhões de dólares (ZULUCKI et al., 2012; FURLONG et al., 2012).

Em regiões tropicais os danos ocasionados pela traça-das-crucíferas são potencializados, devido às condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, associada a sua alta capacidade biótica, migratória e alta plasticidade genética (TALEKAR; SHELTON, 1994; SARFRAZ et al., 2006). Estes fatores juntamente com o plantio escalonado, e cultivos simultâneos de outras brassícas contribuem para surtos populacionais da praga (BARROS; VENDRAMIN, 1999).

Na perspectiva de reduzir as perdas ocasionadas pela *P. xylostella*, os agricultores fazem uso quase que exclusivamente de inseticidas sintéticos, devido a sua praticidade, eficiência e resultados imediatos (CASTELO BRANCO; MELO, 2002; VILAS BOAS et al., 2004; SANTOS et al. 2011). Contudo, aplicações intensivas e a não rotação de ingrediente ativo tem desenvolvido populações da traça-das-crucíferas com altos níveis de resistência para todos os grupos de inseticidas usados em seu controle (NANSEN et al., 2016).

Xia et al. (2014), relatam que é muito comum observar práticas abusivas no número de pulverizações dos cultivos de brassícas, podendo ser verificada 3 e/ou até 4

pulverizações de inseticidas por semana na China. Essa mesma prática é igualmente verificadas nos campos de brassícas no Brasil (CASTELO BRANCO et al., 2001). Na região Nordeste do Brasil, em especial no Estado de Pernambuco é comum verificar pulverizações de inseticidas até 4,0 vezes por semanais nas áreas de produção (OLIVEIRA et al., 2011).

O uso frequente dos inseticidas e as constantes pressões de seleção associada à plasticidade genética da traça-das-crucíferas contribuíram fortemente para o desenvolvimento de organismos resistentes a campo (QIN et al., 2018). Santos et al. (2011), relatam que as pulverizações intensivas e o excesso de confiança sobre as novas moléculas inseticida têm comprometido a eficácia de controle.

Relatos de populações de traça-das-crucíferas resistentes a inseticidas são frequentes, Tabashnik et al. (1994), relataram o primeiro caso de populações de traça-das-crucíferas de campo resistentes ao inseticida biológico *Bacillus thuringiensis* no Estado Americano do Havaí. No Brasil, Santos et al. (2011), Oliveira et al. (2011) e Castelo Branco; Amaral (2002), relataram populações da traça-das-crucíferas resistentes aos inseticidas indoxacarbe, lufenuron e deltametrina.

Considerada um processo evolucionário, a resistência inseticida é o principal obstáculo para o controle das pragas agrícolas e que fatores bioecológicos, genéticos e operacionais são responsáveis para o surgimento de indivíduos resistentes (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977). Os mecanismos fisiológicos, bioquímicos e comportamentais cooperam para a sobrevivência de indivíduos resistentes e vos auxiliam na atividade de metabolização, excreção e armazenamento dos inseticidas Mullin; Scott, (1992). Além dos processos anteriormente citados, modificações genéticas são responsáveis pela insensibilização total e/ou parcial dos sítios de ligações dos inseticidas. Para além destes, o desenvolvimento de habilidades comportamentais colaboram para a seleção de indivíduos resistentes reduzindo desta maneira a eficiência do controle dos inseticidas (LOCKWOOD et al., 1984; MORALES et al., 2013).

A presente pesquisa teve por objetivo averiguar os níveis de resistência e as alterações nas respostas comportamentais de populações de traça-das-crucíferas aos inseticidas Brilhante® BR (Metilcarbamato de Oxina), Premio® (Chlorantraniliprole) e Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Brassícas

As brassícas são plantas pertencentes à família Brassicaceae, que possui mais de 375 gêneros e aproximadamente 3,000 espécies (FOURIE et al., 2016). Esta família desempenha importante papel na dieta de milhares de pessoas, dada a sua riqueza em fonte de fibras, vitaminas e metabólitos anticâncer (HAYES et al., 2008). O gênero *Brassica* apresenta grande diversidade de sua arquitetura floral e foliar, o que contribui para o aparecimento de uma variedade de subespécies vegetais, distribuídos em plantas olerícolas, oleaginosas e plantas para alimentação animal (WARWICK, 2011; TANG; LION, 2012; RAVANFAR et al., 2017).

Dada a sua importância econômica, muitos agricultores as cultivam em grandes e pequenas áreas de produção (BRANDÃO FILHO et al., 2010; ARIAS et al., 2014). Estima-se que a produção mundial é de aproximadamente 71.250.199 Ton⁻¹, sendo a China (34.043.344 Ton⁻¹), Índia (8.807.000 Ton⁻¹) e Rússia (3.530.487 Ton-1) os países de maior expressão (FAOSTAT, 2017). No Brasil, os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro se destacam como os principais produtores de brassícas (FILGUEIRA, 2008).

Na região do Nordeste, os Estados de Bahia, Ceará e Pernambuco são considerados os principais produtores, tendo destaque o cultivo do repolho (*Brassica oleraceae* var. capitata) Castro e Melo, (2017). Em Pernambuco, os municípios de Camocim de São Félix, Gravatá, Pesqueira e São Caetano se destacam como os principais produtores da região do Agreste, entretanto, estes municípios sofrem reduções frequentes da qualidade das brassícas produzidas, além das reduções nas áreas de cultivos, devido ao regime hídrico da região e aos danos causados pelas pragas (RIBEIRO et al. 2014; TORRES et al. 2017).

Dentre os fatores que contribuem para a redução da qualidade e da produtividade nas áreas de cultivos, destacam-se as pragas, cujo manejo adequado é um fator chave para o sucesso da atividade agrícola. No cultivo de brassícas, os artrópodes pertencentes à ordem Lepidoptera e Hemíptera são os principais insetos que contribuem para a

redução da qualidade e do rendimento das brassícas, dentre estas, as que frequentemente afetam estas olerícolas são: pulgões (*Brevicorne brassicae* e *Myzus persicae*) mosca branca (*Bemisia tabaci*) curuquerê da couve (*Ascia monuste orseis*), lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), broca da couve (*Hellula phudilealis*) e a traça-das-crucíferas considerada a principal praga da cultura a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (GALLO et al., 2002; AHMED et al., 2018).

2.2 Bioecologia e importância econômica da Traça-das-crucíferas (*P. xylostella*).

Pertencente à família Plutellidae, a traça-das-crucíferas (*P. xylostella*) é um microlepidóptero de coloração parda, apresentando aproximadamente 10 mm de comprimento (GALLO et al., 2002) (Figura 1 A). Quando adulta pode ser verificado sobre seu dorso um desenho prismático de coloração branca, assemelhando-se a um diamante (MEDEIROS et al., 2003). De hábito crepuscular, a traça-das-crucíferas se esconde durante o dia entre as folhas e sai ao entardecer para se reproduzir (VACARI, 2009).

A traça-das-crucíferas realiza sua postura na parte abaxial das folhas próxima as nervuras e seus ovos apresentam coloração amarelada e medem aproximadamente um mm de diâmetro, estes podem ser encontrados isolados e/ou em grupo de até cinco ovos (IMENES et al., 2002; THULEER, 2009; VEIGA et al., 2010) (Figura 1 D). O período de incubação dos ovos é de aproximadamente quatro dias, quando eclodem, as larvas penetram nas folhas e consomem o parênquima foliar formando galerias. Ao atingirem o segundo ínstar de desenvolvimento, elas abandonam as minas e passam a se alimentar principalmente da epiderme inferior das folhas, e posteriormente consumindo-a totalmente (MEDEIROS, 2004).

De coloração esverdeada as larvas chegam a medir um (01) cm de comprimento no máximo desenvolvimento, que ocorre de 7 a 10 dias, quando se inicia a formação do casulo e posteriormente da pupa (GALLO et al., 2002) (Figura 1 B). As pupas podem ser encontradas por toda a planta, mas, preferencialmente em locais escondidos, buscando proteção contra inimigos naturais e fatores climáticos (CASTELO BRANCO; FRANÇA, 2001; THULER, 2009) (Figura 1 C). Haja vista, que o ciclo de vida da *P. xylostella* poderá ser reduzido em até 15 dias, se estas forem

submetidas a condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (GUO; QUIN, 2010).

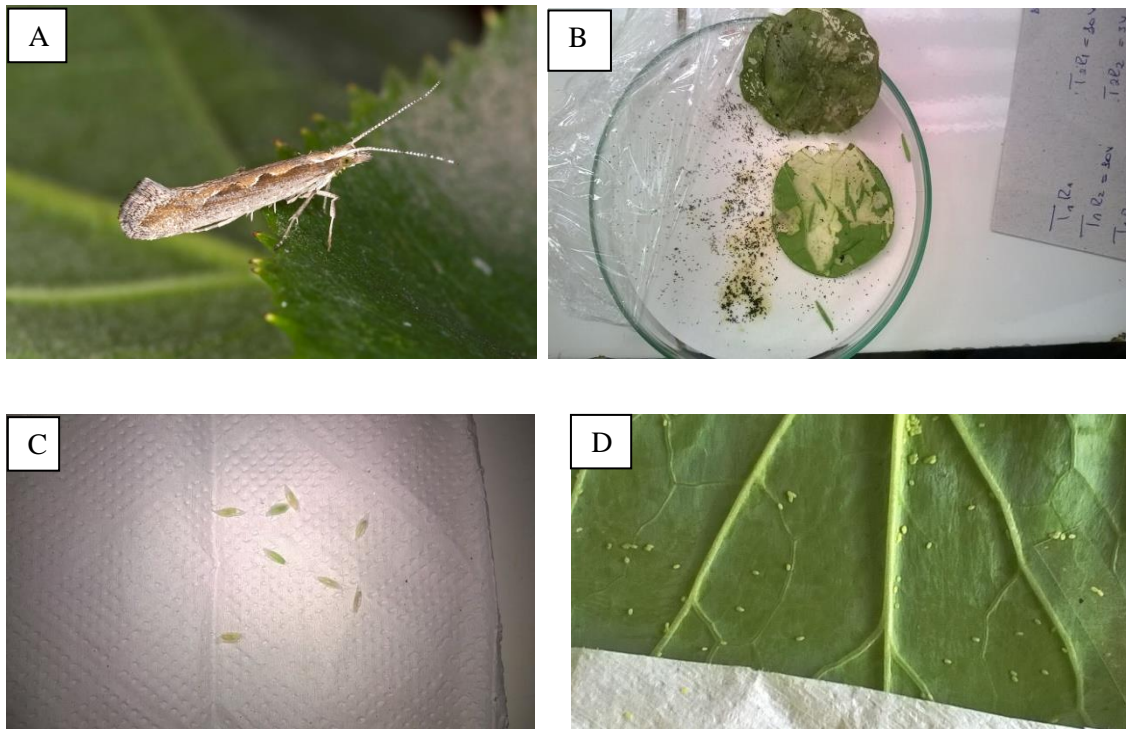


Figura 0-1 (A) Inseto adulto (B) Larvas de 3º ínstar (C) Pupas (D) e Ovos de traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (Fonte: Gomes, 2017).

Considerada uma praga cosmopolita, a *P. xylostella* encontra-se distribuída em todas as regiões do mundo onde se cultiva brassícas (CHU, 1985; SHELTON; TALEKAR, 1993; FURLONG et al., 2013). Contudo, pouco se conhece sobre sua origem geográfica, sendo esta atribuída a região do Mediterrâneo considerada o berço da origem das brassícas (KFIR, 1998). Entretanto, alguns pesquisadores atribuem à origem da traça-das-crucíferas a África do Sul, devido ao grande número de plantas hospedeiras (175 espécies) e de inimigos naturais (17 espécies) presentes no país (SARFRAZ et al., 2005)

Distribuída por todo o globo terrestre, a traça-das-crucíferas tem a capacidade de movimentar-se a longas distâncias como observado no Reino Unido e Canadá durante o inverno (CHAPMAN et al., 2002) (Figura 2). Esse movimento migratório a longa distância é observado principalmente nas regiões de clima temperado, onde a traça-das-crucíferas não consegue hibernar (WEI et al., 2018). Na China, Wu (2002) e Fu et al. (2014), relatam que populações da traça-das-crucíferas podem ser divididas em três zonas climáticas a quais contribuem para o seu desenvolvimento, e estas zonas são

conhecidas como: a) Zona de desenvolvimento durante todo o ano, b) Zona de diapausa no inverno e c) Zona de desenvolvimento no verão, sendo verificada atividade migratória apenas nas duas ultimas regiões.

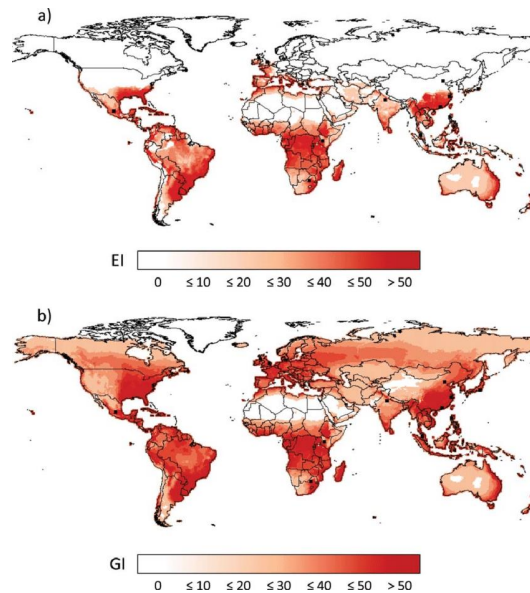


Figura -2 Distribuição geográfica prevista da traça-das-crucíferas em todo o mundo. (a) Valores onde EI é positivo denotam o núcleo da variedade de espécies e a ocupação durante todo o ano. (b) As regiões onde o IG é positivo indicam o potencial intervalo sazonal migratório. Os mapas CAB de distribuição “reais” podem ser encontrados no Compêndio de Proteção de Safras CABI (CABI 2012) (Fonte: Zalucki et al., 2012).

Esse movimento migratório realizado pela traça-das-crucíferas, além de apresentar caráter fisiológico e de sobrevivência, também objetiva evitar áreas deterioradas, colonizar novas fontes de alimento, evitar predação, além de benefícios reprodutivos (ZHU et al., 2018). Todavia, essa migração também é responsável pelo deslocamento de altas densidades populacional da praga, as quais são responsáveis por causar surtos frequentes e danos severos nos cultivos de brassícas em todo o mundo (FU et al., 2014; LI et al., 2016).

Altamente destrutiva, a traça-das-crucíferas pode causar perdas de até 90% nas áreas de produção de brassícas em todo o mundo (SHELTON, 2004). Estima-se que o custo mundial de controle associado às perdas causadas pela praga chegue a um valor anual de aproximadamente \$US 5,0 bilhões de dólares (VERKEK; WRIGHT, 1996; ZALUCKI et al., 2012; PHILIPS et al., 2014).

No Brasil, perdas de até 100% de áreas produtoras de repolho já foram relatadas no Distrito Federal (CASTELO BRANCO; GATHOUSE, 2001). No Estado de

Pernambuco, diversas áreas de produção de brassícas estão sendo abandonadas devido à baixa eficiência de controle dos produtos fitossanitários disponíveis no mercado, além das altas densidades populacionais da praga verificada nos últimos anos (OLIVEIRA et al., 2011; LIMA NETO et al., 2016) (Figura 3).



Figura -3 Danos ocasionados pela Traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) em cultivo de repolho no município de Camocim de São Félix – PE (Fonte: Gomes, 2018).

2.3 Inseticidas convencionais.

2.3.1 Inseticidas biológicos (*Bacillus thuringiensis*)

O *B. thuringiensis* é uma bactéria gram-positivas que forma esporos e apresenta propriedades entomopatogênicas. O inseticida está sendo utilizado em formulações comerciais por mais de duas décadas e se apresenta como uma importante ferramenta no controle de pragas agrícolas (TABASHNIK et al., 1994).

Os organismos *Bts* produzem proteínas inseticidas durante a sua fase de esporulação conhecidas como cristais, e estes são predominantemente compostos por uma ou mais tipos de proteínas cristais (Cry) e toxinas citolíticas (Cyt) (BRAVO et al., 2007). As proteínas Cry são especificamente tóxicas para os insetos das ordens coleóptera, himenóptera, lepidóptera e díptera, e estas compreendem aproximadamente 50 subgrupos com mais de 200 membros (CRICKMORE et al., 1998; MAAGD et al., 2001).

O efeito patogênico do *B. thuringiensis* é mediado pelas proteínas cristais produzido durante a esporulação e a acumulação das inclusões cristalina. Os esporos bacterianos são responsáveis pela formação das proteínas Cry depois que estes são solubilizados e ativam-nas no intestino médio dos insetos, ligando-se a receptores específicos das células das microvilosidades do epitélio do intestino médio

(HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2010). Segundo Parker e Deil (2005), na maioria dos casos as proteínas Cry são ativadas pela alteração do pH no intestino dos insetos.

As toxinas Cry são altamente específicas para alguns insetos e são inócuas para humano e outros vertebrados (SCHNEPF et al., 1998) e são estas características que fazem o seu uso sustentável como agentes na proteção dos cultivos contra pragas agrícolas (MAAGD et al., 1999).

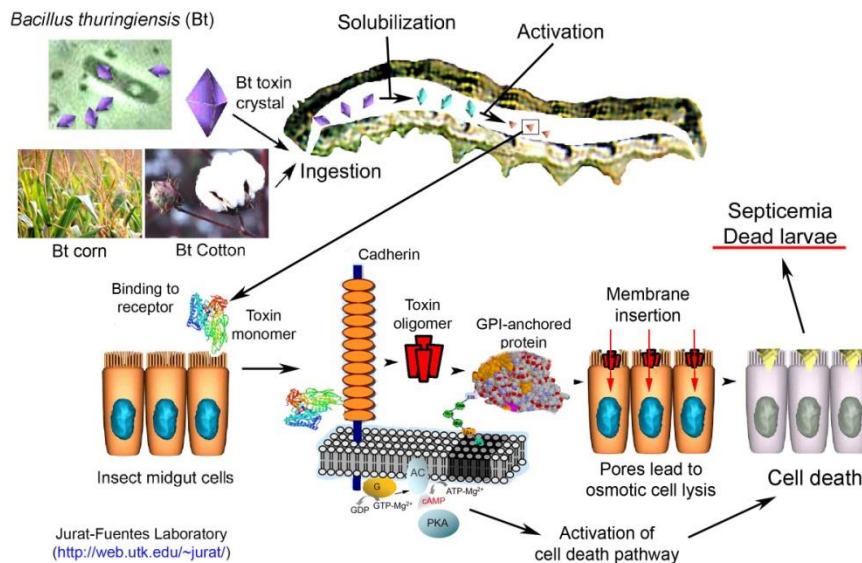


Figura 0-4 Esquema gráfico do modo de ação do inseticida biológico *Bacillus thuringiensis* (Fonte: Jurat-Fuentes, J. L., 2018).

2.3.2 Inseticidas do grupo carbamato

Os primeiros inseticidas do grupo Carbamato foram liberados para a comercialização por volta de 1950 e apresentava pequeno espectro de atividade inseticida, e a estrutura deste grupo de inseticida foi descoberta em 1925 presentes nas sementes do feijão Calabar (*Physostigma venenosum*) (GUEDES et al., 2008).

Os inseticidas do grupo carbamato são conhecidos como inseticidas que agem no processo de inibição da enzima acetilcolinesterase (IRAC), e estes são classificados com grupo 1 (Figura 5 A). A inibição da enzima acetilcolinesterase pelo inseticida carbamato ocorre por meio de uma reação química na qual a porção da serina hidroxila no sítio ativo da enzima é carbamilada de maneira análoga à acetilação da acetilcolinesterase. O primeiro ponto do processo de inibição envolve a formação do

diamidas antralínica se ligam aos receptores conhecido como receptores de rianodina que estão localizados no retículo endoplasmático dos insetos e que são responsáveis pela liberação controlada de íons de cálcio para o meio extracelular (SATTELLE et al., 2008). Logo, estes inseticidas agem pela ativação seletiva dos receptores de rianodina no retículo endoplasmático dos insetos, induzindo o transiente de Ca^{+2} citosólicos sensível à rianodina, independentemente da concentração de Ca^{+2} extracelular (NAEUN et al., 2006) (Figura 6 B).

Esta potente ativação dos receptores de rianodina resulta em uma rápida e eficácia inicial sobre as larvas de insetos, com uma sintomatologia única de paralisia de contração muscular irreversível e interrupção da alimentação, levando desta forma o inseto a morte (Gnamm et al., 2012).



Figura 0-6 (A) Adulto de *Plutella xylostella*, receptores de rianodina, fórmula química dos inseticidas flubendiamida e chlorantraniliprole e dano ocasionada pela traça-das-crucíferas (Fonte: TROCZKA et al., 2016); (B) Modo de ação dos inseticidas diamidas antralínica nos receptores de rianodina (Fonte: Phytusclub, 2018).

2.4 Fatores associados às falhas de controle da traça-das-crucíferas.

No intuito de reduzir os danos causados pela traça das crucíferas, os agricultores fazem uso de inseticidas sintéticos como principal método de controle empregado nas áreas de cultivo, em virtude de sua praticidade, eficiência e resultados imediatos (PERRY et al., 2011; FURLONG et al., 2013; LI et al., 2016).

Apesar destas características favorecem o seu uso, algumas classes de inseticidas estão apresentando eficácia reduzida no controle da traça-das-crucíferas, conduzindo desta maneira para a utilização em superdosagens pelos agricultores. As falhas no

controle da traça-das-crucíferas desempenhadas pelos inseticidas sintéticos são comumente relatadas pelos agricultores de brassícas em diferentes regiões do mundo, sendo responsável pelo crescimento de seu uso (TROCZKA et al., 2012; BACCI et al., 2018).

A intensificação do uso dos inseticidas sintéticos pelos agricultores, aliada às características inerentes à praga contribuem fortemente para o aparecimento de falhas de controle, dentre estas características podemos citar a) alta plasticidade genética, b) curto ciclo de vida, c) alto número de gerações durante o ano, d) rápido desenvolvimento da praga em condições tropicais e, e) a disponibilidade de hospedeiro durante todo o ano, são fatores que cooperam para surtos populacionais da praga além de reduzir a eficiência dos produtos fitossanitários (TALEKAR; SHELTON, 1993; DENHOLM et al., 1998; QIM et al., 2018).

Aumentos no número de aplicações dos inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas foram verificadas na China por Xia et al. (2014), onde foram constatadas até quatro aplicações semanais. No Brasil, essa prática vem se tornando frequente nas áreas de cultivo de brassícas, como observado por Castelo Branco et al. (2001), no Distrito Federal e no Estado de Pernambuco por Santos et al. (2011).

O uso descontrolado dos inseticidas sintéticos contribui para uma infinidade de problemas advindo do seu mau uso, como a) a redução do número de inimigos naturais, b) a contaminação do ambiente, c) o comprometimento da saúde do trabalhador e do consumidor de produtos vegetais oriundos de regiões onde se pratica o uso abusivo destes produtos, d) a seleção de indivíduos resistentes e d) falhas no controle da população da praga (BIRNIE et al., 1998; NTOW et al., 2006; BOMMARCO et al., 2011; GUEDES et al., 2016; CARVALHO, 2017; MÜLLER, 2018).

As reduções da efetividade de controle desempenhada pelos inseticidas sintéticos no controle de pragas agrícolas e/ou urbanas estão comumente associadas a um conjunto de fatores de ordem bioecológica (Migração, número de geração, isolamento, número de geração, e etc.), genética (Frequência, Dominância e o número de alelos de resistência, expressividade, e etc.) e operacional (A natureza do químico, o limite de aplicação, o estágio de desenvolvimento da praga, o modo de aplicação, entre outros),

os quais contribuem fortemente para a seleção de indivíduos resistentes (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977; ROUSH; McKENZIE, 1987; GEORGHIOU, 1994).

Forgash (1984), destaca que práticas como o aumento da dosagem do produto, aplicações mais frequentes, uso indevido de misturas e substituição por outro produto geralmente mais tóxico são resultados das falhas de controle e que elas cooperam para as constantes pressões de seleção, assim como desencadeiam problemas econômicos, sociais e ecológicas Gould et al.(2018).

2.4 Resistência a inseticidas

Considerada como um dos fenômenos responsáveis pelas falhas no controle de pragas, a resistência a inseticidas é uma das principais preocupações quanto à utilização e o manejo racional do uso dos inseticidas como ferramenta de controle de importantes pragas agrícolas (TUELHER et al., 2018).

Relatada pela primeira vez nos Estados Unidos da América em 1908 para o piolho de São José *Quadraspidiotus perniciosus* (Hemiptera: Diaspididae) (GEORGHIOU et al., 1990; MULLIN; SCOTT, 1992), a resistência a inseticidas é definida como uma habilidade herdada de organismo tolerar doses de um tóxico para o qual seria letal para a maioria dos indivíduos em uma população normal da mesma espécie (WHO 1957; CROFT et al., 1988; BRAGA; VALLE, 2007).

Estima-se que mais de 500 espécies de insetos e ácaros apresentam algum tipo de resistência para uma ou mais classes de inseticidas (MOTA-SANCHEZ et al., 2002; SINIARD et al., 2016), dentre estas, a traça-das-crucíferas tem sido relatada por desenvolver resistência a quase todas as classes de inseticidas, incluindo aqueles inseticidas a base de *Bacillus thuringiensis* (FEYREISEN, 1995; ZAGO et al., 2013).

Palumbi, (2001), relata que o custo global causado pela resistência a inseticidas está na cifra de Bilhões de dólares americanos. Nos Estados Unidos da América o custo anual das perdas advindas da resistência a inseticidas é de aproximadamente \$US 10 Bilhões de dólares (GOULD et al., 2018). No Brasil, estas estimativas de custos e/ou perdas geradas pela resistência não são frequentemente relatadas, devido à falta de monitoramento e sistematização dos dados pelas agências governamentais (OLIVEIRA et al., 2014).

A resistência aos inseticidas é consequência do controle inadequado de pragas, dentre estas estão às perturbações dos ecossistemas agrícolas resultante da frequência e do longo período de uso, além das alterações de componentes fisiológicos, bioquímicos e comportamentais que contribuem para a sobrevivência e manutenção dos indivíduos resistentes no campo (MULLIN; SCOTT, 1992; GEORGHIOU; TAYLOR, 1977).

2.5 Mecanismos da resistência a inseticidas

Os insetos ao longo do tempo desenvolveram diversos mecanismos de resistências aos inseticidas e entendê-los nos permitirá desenvolver táticas e estratégias de manejo mais adequadas. Os mecanismos fisiológicos, bioquímicos e comportamentais são responsáveis por garantir à sobrevivência dos insetos a ação dos inseticidas (GEORGHIOU, 1972; BERTICAT et al., 2008), em suma, a maioria destes mecanismos são resultantes de mutações pontuais na estrutura dos genes, modificações de seu número, assim como, de sua atividade resultando no aparecimento de indivíduos resistentes (FEYERIESEN, 1995).

Os mecanismos fisiológicos desenvolvidos pelos insetos decorrentes da resistência a inseticidas apresentam redução e/ou insensibilidade nos sítios de ação dos inseticidas ocasionados por alterações genéticas (FRENCH-CONSTANT et al., 1998). Troczka et al. (2012), encontraram pontos de mutações em uma região do gene que codificava os sítios de ligação para os inseticidas diamidas em populações de traça-das-crucíferas (Figura 7).

Além da insensibilidade dos sítios de ação dos inseticidas, os mecanismos bioquímicos também cooperam para o aumento da capacidade de metabolização dos inseticidas pelas enzimas Glutathione-S-transferase, Monooxigenase dependente de citocromo P450 e das Esterase (LI et al., 2007; PANINI et al., 2016; BASS; JONES, 2018). Zhang et al. (2017), verificaram que populações chinesas de traça-das-crucíferas resistentes ao inseticida indoxicarb apresentaram ação melhorada das enzimas Glutathione-S-transferase e Monooxigenase dependente de Citocromo P450, associando-as como principal mecanismo de detoxificação para ação deste inseticida. Resultados semelhantes foram observados por Wang et al. (2018), para a *Spodoptera exigua* para o inseticida beta-cipermetrin.

Para além das ações relatadas anteriormente, são também atribuídos aos mecanismos fisiológicos e bioquímicos a diminuição da taxa de absorção, penetração, transporte, armazenamento e excreção dos inseticidas (HOLLINGWORTH et al., 2008; NANSEN et al., 2016; BALABANIDOU et al., 2018). Chen et al. (2016), verificaram uma rápida diminuição da penetração epitelial dos inseticidas avermectinas em larvas resistente de *Drosophila melanogaster* quando comparadas a larvas suscetíveis.

Diferente dos mecanismos bioquímico e fisiológico da resistência, o mecanismo comportamental não está necessariamente ligado a alterações de ordem genética, e sim de condições de aprendizado adquirido ao longo da exposição à pressão de seleção exercida pelos inseticidas (ZALUCKI; FURLONG, 2017), sendo as interações entre os fatores fisiológicos e bioquímicos podendo contribuir para a externalização de medidas comportamentais que auxiliam na sobrevivência dos indivíduos (GEORGHIOU, 1972).

Dentre as medidas comportamentais apresentadas pelos insetos, como meio de evitar o contato com superfícies tratadas com inseticida, destacam-se a) modificações da atividade de caminamento b) preferência na escolha de habitat e/ou hospedeiros sem resíduos dos inseticidas, e c) evasão de áreas tratadas (LOCKWOOD et al., 1984; SPARKS et al., 1989).

Os inseticidas influenciam no comportamento dos insetos através de perturbações nos sistema sensorial e/ou nervoso dos insetos, conduzindo-os a respostas de evasão e/ou redução do seu caminamento e/ou na coordenação motora e/ou atividade alimentar (HAYNES, 1998). Tais respostas são como um fator que diminuem o contato com concentrações letais dos compostos inseticidas, e esta redução principalmente no caminamento foi observada em abelhas operárias quando submetidas à bioinseticidas de extratos botânicos realizados por Xavier et al. (2015).

Além das alterações nas atividades de caminamento, verificou-se também que os inseticidas influenciam no comportamento de chamamento dos insetos como verificado para *Cydia pomonella* (NAVARRO-ROLDÁN; GEMENO, 2017). Estas alterações comportamentais devem ser estudadas a nível populacional, uma vez que diferentes populações respondem de maneira diferente como verificado em diferentes populações de *Sitophilus zeamais* por Morales et al. (2013).

Entender as alterações comportamentais é tão importante quanto entender os mecanismos fisiológicos e bioquímicos, pois, modificações comportamentais resultantes da exposição às áreas tratadas com os inseticidas comprometem a eficácia dos inseticidas e condu-los a adaptações comportamentais que a posterior levá-los-iam ao desenvolvimento da resistência comportamental (CORRÊA et al., 2010; PIMENTEL, et al., 2012; HAIDI et al., 2015).

Advindas as grandes preocupações a respeito do desenvolvimento de resistência pelos insetos pragas, em especial a traça-das-crucíferas, se torna necessário à implementação de programas de manejo mais efetivos e de modo preventivo no intuito de se constatar o início do aparecimento de indivíduos resistentes, evitando desta maneira a instalação da problemática (TABASHINIK, 1989). Não distante, será necessário à implementação de táticas de controle mais eficientes que contribuam para o retardo do aparecimento de indivíduos resistentes, assim como, desenvolver abordagens mais racionais quanto ao uso dos inseticidas, para que possamos desfrutar destes por um período maior de tempo. Dessa forma, o objetivo desta dissertação foi realizar um levantamento de populações de traça-das-crucíferas resistentes aos inseticidas do grupo Carbamato, Diamida e *Bacillus thuringiensis*, uma vez que estes se constituem grupos importantes de inseticidas empregados no seu controle, além de verificar as alterações comportamentais da praga ocasionadas pelo seu uso.

3. CAPITULO I: AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) PARA INSETICIDAS¹.

Resumo

A *Plutella xylostella* é uma praga altamente destruidora nos cultivos de brassícas, principalmente em seu estágio larval, levando os agricultores a realizarem pulverizações intensivas de inseticidas, com possíveis consequências à eficiência do controle. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a suscetibilidade de populações de traça-das-crucíferas para os inseticidas Brilhante® BR (Metilcarbamato de oxina), Premio® (Chlorantraniliprole) e Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), frequentemente utilizados na região do Agreste de Pernambuco. As populações de traça-das-crucíferas foram coletadas nos municípios de Sairé - PE, Lajedo - PE, Bezerros - PE, Camocim de São Félix - PE, Venda Nova do Imigrante - ES. Além destas, duas populações de laboratório foram usadas como referências. Os bioensaios de suscetibilidade foram realizados de acordo com a metodologia recomendada pelo IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (Susceptibility test method n° 18). Fez-se uso do delineamento inteiramente casualizado, com três inseticidas, sete doses (0, 1, 2; 4, 6, 8 e 10 vezes a dose recomendada pelo fabricante) e com quatro repetições (placa de 10 indivíduos por repetição). Os tratamentos foram acondicionados em câmaras de germinação tipo B.O.D. e permaneceram em condições controladas de temperatura (25 ± 1 °C), Umidade Relativa ($65\% \pm 10$) e 12 hrs de fotofase. Para o inseticida metilcarbamato de oxina, as populações de campo dos municípios de Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE, Bezerros - PE e Lajedo - PE, apresentaram uma baixa mortalidade nas doses testadas, não possibilitando determinar os valores da relação dose - mortalidade pela análise de Probit. Contudo, foi possível averiguar através dos testes de média a ineficiência deste inseticida (mesmo nas doses mais altas) quando comparada as mortalidades obtidas nestas populações, com a mortalidade das populações de laboratório, padrões de suscetibilidade. Os resultados da análise Probit das populações de Recife - PE e Viçosa -MG para este inseticida, mostraram que a população de Recife - PE ($DL_{50} = 8,34 \text{ mL L}^{-1}$) foi mais resistente que a população de Viçosa - MG ($DL_{50} = 3,19 \text{ mL L}^{-1}$). Para o inseticida chlorantraniliprole, foi observado que a população de Camocim de São Félix apresentou maior razão de resistência (RR_{50} 322,5 vezes), seguida pela população de Sairé ($RR_{50} = 126$ vezes) quando comparada a população de Viçosa - MG. Para o inseticida *B. thuringiensis* foi verificada a mesma tendência, tendo as populações do Agreste de Pernambuco apresentado os maiores valores de Razão de Resistência (Camocim de São Félix = 4,26 vezes; Sairé = 2,59 vezes) em relação à população de Recife - PE. Para este inseticida biológico, a população do Recife - PE foi mais susceptível que a população de Viçosa - MG. Nossos resultados, ao demonstrarem a ineficácia dos inseticidas recomendados para as populações de traça-das-crucíferas do Agreste pernambucano, chamam a atenção para a inadequação das generalizações das recomendações de pulverização num país tão vasto quanto o Brasil. Tais generalizações têm causado o desenvolvimento da resistência para os inseticidas aqui testados e têm contribuído para o uso inadequado de inseticidas com possíveis problemas ambientais e de saúde pública. O caso mais preocupante é do inseticida metilcarbamato de oxina.

Palavras chave: chlorantraniliprole; falhas de controle; resistência a inseticidas

¹ A ser submetido para publicação.

Abstract

Plutella xylostella is a highly destructive pest in brassica crops, mainly in its larval stage, causing farmers to carry out intensive spraying of insecticides, with possible consequences for the efficiency of control. The objective of this study was to evaluate the susceptibility of diamondback moth populations to the insecticides Brilhante® BR (Methylcarbamate oxine), Premio® (Chlorantraniliprole) and Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki), frequently used in the Agreste of Pernambuco. Populations of diamondback moth were collected in the municipalities of Sairé - PE, Lajedo - PE, Bezerros - PE, Camocim de São Félix - PE, Venda Nova do Imigrante - ES. In addition, two laboratory populations were used as references. Susceptibility bioassays were performed according to the methodology recommended by the Insecticide Resistance Action Committee (Susceptibility test method N°. 18). A completely randomized design was used with three insecticides, seven doses (0, 1, 2, 4, 6, 8 and 10 times the dose recommended by the manufacturer) and with four replicates (10 individuals per replicate plate). The treatments were conditioned in germination chambers type B.O.D. and remained in controlled conditions of temperature (25 ± 1 ° C), Relative Humidity ($65\% \pm 10$) and 12 hrs of photophase. For the insecticide methylcarbamate oxine, the field populations of the municipalities of Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE, Bezerros - PE and Lajedo - PE, presented a low mortality in the doses tested, and it was not possible to determine the dose - mortality by Probit analysis. However, it was possible to verify the inefficiency of this insecticide (even at the highest doses) through the mean tests when comparing the mortalities obtained in these populations with laboratory populations mortality. The results of the Probit analysis of the populations of Recife - PE and Viçosa - MG for this insecticide, showed that the population of Recife - PE ($DL_{50} = 8.34$ mL L⁻¹) was more resistant than the population of Viçosa - MG = 3.19 mL L⁻¹). For the insecticide chlorantraniliprole, it was observed that the population of Camocim de São Félix showed a higher resistance ratio (RR_{50} 322.5 times), followed by the population of Sairé ($RR_{50} = 126$ times) when compared to the population of Viçosa - MG. For the *B. thuringiensis* insecticide, the same tendency was observed, with the populations of the Agreste of Pernambuco presenting the highest values of Resistance Ratio (Camocim de São Félix = 4.26 times, Sairé = 2.59 times) in relation to the population of Recife PE. For this biological insecticide, the population of Recife - PE was more susceptible than the population of Viçosa - MG. Our results, when demonstrating the ineffectiveness of the insecticides recommended for the diamondback moth populations of the Agreste region of Pernambuco, point to the inadequacy of the generalizations of spray recommendations in a country as vast as Brazil. Such generalizations have caused the resistance for the insecticides tested here and have contributed to the inappropriate use of insecticides with possible environmental and public health problems. The most worrying case is the insecticide methylcarbamate oxine.

Keywords: chlorantraniliprole; control failures; insecticide resistance.

Introdução

Considerada como um importante fator na limitação da produção de brassícas, a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) é responsável por causar perdas de até 100% nas áreas de cultivo por todo o mundo (TALEKAR e SHELTON, 1993; SHELTON, 2004; CASTELO-BRANCO e GATHOUSE, 2001). A maioria dos danos é causada pelos estágios larvais da praga, que se alimentam do tecido esponjoso das folhas no primeiro ínstar e nos instares posteriores passam a consumir toda a folha e/ou a inflorescência das plantas (ZHOU et al., 2011). Dada a sua alta capacidade de destruição, os custos anuais de controle e as perdas ocasionadas pela traça-das-crucíferas foram de aproximadamente 5,0 Bilhões de dólares em todo o mundo (TALEKAR, 2012; VERKEK e WRIGHT, 1996).

A praga tem como características o alto potencial biótico, uma alta capacidade migratória, a sobreposição de gerações e a disponibilidade de hospedeiro durante todo o ano. Estes são fatores que contribuem para aumentos dos danos aos cultivos de brassícas pela traça-das-crucíferas (SARFRAZ et al., 2006). Por estas razões, com o propósito de reduzir as perdas ocasionadas pela traça-das-crucíferas os agricultores fazem uso principalmente dos inseticidas sintéticos, devido a sua praticidade e rápido efeito (PERRY, et.al., 2011; FURLONG, et.al., 2013).

Os inseticidas sintéticos são compostos desenvolvidos e aplicados no ambiente para interromper e/ou imitar proteínas que são fundamentais para a sobrevivência dos insetos (GOULD, 2018), contribuindo sobremaneira na redução da população praga (GUEDES, et.al., 2015). No entanto, desde a sua popularização em 1940, quando se tornaram ferramenta indispensável no manejo de pragas, a intensificação do seu uso, tem ocasionado problemas de ordem ecológica, social e econômica (GOULD, 2018; MÜLLER, 2018).

Considerada como principal problemática do uso indevido de inseticidas, a resistência a inseticidas tem sido a principal preocupação para a garantia da produção e da segurança alimentar em todo o mundo (R4P NETWORK, 2016). Causada pela intensificação e o uso inadequado dos inseticidas a resistência a inseticidas é função de fatores genéticos, bioecológicos e operacionais Georghiou e Taylor, (1977); Roush e McKenzie, (1987).

Estima-se que mais de 500 espécies de artrópodes tenham desenvolvido resistência para uma e ou mais classe de inseticidas (SINIARD et al., 2016). Dentre estas, a *P. xylostella*, apresenta resistência a pelo menos 91 compostos inseticidas, sendo relatada para os grupos Piretróides, Carbamatos, Organofosforados, *Bacillus thuringiensis* e mais recentemente aos inseticidas do grupo Diamidas, prejudicando sobremaneira a adoção de medidas de controle eficientes Santos et al., (2011); Zago, et.al., (2013); Troczka, et.al., (2016); Zhang, et.al., (2017).

Considerada uma praga altamente resistente, o controle da *P. xylostella* é um problema sério devido a alta plasticidade genética do inseto (TALEKAR e SHELTON, 1994, LI, et.al., 2015) e as constantes pressões de seleção sofrida ao longo do tempo pelas pulverizações de inseticidas como foi verificada na região do Distrito Federal e no Estado de Pernambuco (CASTELO-BRANCO et al., 2001; OLIVEIRA, et.al., 2011). Relatos de realização de até quatro pulverizações de inseticidas semanais nos cultivos de brassícas no estado de Pernambuco são comuns (SANTOS, et.al., 2011; RIBEIRO, et.al., 2014). Pérez, et.al., (2000), também reforçam a afirmação do número exagerado de pulverizações de inseticidas nos cultivos de brassícas, sendo verificado por estes até 20 intervenções dos inseticidas até o fim do ciclo da cultura.

Apesar da sua fácil adaptação aos diferentes ambientes agrícolas, a *P. xylostella*, assim como as pragas que desenvolveram resistência a inseticidas usam diversos mecanismos de resistência que lhes auxiliam na atividade de metabolização, excreção e armazenamento dos inseticidas, além de modificações genéticas que contribuem para a insensibilização dos sítios de ligações dos inseticidas (GEORGHIOU, 1972; MULLIN e SCOTT, 1992). Para além destes, também é confirmado o desenvolvimento de habilidades comportamentais que colaboram para a seleção de indivíduos resistentes (LOCKWOOD, et.al., 1984; MORALES, et.al., 2013; ZALUKI e FURLONG, 2017).

O presente estudo tem por objetivo avaliar a suscetibilidade de populações de traça-das-crucíferas (*P. xylostella*) para os inseticidas Brilhante® (metilcarbamato de oxina) Premio® (chlorantraniliprole) e Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki) os quais são frequentemente utilizados em seu controle na região do Agreste de Pernambuco.

Material e métodos

Insetos:

Sete populações de *P. xylostella* foram usadas para realização dos bioensaios de suscetibilidade, sendo cinco destas coletadas em áreas de cultivo de couve e repolho nos municípios de Bezerros - PE, Sairé - PE, Camocim de São Félix - PE, Lajedo - PE Venda Nova do Imigrante – ES e duas populações de laboratório, padrão de suscetibilidade, cedidas pelos laboratórios de entomologia da UFRPE e UFV. A criação da traça-das-crucíferas seguiu a metodologia descrita por BARROS e VANDRAMIM (1999) (Tabela 1) (Figura 1 A, B, C, D).

Tabela -1 Localização, Plantas hospedeira e estágio de desenvolvimento.

População	Hospedeiro	Estágio
Sairé - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Camocim de São Félix - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Bezerros - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Venda Nova do Emigrante - ES	Couve/Campo	Larva/Pupa
Recife - PE	Couve	Larva/Pupa
Viçosa - MG	Couve	Larva/Pupa
Lajedo - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa

Fonte: Jose Gomes, 2018

Inseticidas

Os bioensaios foram realizados com os inseticidas Chlorantraniliprole (Premio® 200 g a.i/ L⁻¹ suspensão concentrada, DuPont do Brasil Ltda., Campinas, SP, Brasil); Metilcarbamato de oxina (Lannate BR®, 215 g i. a./L⁻¹, concentrado solúvel, DuPont do Brasil, Barueri, SP, Brasil), este depois substituído pelo inseticida Metilcarbamato de oxina (Brilhante BR®, 215 g i. a./L⁻¹, concentrado solúvel, Ouro Fino Química Ltda, Av. Filomena Cartafina, 22335 - Quadra 14 - lote 5 - Dist. Industrial III) e *Bacillus thuringiensis* (Dipel WG®, *Bacillus thuringiensis*, var. kurstaki, linhagem HD-1, Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda. Av. Paulista, 854- 11º andar- conj.

112 (Edifício Top Center). 01310-913 - São Paulo-SP). Todos os inseticidas foram comprados em casas agrícolas das regiões de coleta.

Bioensaio de suscetibilidade de campo (Dose-Resposta)

Foram utilizadas larvas de segundo e terceiro ínstar, provenientes da criação de laboratório estabelecida a partir das populações coletadas no campo e das populações padrões de suscetibilidade. As soluções dos inseticidas foram preparadas usando como referência a dose comercial de cada produto recomendada pelo fabricante (Tabela 1), sendo estas extrapoladas a valores de até 10 vezes, numa solução contendo água destilada mais 0,01% de Tween 80 como espalhante adesivo (Figura 1 F).

Folhas de couve foram lavadas em água corrente e detergente neutro, após, foram enxaguadas com água destilada e cortados discos (seis cm de diâmetro). Os discos foram secos a temperatura ambiente (Figura 1 G). Os tratamentos foram compostos de quatro discos de couve (seis cm diâmetro) como repetição e estes foram submergidos nas soluções inseticidas, por um período de 30 segundos (Figura 1 E, H). O tratamento controle compreendeu de água destilada mais o espalhante adesivo a 0.01%. Após o tratamento, os discos foram postos sobre papel toalha para secarem por aproximadamente 2 h em temperatura ambiente, posteriormente, os discos de couve foram transferidos para placas de Petri forradas com papel filtro umedecido com água destilada. Na face superior dos discos de couve foram adicionadas 10 larvas de 2° e 3° ínstar. As placas de Petri foram fechadas com filme plástico PVC para evitar fuga das larvas e este foi perfurado com alfinete entomológico para permitir as trocas gasosas. Os bioensaios foram mantidos em câmara de germinação tipo B.O.D. em 25 ± 1.0 ° C, fotoperíodo de 12 h e umidade relativa de $65\% \pm 10\%$ (IRAC, susceptibility test method nº 18) (Figura 1 I).

As avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente durante quatro dias para os inseticidas (Chlorantraniliprole e *Bacillus thuringiensis*) e três dias para o inseticida Metilcarbamato de oxina, após a exposição às soluções inseticidas seguindo o protocolo do IRAC. As larvas foram consideradas mortas quando não respondiam com movimento, quando as mesmas eram tocadas com pincel de ponta fina.



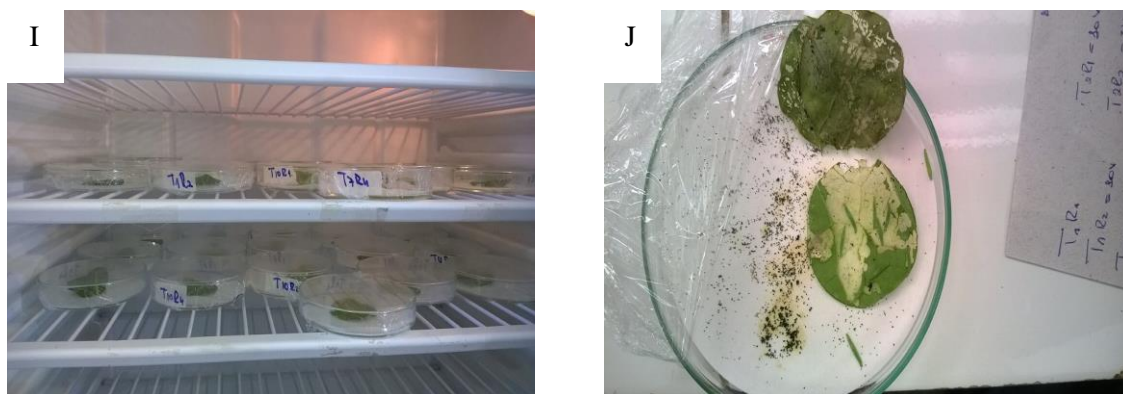


Figura 1 (A; B) Gaiolas de criação e oviposição (C; D) Insetos adultos e Pupas (E; F; G e H) Montagem do experimento de suscetibilidade, (I) Armazenamento das placas de Petri montadas com os tratamentos, (J) Avaliação da mortalidade das larvas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (Fonte: Gomes, 2018).

Os resultados de mortalidade obtidos por meio dos bioensaios de dose-resposta foram corrigidos, segundo Abbott (1925), e submetidos à análise de Próbit, conforme Finney (1971), através do procedimento PROC PROBIT do pacote estatístico SAS 9.0 (2002), gerando, assim, as curvas de concentração - resposta. As razões de resistência foram obtidas dividindo-se os maiores valores de DL_{50} pela de menor valor. Os resultados de mortalidade das populações de campo para o inseticida metilcarbamato de oxina foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo software SISVAR e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com a finalidade de se verificar diferença mínima significativa entre a mortalidade da população controle e as populações testadas.

Tabela 3-2 Doses testadas para cada inseticida nos bioensaios de Dose-Diagnóstico. Lannate BR® (Metomil, $100 \text{ mL}^{-1} \text{ p.c} / 100 \text{ L}^{-1}$), Brilhante BR® (Metomil, $100 \text{ mL}^{-1} \text{ p.c} / 100 \text{ L}^{-1}$), Premio® (Cloroantraniliprole, $7,5 \text{ mL}^{-1} \text{ p.c} / 100 \text{ L}^{-1}$) e Dipel WG® (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, $60 \text{ g p. c.} / 100 \text{ L}^{-1}$).

Dose	Lannate ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-1}$)	Brilhante ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-2}$)	Premio ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-1}$)	Dipel WG ($\text{g}/100 \text{ mL}^{-1}$)
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	100	100	7,5	0,06
2.0	200	200	15	0,12
4.0	400	400	30	0,24
6.0	600	600	45	0,36
8.0	800	800	60	0,48
10.0	1.000	1.000	75	0,60

Fonte: Jose Gomes, 2018

Resultados

O modelo de análise Probit se adequou para os resultados de mortalidade obtidos através dos testes de dose-mortalidade para os inseticidas Dipel (*Bacillus thuringiensis*) e Premio (Chlorantraniliprole) ($P < 0,05$) em todas as populações testadas (Tabela 3 e 4). Entretanto, houve apenas adequação do modelo Probit para as populações de Recife - PE e Viçosa - MG, quando avaliada a resposta da dose-mortalidade para o inseticida Metilcarbamato de oxina ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Os resultados obtidos nos testes de dose-mortalidade para o inseticida chlorantraniliprole (Tabela 3) demonstraram variação na dose letal que causou 50% da mortalidade, sendo a de menor valor observada para a população de Viçosa - MG ($0,00575 \text{ mL p.c. L}^{-1}$) e a de maior valor para a população de Camocim de São Félix - PE ($1,85438 \text{ mL p.c. L}^{-1}$). Verificou-se também que a população de Camocim de São Félix apresentou a maior razão de resistência ($RR = 322,50$ vezes) e a população de laboratório de Recife - PE também apresentou ser resistente ($RR = 68,61$ vezes) quando comparada a população de Viçosa - MG. Apesar da população do Recife - PE ser considerada padrão de suscetibilidade, foi percebido que esta precisou de 5,26 vezes mais inseticida para causar 50% da mortalidade de seus indivíduos do que a dose recomendada pelo fabricante ($0,075 \text{ mL p.c. L}^{-1}$). Quanto ao valor da DL_{95} , verificou-se que estes variaram de $0,4950 \text{ mL p.c. L}^{-1}$ (Viçosa - MG) (mais de seis vezes a dose recomendada pelo fabricante) a $4,058 \text{ mL p.c. L}^{-1}$ (Camocim de São Félix - PE) (mais de 54 vezes a dose recomendada pelo fabricante).

Para os resultados dos testes de dose-mortalidade com o inseticida Dipel (*B. thuringiensis*) (Tabela 4), verificou-se que a DL_{50} , de maior valor foi observada para a população de Camocim de São Félix ($2,16 \text{ g p.c.L}^{-1}$), sendo necessário o uso de 3,60 vezes mais inseticida do que o valor recomendado ($0,6 \text{ g p.c.L}^{-1}$) pelo fabricante para causar mortalidade de 50% da população. Quanto aos valores das DL_{95} s, se constatou que a população de Camocim de São Félix ($11,84 \text{ g p.c.L}^{-1}$) apresentou a necessidade de se usar uma maior quantidade de inseticida para causar a mortalidade de 95% dos indivíduos, sendo esta de 19,73 vezes, seguida da população de Venda Nova do Imigrante ($10,02 \text{ g p.c.L}^{-1}$), onde o recomendado seria a dose de $0,6 \text{ g p.c. L}^{-1}$.

As populações de Viçosa - MG (5,19 g p.c.L⁻¹), Recife - PE (3,13 g p.c.L⁻¹) e Bezerros - PE (5,10 g p.c.L⁻¹), apresentaram os menores valores de DL₉₅, entretanto, todos os valores se apresentaram acima do recomendado para o inseticida. Avaliando as razões de resistência para o inseticida Dipel, verificou-se que a população de Camocim de São Félix apresentou a maior RR (4,62 vezes) e Viçosa-MG a de menor (1,21 vezes) quando comparadas a população de Recife – PE (Tabela 4).

Para o inseticida Metilcarbamato de oxina, verificou-se apenas adequação do modelo Probit para as populações padrão de suscetibilidade ($P < 0,005$), sendo percebido valores de DL₅₀ de 3,19 mL p.c.L⁻¹ para a população de Viçosa - MG, e de 8,34 mL do p.c. L⁻¹ para a população de Recife – PE (Tabela 5). Apesar do menor valor de DL₅₀ ter sido verificado para a população de Viçosa-MG, esta apresentou a necessidade de se utilizar 2,19 vezes mais inseticida do que o recomendado pelo fabricante (1,0 mL p.c. L⁻¹). Em relação às razões de resistência, a população de Recife - PE, foi 2,61 vezes mais resistente ao inseticida Metilcarbamato de oxina quando comparada a população de Viçosa - MG. No tocante as DL₉₅s, foi observado que a população de Recife - PE apresentou o maior valor (18,50 mL p.c. L⁻¹), sendo este valor 17,5 vezes o recomendado.

Na perspectiva de verificar diferenças significativas para os dados de mortalidade para o inseticida metilcarbamato de oxina das populações para a qual o modelo Probit não se adequou, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e comparação de média para os resultados de mortalidade obtidos, sendo verificado efeito significativo sobre a mortalidade das populações ($p < 0,05$). Foi observado que a população de Viçosa-MG, apresentou a maior média de indivíduos mortos (7,21 indivíduos) quando submetida ao inseticida metilcarbamato, sendo esta população estatisticamente superior às demais populações. As populações de Sairé – PE (1,75 indivíduos) e Lajedo - PE (1,21 indivíduos), não apresentaram diferença estatística entre si, entretanto diferiram das demais populações testadas. As populações de Camocim de São Félix – PE (0,43 indivíduos) e Bezerros (2,54 indivíduos) foram estatisticamente diferentes entre si, e entre as demais populações (Tabela 6). A população de Camocim de São Félix apresentou média de mortalidade estatisticamente inferior a todas as demais populações quando analisado pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância (Tabela 6).

Discussão

A utilização dos inseticidas sintéticos permanece como uma ferramenta primária para o controle da traça-das-crucíferas. Todavia, o surgimento de populações resistentes torna-se um importante fator que influencia diretamente nas estratégias do manejo desta praga (JIANG, et.al., 2011; ZHANG, et.al., 2016). As populações da praga da região do Agreste de Pernambuco e do Sudeste do Brasil testadas neste trabalho demonstraram altos níveis de resistência para o chlorantraniliprole, como observado para a população de Camocim de São Félix.

Não diferente dos resultados verificado neste trabalho, Ribeiro, et.al., (2014), constataram que populações da traça-das-crucíferas da região do Nordeste do Brasil já apresentavam elevados níveis de resistência para o inseticida, e apesar de pertencer a um grupo químico de inseticida relativamente novo as Diamidas antranílicas (CORDOVA, et.al., 2006), vários relatos de resistência são observados em diferentes regiões do mundo, como nas Filipinas, Tailândia, Brasil, Índia, Estados Unidos, Japão, Coreia e Vietnã (TROCZKA, et.al., 2012; RIBEIRO, et.al., 2014; STEINBACH, et.al., 2015).

Introduzido na China no ano de 2008, a frequente utilização dos inseticidas diamidas contribuiu para o aparecimento de populações da praga com variados níveis de resistência ao longo dos anos como verificado por Zhang, et.al., (2016), onde populações de traça-das-crucíferas apresentaram baixo nível de resistência no ano de 2013 e passaram a apresentar médio nível de resistência no ano seguinte para o inseticida chlorantraniliprole. Diversos casos de resistência também foram relatados em províncias chinesas (ZHOU, et.al., 2013) na província Inner Mangolia (2011 – 2013), e por Zhang, et.al., (2011) nas províncias de Hangzhou e Zhejiang (2010 – 2012).

O aumento no número de relatos de resistência para o inseticida chlorantraniliprole, assim como para outros inseticidas são dependentes de fatores bioecológicos da praga, como: alta plasticidade genética, alta fecundidade, mais de 20 gerações por ano e curto ciclo de vida, (TALEKAR E SHELTON, 1993). Entretanto, as condições tropicais como altas temperaturas e baixa umidade relativa favorecem surtos populacionais da praga, contribuindo para as excessivas pulverizações de inseticidas nas áreas produtoras (GUO e QUIN, 2010; MARCHIORO e FOERSTER, 2011).

Além dos fatores bioecológicos intrínsecos a praga, as atividades operacionais conduzidas nas áreas de produção influenciam diretamente na velocidade do processo de pressão de seleção, uma vez que é frequente o escalonamento de plantio, uso de variedades suscetíveis, o controle por calendário além do excesso confiança sobre a eficácia do inseticida, conduzindo desta maneira os agricultores a não rotação de ingredientes ativos e a utilização por um período de tempo ininterrupto do mesmo produto (CASTELO - BRANCO e MELO, 2002; SILVA, et.al., 2012). Quando verificadas falhas no seu controle, aumentos na dosagem do inseticida e aplicações frequentes (até três vezes por semana) são comuns (OLIVEIRA, et.al., 2011).

Verificou-se em nosso estudo que as populações Camocim de São Félix, Bezerros e Sairé apresentaram os maiores níveis de resistência para o inseticida Chlorantraniliprole (Tabela 3). Todavia, estes resultados não nos surpreenderam, já que Silva, et.al., (2012), verificaram a evolução e o aparecimento de populações traça-das-crucíferas resistentes ao inseticida Chlorantraniliprole após a sua recente liberação no Brasil, em especial as populações da praga originárias da região Centro-Oeste do Estado de Pernambuco.

Na tentativa de entender o desenvolvimento de populações resistentes ao inseticida chlorantraniliprole Hu, et.al., (2014), conduziram estudos em laboratório e verificaram que apenas 10 gerações da praga tratadas com o inseticida seriam suficientes para o desenvolvimento de razões de resistência de até 88 vezes. Sparks, et.al., (2012), Zhao, et.al., (2006), reiteram que o uso do inseticida por um curto período de tempo, associado à rápida capacidade de desenvolvimento de resistência pela traça-das-crucíferas, conduziriam populações da praga a altos níveis de resistência, maiores até mesmo dos observados em condições de laboratório, onde a pressão de seleção é muito menor do que as observadas nas condições campo. Tal pressão de seleção acontece no Agreste pernambucano onde por falta de assistência técnica adequada, práticas de manejo, visando retardar ou impedir o aparecimento do fenômeno da resistência são adotadas.

Além dos fatores bioecológicos e operacionais que cooperam para o aparecimento de indivíduos resistentes, alterações nos sites de ação dos inseticidas do grupo químico diamidas antranílicas favorecem o aparecimento de indivíduos com altos níveis de resistências, Troczka, et.al., (2017), constataram mutações isoladas nos

fragmento de sequenciamento C-terminal dos receptores de rianodina, o que contribui total e ou parcialmente para o aparecimento de indivíduos de traça-das-crucíferas resistentes.

Embora não tenha sido avaliado no presente estudo, diversos trabalhos relatam a associação de pontos de mutação como fator chave no desencadeamento de populações resistentes ao inseticida chlorantraniliprole na China (LI, et.al., 2015), dentre estes, o trabalho realizado por Hu et al., (2012) com populações de traça-das-crucíferas da província de Guangdong verificaram pontos de mutação (G4946E) nos receptores de rianodina o qual esteve correlacionado com a resistência para chlorantraniliprole. Além destes pontos de mutação, genes associados às enzimas detoxificadoras são responsáveis por vários mecanismos diferentes que codificam resistência para as populações de traça-das-crucíferas (LI, et.al., 2013).

Na perspectiva de se verificar o aparecimento de indivíduos resistentes aos inseticidas *Bts*, nós avaliamos a eficácia do inseticida biológico Dipel, e constatamos que as populações de traça-das-crucíferas originárias da região do Agreste de Pernambuco apresentaram os maiores valores de DL_{50} que variaram de 0,86 (Bezerros) a 2,16 g p.c L^{-1} (Camocim de São Félix). Não diferente dos nossos resultados, Zago, et.al., (2014), observaram redução da suscetibilidade de populações brasileira de traça-das-crucíferas para os inseticidas a base de *B. thuringiensis* (Dipel® e Xentari®).

Lançados no mercado como alternativa aos inseticidas convencionais e principalmente como medida de controle de espécies de insetos que desenvolveram resistência para os inseticidas convencionais, os inseticidas *Bts* tornaram-se uma importante ferramenta no controle das pragas por serem menos tóxicos às pessoas, ao ambiente e aos insetos benéficos (SHELTON, et.al., 1993; TABASHNIK, et.al., 1994; HERRERO, et.al., 2001).

Não diferente dos inseticidas convencionais, os inseticidas *Bts* também tiveram sua eficiência acometida pelo aparecimento de indivíduos resistentes e o registro foi observado em população traça-das-crucíferas em condição de laboratório (TABASHNIK, et.al., 1990; HERNÁNDEZ – RODRÍGUEZ et al., 2012; MELO et al., 2014). Todavia, o primeiro caso de população de campo resistente aos inseticidas *Bts* foi verificado no Havaí para a traça-das-crucíferas e desde então diversos casos de

resistência vem sendo relatados em diversos lugares como na América do Norte (Flórida, Havaí e Nova York), América Central (Costa Rica, Guatemala, Honduras e Nicarágua), Ásia (China, Japão, Malásia, Filipinas e Tailândia) (TABASHNIK, et.al., 1990 e 1998; PEREZ e SHELTON, 1997; SARFRAZ e KEDDIE, 2005).

Na China Central, populações de traça-das-crucíferas tratadas por mais de 30 anos com os inseticidas a base de *B. thuringiensis* apresentaram níveis extremamente altos de resistência, fato este justificado pela proximidade a Academia de Ciências Agrárias de Hubei que desenvolveram os inseticidas e que facilitava sobremaneira a sua utilização (XIA, et.al., 2014). No entanto, populações de traça-das-crucíferas provenientes das províncias de Yuenyang, Louyang, Yichang e Wuxu na China, apresentaram variação nos níveis de resistência para os inseticidas *Bts*, sendo estes associados às variações genéticas constitutivas das populações, assim como as variações geográficas de cada província (ZHANG, et.al., 2016).

Mohan e Gujar, (2002), também verificaram diferenças na suscetibilidade de populações indianas de traça-das-crucíferas ao inseticida *Bt* (var. *kurstaki*), sugerindo estas variações na suscetibilidade das populações da praga tanto as diferenças geográficas como também a sua constituição genética. Jiang, et.al., (2015), também encontraram resultados semelhantes em populações chinesas da traça-das-crucíferas para o inseticida *Bt* (var. *kurstaki*), atribuindo as variações dos níveis de resistência as diferentes formulações dos inseticidas utilizados em cada região, assim como as diferentes variedades de *B.s thuringiensis* (*kurstaki* e/ou *aizawai*) que produzem proteínas Cry diferentes e com distintos sítios de ligações no intestino médio das larvas.

Zago, et.al., (2014), verificaram que populações brasileiras da praga responderam diferentemente em sua suscetibilidade quando tratadas com os inseticidas Dipel® (var. *kurstaki*) e Xentari® (var. *aizawai*), sendo verificados os maiores níveis de resistência para o inseticida Xentari. O autor levanta a hipótese de que esta variação na suscetibilidade ocorreu devido a maior frequência de uso do inseticida Xentari associado ao seu modo de ação mais uniforme nos sítios de ligações no intestino médio das larvas, além do que o inseticida Xentari® apresenta apenas um tipo de proteína Cry quando comparado com o inseticida Dipel®.

As reduções nos sítios de ligação das proteínas Cry no intestino médio das larvas são consideradas o principal mecanismo de resistência para os inseticidas *Bts* (TABASHNIK, et.al., 1994; PARDO, et.al., 2015), no entanto, vários outros mecanismos bioquímicos encontrados nos insetos cooperam para o aparecimento da resistência (HECKEL et al., 2007), desde mutações em genes que codificam os receptores cadherin (GAHAN, et.al., 2001), até alterações dos sítios de ligações das proteínas Cry que afetam a expressão e/ou mudança dos receptores putativos das pragas (HERRERO et al., 2005; VALAITIS, 2008).

Além da constatação da evolução dos níveis de resistência para os inseticidas *Bts* e chlorantraniliprole, nosso estudo também verificou que as populações de traça-das-crucíferas da região do Agreste de Pernambuco estão altamente resistentes ao inseticida Metilcarbamato de oxina, não sendo possível determinar os valores de DL_{50} e/ou DL_{95} para estas. Resultando semelhantes foram encontrados por Liu, et.al., (1982) em populações de traça-das-crucíferas provenientes das ilhas de Ban-Chau e Pen-Hu na Tailândia, as quais apresentaram altos níveis de resistência para o inseticida Metomil, chegando este a ser considerado inútil para o controle da praga (LIU, et.al., 1982).

Estudando populações de traça-das-crucíferas da região do Agreste de Pernambuco, Santos, et.al., (2011), verificaram baixos níveis de resistência para o inseticida metilcarbamato de oxina, todavia, o autor já alertava para a evolução da resistência uma vez que este era utilizado com maior frequência durante as safras de brassícas e outras olerícolas no Estado. A resistência ao inseticida registrada no presente estudo, se explica provavelmente pelo aumento da frequência de pulverizações. Embora o fabricante recomende no máximo três pulverizações por ciclo de cultivo, não é raro observar três pulverizações semanais do produto nas lavouras. Castelo Branco e Melo (2002), ilustram bem a situação ao mostrar que populações de traça-das-crucíferas provenientes da região do Distrito Federal apresentaram razão de resistência de até 7,1 vezes para o inseticida Cartap, os autores sugerem que a frequência de uso do inseticida contribuiu para o aparecimento de indivíduos resistentes.

Mohan E Gujar, (2003), verificaram que populações indianas de traça-das-crucíferas provenientes das aldeias de T.K. Pudur, Kavariammappatti, Thangachiammapatti, A.G. Pudur e Attur apresentaram níveis de moderado a alto de resistência para o inseticida Cartap, associando esta fato as variações das doses do

inseticida, a frequência de aplicação, a utilização de vários inseticidas em misturas de tanque, além do fluxo gênico das populações da praga entre as localidades estudadas (CAPRIO E TABASHNIK, 1992), que contribui sobremaneira para a variação da suscetibilidade entre as diferentes localidades estudadas.

Yu e Nguyen (1982), avaliando a suscetibilidade da população da traça-das-crucíferas de Hastings na Flórida – USA, verificaram que esta população apresentou resistência para diversos grupos de inseticidas convencionais e dentre estes foram observado altos níveis de resistência para os inseticidas do grupo Carbamato (Metomil: 409 vezes e Carbofuran: 504 vezes), os autores também verificaram baixa atividade da enzima acetilcolinesterase, associando-a a insensibilidade da enzima a resistência aos inseticidas do grupo Carbamatos e organofosforados testados.

O processo de evolução da resistência a inseticidas são acomodados e relacionados a um conjunto de fatores bioecológicos, operacionais e genéticos (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977). Todavia, a prática de sobreuso dos inseticidas realizadas pelos agricultores desponta como fator chave no processo de desenvolvimento da evolução da resistência (PÉREZ et al., 2000; PERRY et al., 2011). Além desta, as práticas associadas ao estabelecimento de cultivo durante todo o ano contribuem para a manutenção de indivíduos resistentes devido à disponibilidade de alimento e hospedeiro (SANTOS et al., 2011). Ademais dos fatos citados, as características biológicas da traça-das-crucíferas como alta plasticidade genética, o curto período de vida e mais de 20 gerações por ano (TALEKAR; SHELTON, 1993; LI et al., 2015), faz-se condições ideais para surtos da praga associadas aos altos níveis de resistência.

O nosso estudo demonstrou que as populações de traça-das-crucíferas do Estado de Pernambuco e as duas populações da Sudeste brasileiro apresentaram níveis variados de resistência para os inseticidas. Tais resultados reforçam a necessidade de se rever as recomendações de doses e formas de aplicações num extenso território como o Brasil sem levar em consideração as migrações populacionais e a diversidade genética entre populações. O aumento nos níveis de resistência ao longo dos anos evidência uma problemática, necessitando da utilização de inseticidas mais efetivos e/ou a adoção de medidas práticas de manejo que contribuam para a manutenção de sua eficácia. Práticas de manejo como: a rotação de ingrediente ativo, medidas culturais e o uso correto dos

inseticidas deverão ter abordagens técnicas que venham auxiliar na redução ou retardamento do processo de evolução da resistência no Estado de Pernambuco para fim de se obter bom desempenho da eficiência de controle dos inseticidas sobre a traça-das-crucíferas.

Tabela -3 Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida Premio® (Chlorantraniliprole).

População	N	Coefficiente angular ± EP	DL ₅₀ (IC 95%) mL L ⁻¹	DL ₉₅ (IC 95%) mL L ⁻¹	RR (IC 95%)	χ ²	P
Viçosa	1120	6,0183 ± 1,1128	0,00575 (-0,10527 – 0,07206)	0,49500 (0,38890 – 0,7817)	--	29,25	0,001
Recife	1120	2,5709 ± 0,5409	0,39451 (0,28755 – 0,52542)	1,53980 (1,17144 – 2,41052)	68,61	22,59	0,001
Bezerros	960	4,2313 ± 0,7662	0,69634 (0,59146 – 0,89531)	1,39221 (1,11731 – 1,96782)	121,10	30,49	0,001
Camocim de São Félix	1120	1,3337 ± 0,4775	1,85438 (1,23493 – 5,40461)	4,05888 (2,53520 – 12,95766)	322,50	7,82	0,0052
Lajedo	1120	1,6453 ± 0,5056	0,65499 (0,48085 – 1,18228)	2,44508 (1,64955 – 5,70791)	113,91	10,59	0,0011
Sairé	2240	2,9233 ± 0,3833	0,72651 (0,63964 – 0,85761)	1,73373 (1,45727 -2,19850)	126,349	58,18	0,001
Venda Nv. Do Imigrante	1120	2,3548 ± 0,4598	0,60608 (0,49606 – 0,79847)	1,85649 (1,43391 – 2,80176)	105,40	26,23	0,001

N = Número total de insetos; EP = Erro padrão da estimativa; DL₅₀ (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 50 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; DL₉₅ (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 95 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; RR (IC 95 %) = Razão de resistência calculada dividindo-se a DL₅₀ da população em estudo pela DL₅₀ da população padrão de susceptibilidade e intervalos de confiança a 95 % de probabilidade; χ² = Qui-quadrado; p = Significância do teste.

Tabela -4 Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida Dipel® (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*).

População	N	Coefficiente angular ± EP	DL ₅₀ (IC 95%) mg L ⁻¹	DL ₉₅ (IC 95%) mg L ⁻¹	RR (IC 95%)	χ ²	P
Recife	1120	0,7629 ± 0,1699	- 0,4675 (-1,8218 – 0,1825)	3,1391 (2,3632 – 4,8802)		20,29	0,001
Viçosa	1120	0,6369 ± 0,1266	0,5693 (-0,4172 – 1,1930)	5,1921 (4,0411 – 7,6770)	1,21	25,33	0,001
Bezerros	960	0,6943 ± 0,1111	0,8649 (0,2947 – 1,3011)	5,1057 (4,1143 - 6,8819)	1,85	39,04	0,001
Camocim de São Félix	1120	1,3337 ± 0,0721	2,1611 (0,9760 – 3,1423)	11,8476 (8,7663 – 20,2175)	4,62	17,78	0,001
Lajedo	840	0,53238 ± 0,1089	0,9941 (-0,1047 – 1,7161)	6,6158 (5,1097 – 10,0637)	2,12	23,15	0,001
Sairé	2240	0,5262 ± 0,0658	1,2130 (0,6742 – 1,6530)	6,8091 (5,7774 – 8,4655)	2,59	63,97	0,001
Venda Nv. Do Imigrante	840	0,3176 ± 0,1099	0,7594 (- 3,2842 – 2,0958)	10,0290 (6,6984 – 27,3417)	1,62	8,35	0,0038

N = Número total de insetos; EP = Erro padrão da estimativa; DL₅₀ (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 50 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; DL₉₅ (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 95 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; RR (IC 95 %) = Razão de resistência calculada dividindo-se a DL₅₀ da população em estudo pela DL₅₀ da população padrão de susceptibilidade e intervalos de confiança a 95 % de probabilidade; χ² = Qui-quadrado; p = Significância do teste.

Tabela -5: Suscetibilidade das populações de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida Lannate® (Metilcarbamato de oxina).

População	N	Coefficiente angular ± EP	DL 50 (IC 95%) mL L ⁻¹	DL 95 (IC 95%) mL L ⁻¹	RR (IC 95%)	χ^2	P
Viçosa	1120	0,3391 ± 0,0386	3,1981 (2,4683 – 3,8779)	11,8815 (10,2435 – 14,4090)		77,11	0,001
Recife	1120	0,2899 ± 0,0367	8,3457 (7,4233 – 9,6212)	18,5032 (15,8314 – 22,9067)	2,61	62,27	0,001

N = Número total de insetos; EP = Erro padrão da estimativa; DL50 (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 50 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; DL95 (IC 95 %) = Dose letal capaz de causar morte de 95 % dos indivíduos expostos e intervalo de confiança a 95 % de probabilidade; RR (IC 95 %) = Razão de resistência calculada dividindo-se a DL50 da população em estudo pela DL50 da população padrão de susceptibilidade e intervalos de confiança a 95 % de probabilidade; χ^2 = Qui-quadrado; p = Significância do teste.

Tabela -6 Média da mortalidade das populações de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) para o inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Mortalidade transformada ± DP	Mortalidade ± DP
Viçosa – MG	1,37 ± 0,23 a	7,21 ± 2,44 a
Recife – PE	0,97 ± 0,36 b	3,79 ± 2,93 b
Camocim – PE	0,46 ± 0,15 e	0,43 ± 0,62 e
Lajedo – PE	0,63 ± 0,19 d	1,21 ± 0,94 d
Sairé – PE	0,70 ± 0,27 d	1,75 ± 1,65 d
Bezerros - PE	0,84 ± 0,22 c	2,54 ± 1,43 c
Cv (%)	31,09	69,24

DP = Desvio padrão da média; CV = Coeficiente de variação; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não difere estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

4. CAPÍTULO II: RESISTÊNCIA COMPORTAMENTAL DE POPULAÇÕES DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS *PLUTELLA XYLOSTELLA* (L.) (LEPIDOPTERA PLUTELLIDAE) PARA OS INSETICIDAS METILCARBAMATO DE OXINA E CHLORANTRANILIPROLE².

Resumo

A traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*, L.), considerada como praga chave das brassícas no mundo, tem como principal método de controle o uso de inseticidas. O uso intensivo desta tática tem resultado em falhas de controle. Vários mecanismos são responsáveis pelo insucesso do controle. Dentre estes mecanismos, o desenvolvimento de habilidades comportamentais contribui para que os insetos evitem e evadam-se de áreas tratadas com os inseticidas comprometendo a eficácia de controle. O presente trabalho teve por objetivo averiguar possíveis alterações comportamentais de populações de traça-das-crucíferas quando expostas a áreas tratadas com os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole. Populações de *P. xylostella* provenientes dos municípios de Camocim de São Félix – PE, Sairé – PE, Lajedo – PE e duas populações de laboratório (Recife – PE e Viçosa – MG) foram expostas a resíduos secos dos inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole, e estas tiveram os parâmetros comportamentais (Caminhamento total; Tempo de caminhada, Velocidade Média, Número de Paradas e Tempo de Repouso) analisados através do sistema de Vídeo Tracking ViewPoint. Em relação ao inseticida chlorantraniliprole, as populações de Sairé – PE e Camocim de São Félix – PE apresentaram aumento na distância de caminhada com o aumento das doses. Para o tempo de caminhada, as populações de Sairé – PE, Camocim de São Félix - PE e Viçosa – MG, demonstram comportamento de irritabilidade, aumentando desta maneira este tempo. A população de Recife teve uma resposta contrária, reduzindo o tempo de caminhada. Em relação ao parâmetro velocidade média de caminhada, as populações de Camocim de São Félix – PE, Recife – PE e Viçosa – MG, apresentaram aumento nos valores, diferentemente da população de Sairé – PE que reduziu este comportamento. A população de Recife - PE apresentou diferença significativa para o número médio de paradas, sendo verificado aumento no valor médio com o aumento das doses do inseticida. Para a variável do tempo médio de repouso, foram verificados os maiores valores no tratamento controle para as populações de Camocim de São Félix – PE, Sairé – PE e Viçosa – MG. Na resposta ao inseticida metilcarbamato de oxina, verificou-se para o tempo de caminhada, que as populações de Sairé – PE, Camocim de São Félix – PE e Viçosa – MG, apresentaram aumento no tempo de caminhada em todas as doses testadas do inseticida. Apenas a população do Recife – PE demonstrou aumento da velocidade média de caminhada quando exposta as áreas tratadas. Resultados contrários foram observados para as demais populações. Para o parâmetro do tempo médio de Repouso foi observado aumento do valor para população de Recife – PE, para as áreas tratadas. Contudo, verificou-se que todas as populações da praga apresentam alterações comportamentais, e estas alterações podem resultar num comportamento de fuga, diminuindo desta maneira a eficácia de controle desempenhada pelos inseticidas.

Palavras chaves: sobrevivência; comportamento; falhas de controle

² A ser submetido para publicação.

Abstract

The diamondback moth (*Plutella xylostella*, L.), considered as a key pest of brassica in the world, has as its main method of control the use of insecticides. The intensive use of this tactic has resulted in control failures. Several mechanisms are responsible for control failure. Among these mechanisms, the development of behavioral abilities contributes to insects avoiding and avoiding areas treated with insecticides compromising control efficacy. The present work had as objective to investigate possible behavioral alterations of diamondback moth populations when exposed to areas treated with the insecticides methylcarbamate of oxine and chlorantraniliprole. Populations of *P. xylostella* from the municipalities of Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE, Lajedo - PE and two laboratory populations (Recife - PE and Viçosa - MG) were exposed to dry residues of the insecticides methylcarbamate oxine and chlorantraniliprole, and these had the behavioral parameters (Total Trek, Walking Time, Average Speed, Number of Stops and Rest Time) analyzed through the ViewPoint Video Tracking system. In relation to the chlorantraniliprole insecticide, the populations of Sairé - PE and Camocim de São Félix - PE showed an increase in walking distance with increasing doses. For the walking time, the populations of Sairé - PE, Camocim de São Félix - PE and Viçosa - MG, show irritability behavior, increasing in this way this time. The population of Recife had a contrary response, reducing the walking time. In relation to the average speed of walking, the populations of Camocim de São Félix - PE, Recife - PE and Viçosa - MG, showed an increase in values, unlike the population of Sairé - PE, which reduced this behavior. The population of Recife - PE presented significant difference for the average number of stops, being verified increase in the average value with the increase of the doses of the insecticide. For the variable of mean rest time, the highest values in the control treatment for the populations of Camocim de São Félix - PE, Sairé - PE and Viçosa - MG were verified. In the response to the methylcarbamate oxine insecticide, the populations of Sairé - PE, Camocim de São Félix - PE and Viçosa - MG, showed an increase in the walking time in all tested doses of the insecticide. Only the population of Recife - PE showed an increase in average walking speed when exposed to the treated areas. Contrary results were observed for the other populations. For the parameter of the mean rest time, it was observed an increase in the value for the population of Recife - PE, for the treated areas. However, all populations of the pest have been found to exhibit behavioral changes, and these changes may result in fugitive behavior, thereby diminishing the insecticide control effectiveness.

Key words: survival; behavior; control failures

Introdução

A traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* é considerada praga chave nos cultivos de brassícas e são responsáveis pelas maiores perdas econômicas acometidas a esta cultura em todo o mundo (TALEKAR; SHELTON, 1994; VOICE; CHAPMAN, 200). No Brasil sua ocorrência é constatada durante todo o ano, dada às condições climáticas que favorecem o seu desenvolvimento (CASTELO BRANCO; AMARAL, 2002; SARFRAZ et al., 2005).

Vários fatores são responsáveis pelos surtos populacionais da traça das crucíferas, como: o escalonamento de plantios, e o cultivo simultâneo de crucíferas são os principais fatores (BARROS; VENDRAMIM, 1999). Entretanto, características biológicas como curto ciclo de vida, alta capacidade migratória e o alto potencial biótico contribuem para seu alto impacto de dano sobre os cultivos dos vegetais pertencentes à família Brassicacea (ZAGO et al., 2014; LI et al., 2015).

Dada à alta capacidade de destruição da *P. xylostella*, os agricultores fazem uso do método de controle químico, devido a sua praticidade, facilidade de uso e resultado imediato (CASTELO BRANCO; MELO, 2002; VILAS BOAS et al., 2004). Todavia, nos últimos anos vem sendo observado excesso no uso dos inseticidas, caracterizados pela sua aplicação intensa podendo sendo verificadas até quatro aplicações semanais e mais de 20 durante o ciclo do cultivo de brassíca (PÉREZ et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2011). O excesso destas aplicações vem contribuindo para a intoxicação dos agricultores, detecção de altos níveis de resíduos de inseticidas nos alimentos, poluição do ambiente agrícola e seleção de populações resistentes da praga (GOULD, 2018; MULLER, 2018).

Considerada como potencial fenômeno responsável pelas falhas no controle das pragas, a resistência a inseticidas é uma das principais preocupações quanto à utilização e o manejo racional do uso dos inseticidas (TUELHER et al., 2018), e esta pode ser causada pela redução da taxa de penetração dos inseticidas, aumentos da atividade de enzimas detoxificadoras, insensibilização parcial ou total dos sítios de ação ou alterações ocasionadas nos padrões de comportamento dos insetos que reduz a sua exposição aos inseticidas (GEORGHIOU, 1972).

A resistência comportamental é definida como a capacidade que o inseto teria em detectar ou reconhecer um perigo e evadir-se ou evitar o local tratado com a toxina letal (NANSEN et al., 2016; ZALUCKI; FURLONG, 2017; IRAC, 2017). Esta forma de resistência é causada pelos efeitos irritantes e repelentes dos inseticidas sobre indivíduos fisiologicamente sensíveis, os quais alteram o seu comportamento para evitar se expor a áreas tratadas (HAYNES et al., 1998). Segundo Georghiou e Taylor (1997), o comportamento de uma determinada praga sobre uma superfície tratada com inseticida é um fator biológico que pode influenciar na seleção de indivíduos resistentes.

As mudanças no comportamento dos insetos, como, diminuição do caminhar sobre áreas tratadas induzidas pelos inseticidas, tornam-se uma preocupação, uma vez que estes diminuirão o contato com o ingrediente ativo do pesticida e conseqüentemente reduzirá a sua absorção causando assim a redução da eficácia dos inseticidas (GUEDES et al. 2011). Todavia, o presente trabalho teve por objetivo averiguar possíveis alterações comportamentais de populações de traça-das-crucíferas quando expostas a áreas tratadas com os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole que agem no inseto por contato e ingestão.

Material e métodos

Insetos

Cinco populações de *P. xylostella* foram usadas para realização dos bioensaios de resposta comportamental, sendo três destas oriundas de áreas de cultivo de couve e repolho dos municípios de Sairé - PE, Camocim de São Félix - PE, Lajedo - PE e duas populações padrão de suscetibilidade, cedidas pelos departamentos de entomologia da UFRPE e UFV. Mais de 200 larvas e pupas foram coletadas e levadas ao Laboratório de Entomologia Aplicada UFRPE-UAG (Tabela 1), onde estas foram criadas segundo a metodologia descrita por Barros e Vendramim (1999) (Figura 1).

Tabela -01 Localização, data de coleta, plantas hospedeiras e estágio de desenvolvimento.

População	Hospedeiro	Estágio
Sairé - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Camocim de São Félix - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Bezerros - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa
Venda Nova do Emigrante - ES	Couve/Campo	Larva/Pupa
Recife - PE	Couve	Larva/Pupa
Viçosa - MG	Couve	Larva/Pupa
Lajedo - PE	Couve/Campo	Larva/Pupa

Inseticidas

Os bioensaios foram realizados com os inseticidas chlorantranilprole (Premio® 200 g a.i./ L⁻¹ suspensão concentrada, DuPont do Brasil Ltda, Campinas, SP, Brasil), metilcarbamato de oxina (Lannate BR®, 215 g i. a./L⁻¹, concentrado solúvel, DuPont do Brasil, Barueri, SP, Brasil), este depois substituído pelo inseticida metilcarbamato de oxina (Brilhante BR®, 215 g i. a./L⁻¹, concentrado solúvel, Ouro Fino Química LTDA, Av. Filomena Cartafina, 22335 - Quadra 14 - lote 5 - Dist. Industrial III). Todos os inseticidas foram comprados em casas agrícolas das regiões de coleta.

Bioensaio comportamental

O bioensaio foi realizado com larvas de *P. xylostella* de terceiro ínstar em placa tratada com resíduo seco dos inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantranilprole nas concentrações de Zero, 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10 vezes a dose de campo recomendada (Tabela 2) (Figura D). Para confecções das arenas foram utilizadas placas de Petri (9 cm de diâmetro). Os discos de papel de filtro foram tratados com uma 1,0 mL da solução inseticida, para os discos controle aplicou-se apenas água destilada com o dispersante (Tween 80 a 0,001%). Após a completa secagem os papéis foram colados com cola branca (base de resina sintética e água) (Göller, China) no fundo da placa de Petri. Para evitar o escape das larvas as paredes internas das placas de Petri foram untadas com gel hidrossolúvel (Gel KY, Johnson & Johnson ®). Este sistema foi levado ao sistema Viewpoint® tracking (Figura E, F). A placa de Petri foi deixada sob a câmera de vídeo, onde o experimento foi gravado por 5 minutos. Antes de iniciar a

gravação, a larva foi colocada no centro da placa de Petri, e após um minuto iniciava-se o ensaio. O delineamento foi inteiramente casualizado com 18 repetições para cada população e para cada concentração. Cada repetição constituiu-se de um único inseto e a cada repetição, as larvas foram substituídas. Nestes ensaios os parâmetros comportamentais analisados foram: Distância do tempo de caminhada (DTC), Tempo de caminhada (TC), Tempo de Repouso (TR), Velocidade Média (VM) e Número de Paradas (NP) (Figura 1 G).

Tabela -02 Doses testadas para cada inseticida nos bioensaios comportamental. Lannate BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Brilhante BR® (Metomil, 100 mL-1 p.c / 100 L-1), Premio® (Cloroantraniliprole, 7,5 mL-1 p.c / 100 L-1).

Dose	Lannate ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-1}$)	Brilhante ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-2}$)	Premio ($\mu\text{L}/100 \text{ mL}^{-1}$)	Dipel WG ($\text{g}/100 \text{ mL}^{-1}$)
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	100	100	7,5	0,06
2.0	200	200	15	0,12
4.0	400	400	30	0,24
6.0	600	600	45	0,36
8.0	800	800	60	0,48
10.0	1.000	1.000	75	0,60

Fonte: Jose Gomes, 2018.

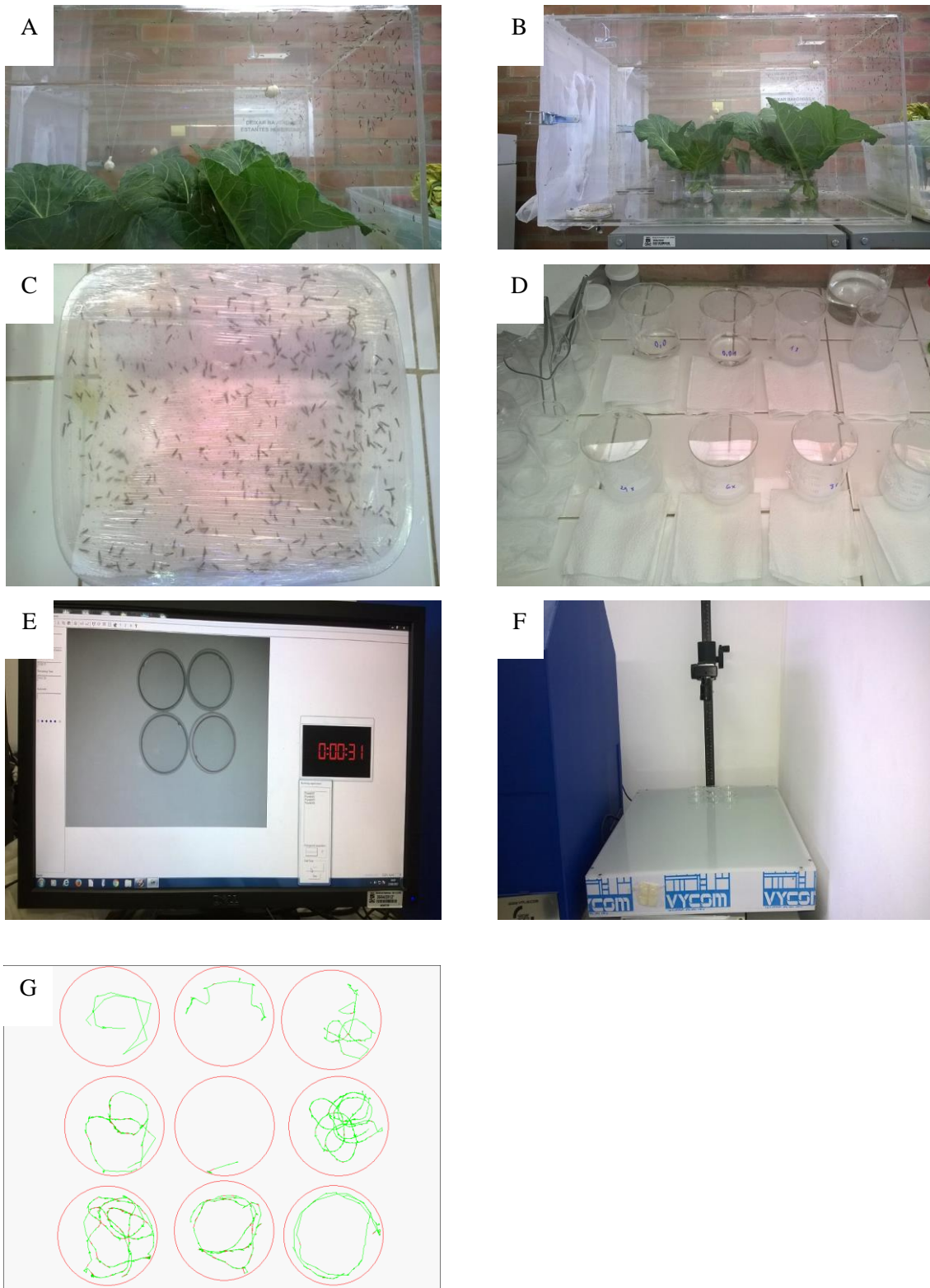


Figura 0-1 (A, B) Gaiolas de criação e oviposição dos insetos adultos, (C) Insetos adultos de traça-das-crucíferas (D) Solução inseticida e montagem das placas de Petri, (E) Sistema de monitoramento dos parâmetros comportamentais VideoTracking, (F) Equipamento de monitoramento dos parâmetros Comportamentais ViewPoint (Montreal, Canadá), (G) Imagem da distância de caminhada realizada pelas larvas de 3º instar de *Plutella xylostella* (Fonte: Gomes, 2018).

Os dados dos parâmetros comportamentais foram submetidos à normalidade e posteriormente e submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade com a finalidade de se verificar diferença mínima significativa entre as médias dos parâmetros comportamentais das doses testadas.

Resultados

Inseticida chlorantraniliprole

A distância de caminhamento das larvas da mesma população não foi influenciada pelas doses do inseticida, exceto para a população de Camocim de São Felix - PE onde foi observado um caminhamento maior das larvas quando em contato com o inseticida. Nota-se que sem o efeito do inseticida, as populações de laboratório e a população de Lajedo, percorreram uma distância de caminhamento maior que as demais (Tabela 3).

Em relação ao tempo de caminhamento, três padrões foram observados dentro de cada população estudada; 1) Aumento do tempo de caminhamento em relação á testemunha com o aumento das doses de inseticida (Sairé e Camocim de São Felix); 2) Tendência de redução do tempo de caminhamento com o aumento das doses (Recife – PE) e 3) Sem padrão claro (Lajedo – PE e Viçosa – MG). Foi observada interação significativa entre as populações de traça-das-crucíferas e as doses do inseticida. Os resultados demonstraram que as populações de *P. xylostella* não apresentaram diferença significativa quando submetidas a área tratada com o tratamento com 10 vezes a dose recomendada, no entanto, foi observado que as populações diferiram estatisticamente nas áreas tratadas com as demais doses do inseticida (Tabela 4).

Para o parâmetro velocidade média das larvas influenciada pelo inseticida, observa-se novamente três padrões dentro das populações; 1) Sem influência do inseticida (Lajedo – PE e Recife – PE); 2) Tendência de redução da velocidade influenciada pelo contato com o inseticida (Camocim de São Felix – PE e Sairé – PE) e 3) Sem padrão claro (Viçosa – MG) (Tabela 5). Os resultados também mostram interação significativa entre as populações de traça-das-crucíferas e as doses do inseticida para a variável velocidade média. O maior valor de velocidade média foi

verificado para a população de Sairé (1,82 cm s) e a menor para a população de laboratório de Viçosa – MG quando em contato com o inseticida (Tabela 5).

Na variável do número médio de parada foi verificada interação significativa entre as populações de traça-das-crucíferas e as doses do inseticida chlorantraniliprole estudadas. As maiores médias do número de parada foram observadas no tratamento controle para as populações de Viçosa – MG (596,88 vezes) e Sairé – PE (566,55 vezes), logo, diferiram das demais populações (Tabela 6). Avaliando o efeito das doses em cada população, não foi verificado efeito do inseticida para a variável do número médio de paradas (Lajedo – PE e Recife – PE), todavia, a população de Sairé - PE reduziu o número de parada (Sairé – PE). As populações de Viçosa – MG e Camocim de São Félix – PE não apresentaram padrão definido para a variável estudada (Tabela 6).

Para o tempo médio de repouso foi observada interação significativa entre as populações e as áreas tratadas com o inseticida chlorantraniliprole. Logo, observou-se que as populações apresentaram diferença significativa nas áreas estudadas, exceto, na área tratada com 10 vezes a dose recomendada (Tabela 7). Quando estudado os efeitos das doses nas populações, foram encontrados duas tendências, 1) redução do tempo médio de repouso (Sairé – PE), e 2) sem padrão definido para o tempo médio de repouso nas demais populações. As maiores médias do tempo de repouso foram encontradas para as populações de Sairé (178,88 s), Camocim de São Félix (174,14 s) e Viçosa (162,80 s) no tratamento controle (Tabela 7).

Inseticida metilcarbamato de oxina

Analisando os resultados da distância de caminhamento, foi verificada interação significativa entre as populações de traça-das-crucíferas e as doses do inseticida metilcarbamato de oxina empregado. Não se verificou diferença significativa entre as populações de *P. xylostella* na área controle e nas áreas tratadas com as doses 10,0 e 8,0 vezes o valor recomendado (Tabela 8), todavia, foi verificada diferença estatística para os demais tratamentos (Tabela 8). Ao verificar os efeitos das doses do inseticida nas populações de traça-das-crucíferas, foi observada diferença significativa entre o tratamento controle e as áreas tratadas, exceto a população de Recife (Tabela 8). Não foi verificado um padrão claro da distância de caminhamento para as populações estudadas. As populações de Sairé e Camocim de São Félix apresentaram diferença significativa,

todavia, as menores médias da distância de caminhada foram encontradas no tratamento controle (Tabela 8).

Os resultados do tempo de caminhada demonstraram interação significativa entre as doses do inseticida metilcarbamato de oxina e as populações da traça-das-crucíferas estudadas. As populações da praga apresentaram diferença significativa nas áreas estudadas, exceto no tratamento de 8,0 vezes o valor recomendado (Tabela 9). Foi encontrada a maior média do tempo de caminhada no tratamento controle para a população de laboratório do Recife, diferindo estatisticamente apenas da população de Viçosa (Tabela 9). Ao verificar o efeito das doses do inseticida em cada população, foi observado que as populações de Sairé e Viçosa apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, e aumentaram a média do tempo de caminhada nas áreas tratadas em relação à área controle (Tabela 9). As populações de Lajedo e Camocim de São Félix, não demonstraram padrão definido para a variável do tempo de caminhada (Tabela 9). Já população de Recife diferiu estatisticamente apenas na área tratada com 10 vezes o recomendado, contudo, foi verificada redução do tempo de caminhada nas doses em relação ao controle (Tabela 9).

Em relação à velocidade média das larvas foi verificada interação significativa entre as populações e as doses utilizadas. As populações da traça-das-crucíferas não apresentaram diferença significativa nas áreas tratadas com as doses 4,0; 6,0; 8,0 e 10 vezes o valor recomendado (Tabela 10). A população de laboratório do Recife apresentou o menor valor médio da velocidade no tratamento controle (0,90 cm s), diferindo estatisticamente das demais populações (Tabela 10). Quanto a influência das doses do inseticida em cada população foram encontrados três padrões, 1) a população de laboratório do Recife não apresentou influência das doses utilizadas, contudo, se verificou aumento da velocidade média de caminhada, 2) as populações de Camocim de São Félix e Sairé, diferiram significativamente entre as áreas tratadas e o controle, logo, foi verificada redução da velocidade média, e 3) as populações de Viçosa e Lajedo não apresentaram padrão definido para a variável, todavia, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e a área controle (Tabela 10).

As populações de traça-das-crucíferas não apresentaram diferença significativa para a variável do número médio de paradas nas áreas tratadas com as doses 4,0; 6,0 e 8,0 vezes o valor recomendado pelo fabricante (Tabela 11). Logo, foi observada

diferença estatística entre as populações para os demais tratamentos (Tabela 11). A população de Recife apresentou o menor valor médio para o número de parada (187,44) no tratamento controle, diferindo estatisticamente das demais populações (Tabela 11). As maiores médias do número de paradas foram encontrados no tratamento controle para as populações de Viçosa, Camocim de São Félix e Lajedo (Tabela 11).

Ao estudar os efeitos das doses do inseticida nas populações da praga, verificou-se diferença significativa entre o tratamento controle e as áreas tratadas com o inseticida, exceto para a população de Recife (Tabela 11), todavia é observado o aumento do número de parada nas áreas tratadas em relação à área controle (Tabela 11). As populações de Sairé, Lajedo, Camocim de São Félix e Viçosa apresentaram diferença significativa entre o controle e as áreas tratadas, no entanto, não foi verificada tendência padrão de redução ou aumento do número de paradas nas áreas tratadas com o inseticida (Tabela 11).

Para o parâmetro da média do tempo de repouso foi verificada interação significativa entre as populações de traça-das-crucíferas e as doses do inseticida. As populações de *P. xylostella* não demonstraram diferença significativa na área controle e na área tratada com oito vezes o valor recomendado (Tabela 12), todavia, a população de Recife apresentou as menores médias tempo de repouso, 41,11 e 85,87 s respectivamente. Ao analisar os efeitos das doses do inseticida para cada população, observou-se diferença significativa entre as áreas controle e as tratadas com o inseticida (Tabela 12) e foram observados dois padrões para o tempo de repouso, 1) a população do Recife apresentou aumento no tempo de repouso nas áreas tratadas com o inseticida em relação a área controle, e 2) as populações de Sairé, Lajedo, Camocim de São Félix e Viçosa apresentaram tendência de redução do tempo médio de repouso nas áreas tratadas em relação ao controle, contudo, esta tendência não é clara (Tabela 12).

Discussão

Os inseticidas podem alterar o comportamento dos insetos por irritabilidade e repelência, e esta resposta foi observada para as populações da traça-das-crucíferas aqui estudadas. Logo, verificou-se que as populações da praga oriundas dos municípios de Sairé e Camocim de São Felix percorreram uma maior distância de caminhada quando expostas para os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole. O

aumento na distância de caminhada pelas populações da traça-das-crucíferas sugere uma possível atitude de fuga da área tratada, já que a distância de caminhada na área controle foi menor.

As alterações no comportamento dos insetos quando expostos as áreas tratadas com inseticidas são motivadas por um ou vários compostos encontrados nas formulações, induzindo sobremaneira a evasão das áreas que apresentam compostos letais, assegurando desta forma às chances destes sobreviverem (SILVA et al., 2013; GUEDES et al., 2016). Estas mudanças são resultados dos estímulos-dependentes (irritabilidade e repelência) ocasionados pelos inseticidas e que geram nos insetos comportamento de evasão das superfícies tratadas e/ou diminuição do seu caminhada (LOCKWOOD et al., 1984).

Resultados divergentes dos encontrados em nosso trabalho foram observados por Pereira et al., (2014) para os predadores *Orius tristicolor*, *Amphiareus constrictus* e *Blaptostethus pallescens*, os quais apresentaram redução na distância de caminhada quando foram expostos as áreas totalmente tratadas com o inseticida chlorantraniliprole, os autores sugeriram que a redução da atividade de caminhada seria uma resposta adaptativa aprendida pelos insetos para reduzir a sua exposição aos resíduos tóxicos do inseticida.

Para Lockwood et al. (1984), estas evidências sugerem que indivíduos de uma determinada população apreendem e modificam o seu comportamentos entre as gerações, cooperando para a existência da resistência comportamental, e que estas alterações são fruto da pressão de seleção exercida pelos inseticidas ou algum agente tóxico, melhorando a capacidade dos insetos a evitarem e/ou evadir-se de áreas que apresentam efeitos letais. Esse comportamento de evasão das áreas tratadas com o inseticida minimizaria a sua exposição, conduzindo-os a uma maior taxa de sobrevivência no campo (DESNEUX et al., 2007).

A população de Recife apresentou redução do tempo de caminhada nas áreas tratadas com os inseticidas metilcarbamato de oxina e chlorantraniliprole. Plata - Rueda et al. (2019), também observaram alteração no comportamento da broca do café (*Hypothenemus hampei*) quando submetidos à área tratada com o inseticida chlorantraniliprole, e as alterações foram associadas a ação dos compostos tóxicos sobre

o sistema nervoso do inseto, podendo causar-lhe estímulo ou redução de sua mobilidade. Romero et al. (2009), compartilham da tese de que os insetos evitam exposições prolongadas aos inseticidas afastando-se de áreas tratadas, este comportamento foi associado a repelência (após a percepção do inseticida a alguma distância) e/ou por irritação (após contato com a área tratada) causadas pelo inseticida.

A redução na atividade de locomoção dos insetos sobre áreas tratadas é uma estratégia alternativa para minimizar a sua exposição aos inseticidas, e este comportamento vem sendo verificado para inúmeras espécies de insetos (Guedes et al., 2011), Dewer et al., (2016), verificaram que larvas de *Spodoptera littoralis* apresentaram alteração comportamental quando expostas ao inseticida metilcarbamato de oxina, e esta alteração foram associadas a modificações na detecção de fontes de odor ao nível olfatório periférico e/ou na percepção de estímulos no sistema nervoso central ou como uma consequência indireta da perturbação metabólica.

Castro et al. (2018), também verificaram que populações de *Spodoptera exigua* evitaram áreas tratadas com inseticida chlorantraniliprole, e este comportamento foi resultado tanto da repelência quanto da irritabilidade exercida pelo inseticida sobre a praga. Além das alterações na locomoção dos insetos, outras respostas podem ser verificadas quando os insetos são expostos a áreas tratadas com inseticidas (xenobióticos), segundo Jyoti et al. (1996), e Zhang et al., (2004), larvas de *Helicoverpa zea* e *Helicoverpa armigera* evitaram a alimentação de folhas de algodão tratadas com o inseticida *Bacillus thuringiensis*, e estas conduziram-se para locais onde a concentração do inseticida era menos prejudicial.

As populações de Sairé e Camocim de São Félix apresentaram redução da velocidade de caminhamento nas áreas tratadas com os inseticidas estudados. Resultados semelhantes foram verificados por Beckel et al. (2004), para *Rhyzorpeta dominicana* (Coleoptera: Bostrichidae), sobre superfície tratadas com o inseticida deltametrina, onde foi constatada a redução a velocidade de caminhamento nas superfícies tratadas com o inseticida, os autores correlacionaram este fato ao objetivo dos insetos evitarem ou diminuírem o contato com o inseticida.

Diferentemente dos resultados encontrados por Beckel et al.(2004), Nansen et al. (2016), averiguaram que populações de traça-das-crucíferas com resistência fisiológica

para o inseticida Gama - cialotrina apresentaram aumento da velocidade média de caminhada quando exposta para áreas tratadas com o inseticida, o autor sugere a necessidade de se compreender de fato se há uma resposta comportamental dos insetos em relação às áreas tratadas com os inseticidas ou se estes apenas respondem a uma adaptação comportamental para evitar o contato com as áreas tratadas.

As populações testadas neste trabalho se apresentaram irritadas sobre as áreas tratadas com o inseticida chlorantraniliprole e o metilcarbamato de oxina, fato este também verificado por Castro et al., (2018) para a broca do café. Segundo Haynes et al. (1998), a diferença no comportamento dos insetos para alguns inseticidas é resultado da sua capacidade de estimular ou reduzir a atividade de locomoção, como voos e caminhada, quando estes são expostos para os inseticidas.

As populações de Camocim de São Félix – PE, Sairé - PE, Lajedo – PE e Viçosa- MG apresentaram redução no número de paradas nas áreas tratadas com os inseticidas Metilcarbamato de oxina e Chlorantraniliprole quando comparada ao tratamento controle, este comportamento pode estar associado ao processo de irritabilidade e repelência química dos inseticidas causando o comportamento de fuga da área onde os insetos estariam expostos aos inseticidas (DESNEUX et al., 2007).

As alterações no padrão comportamental dos insetos, juntamente com outros mecanismos que caracterizam a resistência a inseticidas contribuem para a redução da ação dos inseticidas e como consequência, dificultam o controle da população da praga para níveis abaixo dos limiares de dano econômico (GUEDES et al., 2011). Deste modo, nossos resultados demonstraram a importância de reconhecer os padrões comportamentais das pragas, para que se desenvolvam abordagens de controle mais efetivas e que minimize a sobre utilização dos inseticidas de maneira desnecessárias.

Tabela 03 Média da distância de caminhamento (cm) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	180,91±110,08 b A	247,89±95,15 a A	191,24±82,07 a A	235,08±90,89 a A	228,49±105,74 a A	226,18±86,25 a A	241,45±119,40 a A
Lajedo - PE	223,50±99,73 a A	180,76±91,93 a A	231,63±76,50 a A	217,03±52,01 a A	226,18±50,15 a A	258,76±65,95 a A	264,35±75,83 a A
Camocim - PE	156,16±86,77 b B	264,75±75,96 a A	247,75±67,61 a A	230,46±131,82 a A	249,61±118,08 a A	256,76±62,54 a A	237,60±67,62 a A
Recife - PE	247,86±71,30 a A	244,93±64,68 a A	213,13±125,14 a A	248,63±74,43 a A	194,65±71,92 a A	199,68±53,01 a A	244,83±85,74 a A
Viçosa - MG	250,45±153,79 a A	221,35±95,44 a A	213,81±65,56 a A	289,35±106,56 a A	214,75±167,21 a A	240,78±124,15 a A	238,17±80,48 a A

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 04 Média Tempo de caminhamento (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	121,04±84,03 b D	174,76±58,67 b C	264,11±67,41 a A	204,93±70,58 b B	224,47±74,99 b B	261,78±61,93 a A	241,29±85,22 a A
Lajedo - PE	258,86±74,15 a A	199,60±81,75 b B	290,35±10,69 a A	284,30±18,66 a A	282,55±21,95 a A	264,23±53,28 a A	266,94±34,13 a A
Camocim - PE	125,76±69,71 b C	291,09±10,43 a A	278,62±35,80 a A	217,22±89,70 a B	206,62±69,54 b B	245,68±47,90 a B	232,21±54,71 a B
Recife - PE	284,77±17,53 a A	264,05±32,12 a A	209,97±94,03 b B	251,43±34,68 a A	231,43±69,04 b B	214,62±67,15 a B	238,55±70,26 a B
Viçosa - MG	137,16±73,77 b B	180,75±77,99 b B	280,29±39,54 a A	285,99±15,56 a A	139,09±81,34 c B	149,53±68,90 b B	283,22±20,43 a A

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 05 Média Velocidade média (cm s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	1,82±0,71 a A	1,45±0,35 a B	0,74±0,33 a C	1,13±0,48 a C	1,05±0,37 b C	0,87±0,30 b C	0,96±0,41 a C
Lajedo - PE	0,83±0,39 c A	0,89±0,48 b A	0,79±0,27 a A	0,76±0,21 a A	0,80±0,19 b A	1,01±0,32 b A	0,99±0,29 a A
Camocim - PE	1,34±0,72 b A	0,91±0,28 b B	0,92±0,32 a B	1,10±0,63 a B	1,33±0,59 a A	1,11±0,41 b B	1,07±0,35 a B
Recife - PE	0,87±0,26 c A	0,94±0,28 b A	0,91±0,47 a A	1,01±0,34 a A	0,81±0,34 b A	1,05±0,44 b A	0,98±0,35 a A
Viçosa - MG	1,66±0,66 a A	1,30±0,37 a B	0,76±0,20 a C	1,06±0,42 a C	1,42±0,64 a B	1,58±0,41 a A	0,84±0,29 a C

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 06 Média do número de paradas de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	566,55±377,90 a A	469,00±227,73 a A	103,66±126,51 a B	264,06±218,62 a B	209,22±147,28 b B	92,38±106,90 b B	131,27±135,26 a B
Lajedo - PE	119,27±184,88 c A	255,33±250,26 b A	61,77±68,83 a A	90,72±131,20 b A	64,77±89,43 b A	151,22±140,39 b A	150,94±119,90 a A
Camocim - PE	431,38±245,90 b A	95,22±128,10 c C	117,83±125,58 a C	280,05±319,96 a B	404,55±309,28 a A	178,66±154,64 b C	284,27±200,31 a B
Recife - PE	71,05±76,86 c A	243,50±195,75 b A	220,72±169,48 a A	228,50±160,08 a A	151,11±138,65 b A	246,00±204,34 b A	158,27±162,40 a A
Viçosa - MG	596,88±314,94 a A	328,77±204,01 a C	47,72±82,95 a D	70,88±86,51 b D	454,94±324,16 a C	548,11±282,99 a B	87,72±69,11 a D

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 07 Média do tempo de repouso (s) de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida chlorantraniliprole.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	178,88±84,02 a A	125,18±58,65 a B	35,83±67,39 b D	95,02±70,56 a C	75,48±75,03 b C	38,13±61,93 b D	58,65±85,21 a D
Lajedo - PE	41,18±74,16 b B	100,32±81,74 a A	9,55±10,69 b B	15,66±18,62 b B	17,38±21,95 c B	35,70±53,27 b B	32,98±34,13 a B
Camocim - PE	174,14±69,71 a A	8,85±10,43 b C	21,31±35,78 b C	82,70±89,68 a B	93,31±69,58 b B	54,20±47,88 b B	67,72±54,71 a B
Recife - PE	15,18±17,54 b B	35,89±32,12 b B	89,93±94,05 a A	48,51±34,65 b B	68,48±69,04 b A	85,31±67,15 b A	61,39±85,21 a A
Viçosa - MG	162,80±73,79 a A	119,18±78,01 a A	19,63±39,56 b B	13,93±15,58 b B	160,86±81,33 a A	150,40±68,91 a A	16,70±20,42 a B

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 08 Média da distância de caminhada (cm) de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	183,41±75,85 a B	153,13±114,83 b B	138,63±108,11 b B	255,61±106,37 a A	216,50±108,30 a A	203,92±153,96 a A	217,16±121,43 a A
Lajedo - PE	231,23 ±153,96 a A	158,8±124,72 b B	141,05±63,20 b B	255,18±109,31 a A	136,51±127,46 b B	175,84±107,84 a B	222,21±92,11 a A
Camocim - PE	186,03 ±90,79 a B	261,12 ± 71,37 a A	253,92 ± 75,85 a A	164,69 ±114,83 b B	232,45 ± 108,11 a A	201,70 ± 106,37a B	184,30 ± 113,16 a B
Recife - PE	230,56±104,09 a A	258,12±66,20 a A	240,11±109,22 a A	252,97±76,67 a A	227,40±53,43 a A	241,03±109,39 a A	161,45±95,42 a A
Viçosa - MG	261,77±179,75 a A	208,08±87,59 a B	222,93±139,59 a B	191,86±109,78 a B	307,92±102,15 a A	206,81±116,89 a B	215,06±147,35 a B

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 09 Média do Tempo de caminhamento (s) de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	108,26±79,98 b C	121,81±78,37 b C	121,93±101,74 c C	269,33±39,83 a A	175,78±87,06 b A	165,43±91,99 a B	244,26±93,43 a B
Lajedo - PE	133,33±79,61 b B	94,23±72,53 b B	84,81±57,53 c B	263,13±70,13 a A	117,11±87,54 c B	136,32±96,95 a B	247,65±74,44 a A
Camocim - PE	105,09±59,45 b D	281,53±24,01 a A	276,55±20,37 a A	182,52±106,54 b C	222,13±74,71 a B	196,27±89,04 a C	175,49±96,42 b C
Recife - PE	258,81±31,57 b B	244,58±52,63 a B	203,21±82,75 b B	222,18±56,48 b B	228,38±47,96 a B	214,05±67,72 a B	119,15±73,67 b A
Viçosa - MG	131,64±79,98 a B	153,68±78,37 b B	145,65±101,74 c B	194,16±39,83 b A	224,01±87,06 a A	178,70±991,99 a A	162,63±93,43 b B

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 10 Média da velocidade média (cm s) de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	2,53±1,85 a A	1,44±0,76 a B	1,42±1,04 a B	0,98±0,41 a C	1,22±0,53 a B	1,40±0,83 a B	0,86±0,34 a C
Lajedo - PE	1,97±0,82 b A	1,51±0,79 a B	1,98±0,86 a A	1,02±0,42 a B	1,13±0,74 a B	1,35±0,69 a B	0,87±0,39 a B
Camocim - PE	1,76±0,77 b A	0,95±0,34 b B	0,92±0,30 b B	0,96±0,34 a B	1,07±0,46 a B	0,98±0,37 a B	1,14±0,48 a B
Recife - PE	0,90±0,43 c A	1,08±0,27 b A	1,14±0,41 b A	1,16±0,32 a A	1,03±0,31 a A	1,17±0,41 a A	1,28±0,67 a A
Viçosa - MG	1,97±0,67 b A	1,78±1,26 a A	1,65±0,57 a A	0,96±0,48 a B	1,36±0,45 a B	1,12±0,47 a B	1,22±0,55 a B

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 11 Média do número de paradas de larvas de 3º instar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Controle ± DP*	Dose 1 ± DP	Dose 2 ± DP	Dose 4 ± DP	Dose 6 ± DP	Dose 8 ± DP	Dose 10 ± DP
Sairé - PE	578,50±349,44 a A	434,33±264,37 a B	290,94±248,78 b B	123,88±144,96 a C	353,61±221,68 a B	397,27±235,39 a B	64,27±72,79 b C
Lajedo - PE	661,16±433,19 a A	501,27±351,20 a B	437,11±239,36 a B	178,05±268,16 a C	301,11±291,70 a C	426,44±276,57 a B	133,61±156,64 b C
Camocim - PE	639,05±323,77 a A	131,16±200,37 b C	131,50±142,51 b C	72,66±68,23 a C	353,61±289,34 a B	248,77±229,40 a B	263,88±199,38 a B
Recife - PE	187,44±177,0 b A	200,05±183,84 b A	257,44±239,17 b A	207,66±115,24 a A	226,05±125,30 a A	280,44±169,36 a A	383,88±237,90 a A
Viçosa - MG	687,96±390,24 a A	385,16±184,79 a B	517,04±257,97 a C	175,48±151,26 a C	335,36±201,43 a C	269,56±223,64 a C	240,20±243,55 a C

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Tabela 12 Média do tempo de repouso (s) de larvas de 3º ínstar de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), sobre áreas tratadas com doses do inseticida Metilcarbamato de oxina.

População	Controle \pm DP*	Dose 1 \pm DP	Dose 2 \pm DP	Dose 4 \pm DP	Dose 6 \pm DP	Dose 8 \pm DP	Dose 10 \pm DP
Sairé - PE	191,66 \pm 79,98 a A	178,11 \pm 78,36 a A	178,05 \pm 101,74 a A	30,61 \pm 39,82 b C	124,15 \pm 87,04 b B	134,51 \pm 92,00 a B	55,66 \pm 93,43 b C
Lajedo - PE	166,60 \pm 79,62 a A	205,70 \pm 72,52 a A	215,11 \pm 57,51 a A	36,83 \pm 70,14 b B	182,81 \pm 87,54 a A	163,60 \pm 96,95 a A	52,30 \pm 74,45 b B
Camocim - PE	194,83 \pm 59,47 a A	18,41 \pm 23,99 b D	23,37 \pm 20,38 c D	10,27 \pm 8,91 b D	77,82 \pm 74,71 c C	103,68 \pm 89,03 a B	124,43 \pm 96,41 a B
Recife - PE	41,15 \pm 31,57 b B	55,32 \pm 52,61 b B	96,72 \pm 82,76 b B	77,73 \pm 56,49 a B	71,56 \pm 47,96 c B	85,87 \pm 67,73 a B	180,80 \pm 73,69 a A
Viçosa - MG	168,30 \pm 80,03 a A	146,26 \pm 71,36 a A	154,26 \pm 82,09 a A	105,76 \pm 98,91 a B	75,92 \pm 68,03 c B	121,26 \pm 98,81 a B	137,28 \pm 104,12 a A

*DP = Desvio Padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Diante do exposto concluímos que:

- ✓ As populações das traças das crucíferas da região do Agreste de Pernambuco apresentaram alto grau de resistência para o inseticida Metilcarbamato de oxina;
- ✓ As taxas de mortalidade para o inseticida Premio (chlorantraniliprole) e Dipel (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki) demonstram que as populações de traça-das-crucíferas testadas são suscetíveis para os inseticidas, contudo, necessita-se de abordagens de manejo que garanta sua eficácia por um período de tempo maior;
- ✓ As populações de traça-das-crucíferas apresentaram alteração nos parâmetros de comportamento quando expostas a áreas tratadas com os inseticidas, sugerindo a possibilidade de estas terem desenvolvidos adaptações comportamentais que favoreçam a sua sobrevivência.
- ✓ As populações apresentam comportamentos variados quando expostas as áreas tratadas com os inseticidas, alternando entre a redução, padrão não definido e aumento nos parâmetros avaliados.
- ✓ Sugere-se a verificação de custos adaptativos associados à resistência.
- ✓ Assim como, a necessidade de implementar medidas de controle e fiscalização de uso e venda dos inseticidas, como abordagem para retardar o processo de resistência a inseticidas para estas populações de traça das crucíferas.

REFERÊNCIA

AHMED, S. H.; SAEED, M.; NAWAZ, A.; USMAN, M.; SHOUKAT, R. F.; LI, S.; ZHANG, Y.; ZENG, L.; ZAFAR, J. A.; KASH, A.; SHOUKAT, R. F.; JALEEL, W.; SHOUKAT, R. F. Monitoring of quantitative and qualitative losses by lepidopteran, and homopteran pest in different crop production systems of *Brassica oleracea* L. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 3, p. 06-12 2018. Disponível em: <http://www.entomoljournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=3&ArticleId=354>.

ARIAS, T.; BEILSTEIN, M. A.; TANG, M.; MCKAIN, M. R.; PIRES, J. C. Diversification times among *Brassica* (Brassicaceae) crops suggest hybrid after 20 million years of divergence. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 1, p. 86 – 91, 2014. DOI: 10.3732/ajb.1300312 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24388963>.

BACCI, L.; ROSADO, J. F.; PICANÇO, M. C.; GONRING, A. H. R.; GALDINO, T. V. S.; MARTINS, J. C. Failure control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and selectivity of their natural enemies to different insecticides. **Journal of Plant Protection Research**, v. 58, n. 2, p. 161-167, 2018. DOI: doi.org/10.24425/122931. Disponível em: <http://www.plantprotection.pl/Failure-control-of-Plutella-xylostella-Lepidoptera-Plutellidae-and-selectivity-of,85808,0,2.html>.

ROMERO, A.; POTTER, M. F.; HAYNES, K. F. Behavioral responses of the bed bug to insecticides residues. **Journal of Medical Entomology**, v. 46, n. 1, p. 51-57, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1603/033.046.0107>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article/46/1/51/903063>.

DEWER, Y.; POTTIER, A. M.; MARIA, A.; DACHER, M.; BELZUNCES, L. P.; KAIRO, G.; RENAULT, D.; MAIBECHÉ, M.; SIAUSSAT, D. Behavioral and metabolic effects of sublethal doses of two insecticides, chlorpyrifos and methomyl, in the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 4, p. 3086-3096, 2016. DOI: 10.1007/s11356-015-5710-1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283793335_Behavioral_and_metabolic_effects_of_sublethal_doses_of_two_insecticides_chlorpyrifos_and_methomyl_in_the_Egyptian_cotton_leafworm_Spodoptera_littoralis_Boisduval_Lepidoptera_Noctuidae.

BALABANIDOU, V.; GRIGORAKI, L.; VONTAS, J. Insect cuticle: a critical determinant of insecticide resistance. **Current Opinion in Insect Science**, v. 27, p. 68-74, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.03.001> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574517301190>.

BARROS, R.; VENDRAMIM, J. D. Efeito de cultivares de repolho utilizadas para a criação de *Plutella xylostella* (L.) no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia**, v. 28, n. 3, p. 469-476, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80591999000300012>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S030180591999000300012&script=sci_abstract&lng=pt.

BASS, C.; JONES, C. M. Editorial overview: pests and resistance: resistance to pesticides in arthropod crop pests and disease vectors: mechanisms, models and tools. **Current Opinion in Insect Science**, v. 27, p. 4-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.04.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574518300749>.

BECKEL, H.; LORINI, I.; LAZZARI, S. M. N. Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha Dominica* (Fabricius) (Coleóptera, Bostrichidae) em superfície tratada com deltametrina. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n.1, p. 115-118, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000100019>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S008556262004000100019&script=sci_abstract&tlng=pt.

BERTICAT, C.; BONNET, J.; DUCHON, S.; AGNEW, P.; WEILL, M.; CORBEL, V. Costs and benefits of multiple resistance to insecticides for *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. **BMC Evolutionary Biology**, v. 8, n. 104, p. 1-9, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-104> Disponível em: <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-8-104>

BIRNIE, L.; HACKETT, B.; DENHOLM, I. **Implications of insecticide resistance for interactions between pest, natural enemies and pesticides**. In: HASKELL, P.T.; McEWEN, P. (Eds). *Ecotoxicology*, Springer, Boston, MA. p. 315-324, 1998. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5791-3_34 Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-5791-3_34#citeas.

BOMMARCO, R.; MIRANDA, F.; BYLUND, H.; BJÖRKMAN, C. Insecticides suppress natural enemies and increase pest damage in cabbage. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n.3, p. 782 - 791, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC10444> Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21735894>.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia Serviço de Saúde**, v. 16, n. 4, p. 279-293, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742007000400006> Disponível em: https://www.agrolink.com.br/downloads/_th/Downloads/Aedes%20aegypti%20-%20inseticidas,%20mecanismos%20de%20ação%20e%20resistência.pdf.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, n. 2, p. 48-60, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.108>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.108>.

CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P. S. T. Inseticidas para o controle da traça das crucíferas: como os agricultores os utilizam no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 410-415, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000300002> Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362002000300002.

CASTELO BRANCO, M.; MELO, C. A. Resistência a abamectin em populações de traça-das-crucíferas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, p. 541-543, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000400005>. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362002000400005&script=sci_abstract&lng=pt.

CASTELO-BRANCO, M. FRANÇA, F. H. **Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae)**. In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. (Eds). **Histórico das pragas introduzidas no Brasil**. 1 ed. Holos, Ribeirão Preto, 86-89 p. 2001.

CASTRO E MELO, R. A.; VENDRAME, L. P. C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brassícas nas principais regiões produtoras brasileiras. **Documentos**, n. 157, Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, p. 104, 2017. ISSN: 1415-2312. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1083914>.

CASTRO, A. A.; LEGASPI, J. C.; TAVARES, W. S.; MEAGHER JR, R. L.; MILLER, N.; KANGA, L.; HASEEB, M.; SERRÃO, J. E.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C.. Lethal and behavioral effects of synthetic and organic insecticides on *Spodoptera exigua* and its predator *Podisus maculiventris*. **PLoS One**, v. 13, n. 11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206789> Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206789>.

CHAPMAN, J. W.; REYNOLDS, D. R.; SMITH, A. D.; RILEY, J. R.; PEDGLEY, D. E.; WOIWOD, I. P. High-altitude migration of the diamondback moth *Plutella xylostella* to the U.K.: a study using radar, aerial netting, and ground trapping. **Ecological Entomology**, v. 27, n.6, p. 641-650, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.13652311.2002.00472.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2311.2002.00472.x>.

CHEN, L. P.; WANG, P.; SUN, Y. J.; WU, Y. J. Direct interaction of avermectin with epidermal growth factor receptor mediates the penetration resistance in *Drosophila* larvae. **Open Biology**, v. 6, n. 4, p. 1-12, 2016. DOI: 10.1098/rsob.150231. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsob.150231>.

CHU, Y. The migration of diamondback moth. In: Diamondback moth management Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan, The Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, AVRDC Publication, v. 86, n. 248, p. 77-81, 1985. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/5d16/7305f069d1f47e344eae61b872aef12664e4.pdf>.

CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P. TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.84, n.3, p. 196-214, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2005.07.005> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357505000945>.

CORRÊA, A. S.; CORDEIRO, E. M. G.; BRAGA, L. S.; PEREIRA, E. J. G.; GUEDES, R. N. C. Physiological and behavioral resistance to esfenvalerate + fenitrothion in populations of the maize weevil. **Julius Kühn Archiv**, n. 425, p. 851-

857, 2010. ISSN: 1868-9892. Disponível em:
<https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/1279>.

CRICKMORE, N.; ZEIGLER, D. R.; FEITELSON, J.; SCHNEPF, E.; VAN RIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; DEAN, D. H. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Review**, v. 62, 1998. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC98935/>.

DENHOLM, I.; CAHILL, M.; DENNEHY, T. J.; HOROWITZ, A. R. Challenges with management insecticide resistance in agricultural pests, exemplified by the whitefly *Bemisia tabaci*. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Serie B: Biological Sciences**, v. 353, n. 1376, p. 1757-1767, 1998. DOI: 10.1098/rstb.1998.0328. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692397/>.

DESNEUX, N.; DECOURTYPE, A.; DELQUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review Entomology**, v. 58, p. 81-106, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440> Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16842032>.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations: **Statitic**. 2017. Disponível em <http://www.fao.org/statistics/en>, acessado em 03/07/2018.

FEYREISEN, R. Molecular biology of insecticide resistance. **Toxicology Letter**, v. 82-83, p. 83-90, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-4274\(95\)03470-6](https://doi.org/10.1016/0378-4274(95)03470-6) Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378427495034706>.

FFRENCH-CONSTANT, R. H.; PITTENDRIGH, B.; VAUGHAN, A.; ANTHONY, N. Why are there so few resistance-associated mutations in insecticide target genes? **Philosophical Transactions B**, v. 353, n. 1376, p. 1685-1693, 1998. DOI: doi: 10.1098/rstb.1998.0319 Disponível em:
<https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.1998.0319>.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. p. 402, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Guidelines on prevention and management of pesticide resistance**. FAO, Rome, Italy, p. 57, 2012. DOI: Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-bt561e.pdf>.

FORGASH, A. J. History, evolution and consequences of insecticide resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 22, n. 2, p. 178-186, 1984. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(84\)90087-7](https://doi.org/10.1016/0048-3575(84)90087-7) Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048357584900877>.

FOURIE, H.; AHUJA, P.; LAMMERS, J.; DANEEL, M. Brassicaceae-based management strategies as an alternative to combat nematode pest. A synopsis. **Crop Protection**, v. 80, p. 21-41, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.10.026> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219415301526>.

FU, X.; XING, Z.; LIU, Z.; ALI, A.; WU, K. Migration of diamondback moth, *Plutella xylostella*, across Bohai Seain northern China. **Crop Protection**, v. 64, p. 143-149, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.021> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414002063>.

FUKUTO, T. R. (1990). Mechanism of Action of Organophosphorus and Carbamate Insecticides. **Environmental Health Perspectives**, 87, 245. doi:10.2307/3431032. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1567830/>.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress and prospects. **Annual Review Entomology**, v. 58, n. 1, p. 517-541, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605> Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23020617>.

GAHAN, L. J.; GOULD, F.; HECKEL, D. G. Identification of a gene associated with *Bt* resistance in *Heliothis virescens*. **Science**, v. 293, n. 5531, 857-860 p. Agosto, 2001. DOI: 10.1126/science.1060949 Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/293/5531/857>.

GALLO, D; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, S. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 920, 2002.

GEORGHIOU, G. P. The evolution of resistance to pesticides. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 3, p. 133-168, 1972. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.03.110172.001025> Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.03.110172.001025>.

GEORGHIOU, G. P. Overview of insecticide resistance. In: COMSTOCK, M.J. (Ed.). Managing resistance to agrochemicals. **ACS Symposium Serie**. 121,v. 421, p. 18-41, 1990. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-1990-0421.fw001>.

GEORGHIOU, G. P. Principles of insecticide resistance management. **Phytoprotection**, v. 75, n. 4, p. 51-59, 1994. DOI: <https://doi.org/10.7202/706071ar>. Disponível em: <https://www.erudit.org/fr/revues/phyto/1994-v75-n4-phyto3355/706071ar/>.

GEORGHIOU, G. P.; TAYLOR, C. E. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 70, n. 3, p. 319-323, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/70.3.319>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/articleabstract/70/3/319/2212308?redirectedFrom=fulltext>.

GNANN, C.; JEANGUENAT, A.; DUTTON, A. C.; GRIMM, C.; KLOER, D. P.; CROSSTHWAITE, A. J. Novel diamide insecticides: sulfoximines, sulfonimidamides and other new sulfonimidoyl derivates. **Biogonic and Medicinal Chemistry Letters**, v. 22, n. 11, p. 3800-3806, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2012.03.106>.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X12004362>.
Acessado em 07 de Abr. de 2019.

GOULD, F.; BROWN, Z. S.; KUZMA, J. Wicked evolution: can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance?. **Science**, v. 360, n. 6390, p. 728-732, 2018. DOI: 10.1126/science.aar3780 Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/360/6390/728>.

GUEDES, R. N. C.; GUEDES, N. M. P.; ROSI-DENADAL, C. A. Sub-lethal effects of insecticides on stored-product insects: current knowledge and future needs. **Stewart Postharvest Review**, v. 7, n. 3, p. 1-5, 2011. DOI: 10.2212/spr.2011.3.5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274855645_Sublethal_effects_of_insecticides_on_storedproduct_insects_Current_knowledge_and_future_needs.

GUEDES, R. N. C.; SMAGGHE, G.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Pesticide – induced pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, n. 1, p. 43-62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023646> Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-010715-023646>.

GUO, S.; QUIN, Y. Effects of temperature and humidity on emergence dynamics of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 6, p. 2026-2033, 2010. ISSN: 0022-0493. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/103/6/2028/2199494?redirectedFrom=fulltext>.

HADDI, K.; MENDONCA, L. P.; DOS SANTOS, M. F.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Metabolic and Behavioral Mechanisms of Indoxacarb Resistance in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 362–369, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tou049> Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/108/1/362/799566>.

HAYES, J. D.; KELLEHER, M. O.; EGGLESTON, I. M. (2008). The cancer chemopreventive actions of phytochemicals derived from glucosinolates. **European Journal Nutrition**, v. 47, p. 73–88, 2008. DOI: 10.1007/s00394-008-2009-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00394-008-2009-8>.

HAYNES, K. F. Sublethal effects of insecticides on the behavioral responses of insects. **Annual Review Entomology**, v. 33, p. 149-168, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.001053> Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.33.010188.001053>.

HECKEL, D. G.; GAHAN, L.J.; BAXTER, S.W.; ZHAO, J.Z.; SHELTON, A.M.; GOULD, F. The diversity of *Bt* resistance genes in species of lepidóptera. **Journal Invertebrate Pathology**, v. 95, n.3, p. 103-110, 2007. DOI: [doi:10.1016/j.jip.2007.03.008](https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.03.008) Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17482643>.

HERNÁNDEZ – RODRÍGUEZ, C. Z.; HERNÁNDEZ – MARTÍNEZ, P. RIE, J. V.; ESCRICHE, B.; FERRÉ, J. Specific binding of radiolabeled Cry1Fa insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis* to midgut sites in lepidopteran species. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 11, p. 4048–4050, 2012. DOI: 10.1128/AEM.07591-11 Disponível em: <https://aem.asm.org/content/78/11/4048>.

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, P.; NAVARRO-CERRILLO, G.; CACCIA, S.; MAAGD, R. A.; MOAR, W. J.; FERRÉ, J.; ESCRICHE, B.; HERRERO, S. Constitutive activation of the midgut response to *Bacillus thuringiensis* in Bt-Resistant *Spodoptera exigua*. **Plos One**, v. 5, n. 9, 2010. DOI: 10.1371/journal.pone.0012795. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0012795>. acessado em: 08 de Abr. de 2019.

HERRERO, S.; GECHEV, T.; BAKKER, P. L.; MOAR, W. L.; MAAGD, R. A. *Bacillus thuringiensis* Cry 1 Ca – resistant *Spodoptera exigua* lacks expression of one of four aminopeptidase N genes. **BMC Genomics**, v.6, n. 96, p. 1-10, 2005. DOI: 10.1186/1471-2164-6-96 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15978131>.

HERRERO, S.; OPPERT, B.; FERRÉ, J. Different mechanisms of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in the indianmeal moth. **Applied Environmental Microbiology**. v. 67, n. 3, p. 1085-1989, 2001. DOI: 10.1128/AEM.67.3.1085-1089.2001 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC92698/>.

HOLLINGWORTH, R. M.; DONG, K.; **The biochemical and molecular genetic basis of resistance to pesticide in arthropods**. In: WHALON M. E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. M. (Eds). **Global pesticide resistance in arthropods**. Oxfordshire, UK, CABI International. p. 40-89, 2008. ISSN: 0-309-03627-5. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=qOEsBGUovSQC&oi=fnd&pg=P40&dq=The+biochemical+and+molecular+genetic+basis+of+resistance+to+pesticide+in+arthropods.&ots=AljYQeumUK&sig=ksZfoY2rUD1zyVraGfWAhnAzqoo#v=onepage&q=The%20biochemical%20and%20molecular%20genetic%20basis%20of%20resistance%20to%20pesticide%20in%20arthropods.&f=false>.

IMENES, S. D. L.; CAMPOS, T. B.; RODRIGUES NETTO, S. M.; BERGMAN, E. C. Avaliação da atratividade de feromônio sexual sintético da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), em cultivo orgânico de repolho. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 69, n.1, p. 81-84, 2002. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=769835&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22RODRIGUES%20NETTO,%20S.%22&qFacets=autoria:%22RODRIGUES%20NETTO,%20S.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>.

ISHAAYA, I. Insect detoxifying enzymes: Their importance in pesticide synergism and resistance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 22, n. 1-2, p. 263–276, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1002/arch.940220119>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/arch.940220119>.

JIANG, T.; WU, S.; YANG, T.; ZHU, C.; GAO, C. Monitoring field populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) for resistance to eight insecticides in

China. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 65-73, 2015. DOI: 10.1653/024.098.0112. Disponível em: <https://bioone.org/journals/FloridaEntomologist/volume98/issue1/024.098.0112/Monitoring-Field-Populations-of-Plutella-xylostella-Lepidoptera-Plutellidae/10.1653/024.098.0112.full>

JYOTI, J. L.; YOUNG, S. Y.; JOHNSON, D. T.; McNEW, R. W. *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae): Larval Location, mortality, and leaf area consumption on *Bacillus thuringiensis* treated cotton. **Environmental Entomology**, v. 25, n. 6, p. 1438-1443, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/25.6.1438> Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/25/6/1438/367425>.

KFIR, R. Origin of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Annals of Entomological Society of America**, v. 91, n. 2, p. 164-167, 1998. DOI: 10.1093/aesa/91.2.164 Disponível em: <https://academic.oup.com/aesa/article-abstract/91/2/164/30167?redirectedFrom=fulltext>.

KIM, Y. H.; LEE, J. H.; LEE, S. H. Determination of organophosphate and carbamate resistance allele frequency in diamondback moth population by quantitative sequencing and inhibition tests. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 14, n. 1, p. 29-33, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.11.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226861510001202>.

LI, X.; SCHULER, M. A.; BERENBAUM, M. R. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. **Annual Review Entomology**, v. 52, p. 231-253, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151104> Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ento.51.110104.151104?casa_token=BzqianBFkJMAAAA:62wqioNtLk9vtxEDJAEFiHHtMdiyUcMLQj9bN4Jck1qobcH8EUT3K4z8o0fKfW9KhGsGz_sAkxHwOpQMA.

LI, Z.; ZALUCKI, M. P.; YONOW, T.; KRITICOS, D. J.; BAO, H.; CHEN, H.; HU, Z.; FENG, X.; FURLONG, M. J. Population dynamics and management of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China: the relative contributions of climate, natural enemies and cropping patterns. **Bulletin of Entomological Research**, v. 106, n. 2, p. 197-214, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485315001017>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletinofentomologicalresearch/article/population-dynamics-and-management-of-diamondback-moth-plutella-xylostella-in-china-the-relative-contributions-of-climate-natural-enemies-and-cropping-patterns/B958EEF80CD1D138BDDBE4BC9C7E11C>.

LI, Z.; FENG, X.; LIU, S. S.; FURLONG, M. J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual Review in Entomology**, v. 61, p. 1115-1129, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023622> Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-010715-023622?casa_token=GMFp83Za4_sAAAAA:Kg3arGeB2PAvP2opSHzPxVDdT8AkkysQRXYXGtzxJMSJGCmD70OEHRv0kOzjOps710sqmmkzXKqu5oyOQ.

LIMA NETO, J. E.; AMARAL, M. H. P.; SIQUEIRA, H. A. A.; BARROS, R.; SILVA, P. A. F. Resistance monitoring of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) to

risk reduced insecticides and cross resistance to spinetoram. **Phytoparasítica**, v. 44, n. 5, p. 631-640, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0553-y> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12600-016-0553-y>.

LIN, Q. S.; JIN, F. L.; HU, Z. D.; CHEN, H. Y.; YIN, F. Transcriptome analysis of chlorantraniliprole resistance development in the diamondback moth *Plutella xylostella*. **Plos One**, v. 8, n. 8, p. 1-13, 2013. DOI: 0.1371/journal.pone.0072314 Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0072314>.

LIU, M. Y.; TZENG, Y. J.; SUN, C. N. Insecticide Resistance in the Diamondback Moth. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, n. 1, p. 153-155, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/75.1.153>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/75/1/153/2213482>.

LOCKWOOD, J. A.; SPARKS, T. C.; STORY, R. N. Evolution of insect resistance to insecticides: A reevaluation of the roles of physiology and behaviour. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v.30, n.4, p. 41-45, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/besa/30.4.41>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ae/articleabstract/30/4/41/206278?redirectedFrom=fulltext>.

MAAGD, R. A.; BOSCH, D.; STIEKEMA, W. Toxin-mediated insect resistance in plants. **Trends Plant Science**, v. 4, n. 1, p. 9-13, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S13601385\(98\)0135-9](https://doi.org/10.1016/S13601385(98)0135-9) Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10234264>. Acessado em: 08 de Abr. de 2019.

MAAGD, R. B.; BRAVO, A.; CRICKMORE, N. How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. **Trends Genetics**, v. 17, p. 193 – 199. 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-9525\(01\)02237-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9525(01)02237-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168952501022375>.

MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. Biotic factors are more important than abiotic factors in regulating the abundance of *Plutella xylostella* L., in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.60, n.4, p. 328-333, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.06.004> Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbent/v60n4/0085-5626-rbent-60-04-00328.pdf>.

MEDEIROS, P. T.; DIAS, J. M. C. S.; MONNERAT, R. G.; SOUZA, N. R. Instalação e manutenção de criação massal da traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*). **Circular Técnica**, n. 29, Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, p. 1 - 4, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/185217/1/ct029.pdf>.

MELO, A. L. A.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, R. C. *Bacillus thuringiensis*: mechanism of action, resistance, and new applications: a review. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 36, n. 2, p. 317-326, 2014. DOI: 10.3109/07388551.2014.960793 Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/07388551.2014.960793>.

METCALF, R. L. Insect resistance to insecticides. **Pesticide Science**, v. 26, n. 4, p. 333–358, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2780260403>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.2780260403>.

MOHAN, M.; GUJAR, G. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. **Crop Protection**, v. 22, n. 3, p. 495–504, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00201-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00201-6) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219402002016>.

MOHAN, M.; GUJAR, G. T. Geographical variation in larval susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* spore-crystal mixtures and purified crystal proteins and associated resistance development in India. **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, n. 2, p. 489-498, 2002. DOI: 10.1079/BER2002195. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/geographical-variation-in-larval-susceptibility-of-the-diamondback-moth-plutella-xylostella-lepidoptera-plutellidae-to-bacillus-thuringiensis-sporecrystal-mixtures-and-purified-crystal-proteins-and-associated-resistance-development-in-india/60F01F9A3C1ADB77185450FE9118D425>.

MORALES, J. A.; CARDOSO, D. G. DELLA LUCIA, T. M. C.; GUEDES, R. N. C. Weevil x insecticide: does “personality” matter? **Plos One**, v.8, n.6, e67283. 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0067283 Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0067283>.

MOTA-SANCHEZ, D.; BILLS, P. S.; WHALON, M. E. Arthropod Resistance to pesticide: Status and overview. In: WHELLER, W. B. **Pesticides in agriculture and environment**. Marcel Dekker, New York. p. 241-272, 2002.

MÜLLER, C. Impacts of sublethal insecticide exposure on insects — Facts and knowledge gaps. **Basic and Applied Ecology**, v.30, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.05.001> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179118300227>.

MULLIN, C. A. AND SCOTT, J. G. **Biomolecular basis for insecticide resistance: Classification and comparisons**. In: MULLIN, C. A. AND SCOTT, J. G. (Eds.) **Molecular Mechanisms of Insecticide Resistance**. American Chemical Society, Washington DC, p. 1-13, 1992.

NANSEN, C.; BAISSAC, O.; NANSEN, M.; POWLS, K.; BAKER, G. Behavioral avoidance – will physiological insecticide resistance level of insects strains affect their oviposition and movement responses?. **Plos One**, v.11, n.3, p. 1-12, 2016. DOI: [/doi.org/10.1371/journal.pone.0149994](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149994). Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0149994>.

NAUEN, R. Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. **Pest Management Science**, v. 62, n. 8, p. 690-692. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1254>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.1254>. Acessado em 07 de Abr. 2019.

NAVARRO-ROLDÁN, M. A.; GEMENO, C. Sublethal effects of neonicotinoid insecticide on calling behaviour and pheromone production of tortricid moths. **Journal**

Chemical Ecology, v. 43, n. 9, p. 881-890, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-017-0883-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-017-0883-3>.

NTOW, W. J.; GIJZEN, H.; KELDERMAN, P.; DRECHSEL, P. Farmer perceptions and pesticide use practices in vegetable production in Ghana. **Pest Management Science**, v. 62, n. 4, p. 356-365, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1178>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.1178>.

OLIVEIRA, A. C.; SIQUEIRA, H. A. A.; SILVA, J. E.; MICHHEREFF FILHO, M. Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 2, p. 154-159, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000200004>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390162011000200004&script=sci_arttext&ts.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crops losses and the economic impact of insect pests Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121941300269X>.

PALUMBI, S. R. Humans as the world's greatest evolutionary force. **Science**, v. 293, n. 5536, p. 1786-1790, 2001. DOI: [DOI: 10.1126/science.293.5536.1786](https://doi.org/10.1126/science.293.5536.1786). Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/293/5536/1786/tab-article-info>.

PARDO, A. C.; RAYMOND, B.; GULZAR, A.; CABRERA, L. R.; BERTOT, I. M.; CRICKMORE, N.; WRIGHT, D. J. Novel genetic factors involved in resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. **Insect Molecular Biology**, v. 24, n. 6, p. 589-600, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/imb.12186>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/imb.12186>.

PARKER, M. V.; FEIL, S. C. Pore-forming protein toxins: from structure to function. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 88, n. 1, p. 91 – 142, 2005. DOI: doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2004.01.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079610704000033>. Acessado em 08 de Abr. de 2019.

PÉREZ, C. J.; ALVARADO, P.; NARVÁEZ, C.; MIRANDA, F.; HERNÁNDEZ, L.; VANEGAS, H.; HRUSKA, A.; SHELTON, A. M. Assessment of insecticide resistance in five insect pests attacking field and vegetable crops in Nicaragua. **Journal of Economic Entomology** v. 93, n.6, p. 1779-1787, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.6.1779>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/journal-of-economic-entomology/volume-93/issue-6/0022-0493-93.6.1779/Assessment-of-Insecticide-Resistance-in-Five-Insect-Pests-Attacking-Field/10.1603/0022-0493-93.6.1779.short>.

PEREZ, C. J.; SHELTON, A. M. Resistance of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* Berliner in Central America. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, n. 1, p. 87-93, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485313000576>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/90/1/87/2216651>.

PERRY, T.; BATTERHAM, P.; DABORN, P. J. The biology of insecticidal activity and resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 41, n. 7, p. 411-422, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.03.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965174811000622>.

PHILIPS, C. R.; FU, Z.; KUHAR, T. P.; SHELTON, A. M.; CORDERO, R. J. Natural history, ecology and management of Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) with emphasis on the United States. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 5, n.3, p. 1-11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1603/IPM14012>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jipm/article/5/3/D1/2194296>.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, A. S.; GUEDES, R. N. C. Phosphine induced walking response of the lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*). **Pest Management Science**, v. 68, n. 10, p. 1368–1373, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3314>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.3314>

PLATA-RUEDA, A.; MARTINEZ, L. C.; COSTA, N. C. R.; ZANUNCIO, J. C.; FERNANDES, M. E. S.; SERRÃO, J. E.; GUEDES, R. C. N.; FERNANDES, F. L. Chlorantraniliprole-mediated effects on survival, walking abilities, and respiration in the coffee Berry borer, *Hypothenemus hampei*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 172, p. 53-58, 2019. DOI: [DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.063](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.063). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319300727>

PERERIRA, R. R.; COUTINHO, M. P.; SANTANA JR, P. A.; GUEDES, R. N. C.; CORRÊA, A. S. Insecticides toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 16, n. 3, p. 293 – 301, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/afe.12059>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/afe.12059>

R4P (Reflection and Research on Resistance to Pesticides) Network. Trends and challenges in pesticides resistance detection. **Trend in Plant Science**, v. 21, n.10, p. 834-853, 2016. DOI: [DOI: 10.1016/j.tplants.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.06.006). Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(16\)30071-1](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(16)30071-1).

RAVANFAR, S.A.; ORBOVIC, V.; MORADPOUR, M.; AZIZD, M. A.; KARANA, R.; WALLACE, S.; PARAJULI, S. Improvement of tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to *Brassica*. **Biotechnology and Genetic Engineering Review**, v. 33, n.1, p. 1 – 25, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/02648725.2017.1309821>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02648725.2017.1309821>.

RIBEIRO, L. M. S.; TEIXEIRA, V. W.; FERREIRA, N. H.; TEIXEIRA, Á. A. C.; SIQUEIRA, H. A. A. Fitness costs associated with Field-evolved resistance to chlorantraniliprole in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, n. 1, p. 88-96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485313000576>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletinofentomologicalresearch/article/fitness->

costs-associated-with-field-evolved-resistance-to-chlorantraniliprole-in-plutella-xylostella-lepidoptera-plutellidae/21D964250648CE418FD01F4FB324A49E.

ROUSH, R. T.; MCKENZIE, J. A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**, v. 32, n. 1, p. 361-380, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.00204>. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.32.010187.002045?casa_token=c0BInbeUAoAAAAA%3AkhzEgKQG8ejC3xAHy8A7wMGDNlk8eh9lPAKO_QNS9WcscSY5XrabRvOOlwHMkLHUwPi9nPPTJvldnHGyA&journalCode=ento.

SANTOS, V. C.; SIQUEIRA, H. A. A.; SILVA, J. E.; FARIAS, M. J. D. C. Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the State of Pernambuco, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 264-270, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2011000200017>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2011000200017.

SARFRAZ, M.; KEDDIE, A. B.; DOSDALL, L. M. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 8, p. 763-789, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150500136956>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583150500136956>.

SARFRAZ, M.; KEDDIE, B. A. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 129, n. 3, p. 149-157, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.14390418.2005.00930.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0418.2005.00930.x>.

SATTELLE, D. B.; CORDOVA, D.; CHEEK, T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. **Invertebrate Neuroscience**, v. 8, p. 107-119, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10158-008-0076-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10158-008-0076-4#citeas>. Acessado em 07 de Abr. 2019.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N.; VAN RIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; ZEIGLER, D. R.; DEAN, D. H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Review**, v. 62, n. 3, p. 775 - 806, 1998. Disponível em: <https://mmlbr.asm.org/content/mmlbr/62/3/775.full.pdf>. acessado em: 08 de Abr. de 2019.

SHELTON, A. M.; RIBERTSON, J. L.; TANG, J. D.; PEREZ, C.; EIGENBRODE, S. D.; PREISLER, H. K.; WILSEY, W. T.; COOLEY, R. J. Resistance of Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, n. 3, p. 697 - 705. DOI: [DOI: 10.1093/jee/86.3.697](https://doi.org/10.1093/jee/86.3.697). Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/86/3/697/2215983>.

SILVA, L. B.; SILVA, J. C.; PAVA, B. E.; PEREIRA, F. F.; MAGGIONI, K.; ANDRADE, L. H.; CANDIDO, A. C. S.; PERES, M. T. L. Insecticide irritability of plant extracts against *Sitophilus zeamais*. **African Journal of Agricultural Research**,

v. 8, n. 11, p. 978 – 983, 2013. DOI: DOI: 10.5897/AJAR12.1849. Disponível em: http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380889886_Silva%20et%20al.pdf.

SINIARD, D. J.; WADE, M. J.; DRURY, D. W. Evolutionary genetics of insecticide resistance and the effects of chemical rotation. DOI: <http://dx.doi.org/10.1101/>. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2016/08/31/072520.full.pdf>.

SPARKS, T. C.; DRIPPS, J. E.; WATSON, G. B.; PAROONAGIAN, D. Resistance and cross-resistance to spinosyns – a review and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357511001817>.

SPARKS, T. C.; LOCKWOOD, J. A.; BYFORD, R. L.; GRAVES, J. B.; LEONARD, B. R. The role of behavior in insecticide resistance. **Pesticide Science**, v.26, n. 4, p. 383–399, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2780260406>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.2780260406>.

STEINBACH, D.; GUTBROD, O.; LÜMMEN, P.; MATTHIESEN, S.; SCHORN, C.; NAUEN, R. Geographic spread, genetics and functional characteristics of ryanodine receptor based target-site resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 63, p. 14–22, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2015.05.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096517481500082X>.

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; FINSON, N.; JOHNSON, M. W. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 5, p. 1671-1976, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1671>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/83/5/1671/2215475>.

TABASHNIK, B.; FINSON, N.; GROETERS, W. J.; MOAR, W. J.; HOHNSON, M. W.; LUO, K.; ADANG, M. J. Reversal of resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94, n. 10, p. 4120 - 4124, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.91.10.4120>. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/91/10/4120>. Acessado em 08 de Abr. de 2019.

TABASHNIK, B. E. Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence and recommendations. **Journal Economic of Entomology**, v. 82, n. 5 p. 1263-1269, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/82.5.1263>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/82/5/1263/2215220>.

TABASHNIK, B. E.; LIU, Y. B.; MALVAR, T.; HECKEL, D. G.; MASSON, L.; FERRÉ, J. Insect resistance to *Bacillus thuringiensis*: uniformo r diverse?. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences** v. 353, n. 1376, p. 1751–1756, 1998. DOI: 10.1098/rstb.1998.0327. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstb.1998.0327>.

TABASHNIK, B. E.; CARRIÈRE, Y. Surge in insect resistance to transgenic crops and prospects for sustainability. **Nature Biotechnology**, v. 35, n.10, p. 926-935, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt.3974>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nbt.3974>.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology and management of the diamondback moths. **Annual Review**, v. 38, p. 275-301, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001423>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.en.38.010193.001423>.

TANG, H.; LYONS, E. Unleashing the genome of *Brassica rapa*. **Frontiers in Plant Science**, v. 3, p. 1-12, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00172>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00172/full>.

TEXEIRA, L. A.; ANDALORO, J. T. Diamide insecticides: global efforts to address insect resistance stewardship challenges. **Pesticide and Biochemistry Physiology**, v. 106, n. 3, p. 76-78, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.01.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357513000242>. Acessado em 07 Abr. de 2019.

THULER, R. T. Criação de *Plutella xylostella*. In: DE BORTOLI, S. A. (Ed.). Criação de insetos: da base à biofábrica. Jaboticabal, SP, p. 58-68, 2009.

TROCZKA, B. J.; MARTIN, S. W.; LINDA, M. F.; DAVIES, T. G. E. Rapid selection for resistance to diamide insecticides in *Plutella xylostella* via specific amino acid polymorphisms in the ryanodine receptor. **NeuroToxicology**, v. 60, p. 224-233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2016.05.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X16300900?via%3Dihub>.

TUELHER, E. S.; SILVA, E. H.; RODRIGUES, H. S.; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Area-wide spatial survey of the likelihood of insecticide control failure in the neotropical Brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 849-859, 2018. DOI: 10.1007/s10340-017-0949-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10340-017-0949-6>.

VACARI, A. M. Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (DALLAS, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758). 2009. 102f. Tese (Doutorado)

VALAITIS, A. P. *Bacillus thuringiensis* pore-forming toxins trigger massive shedding of GPI-anchored aminopeptide N from gypsy moth midgut epithelial cells. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 38, p. 611-618, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2008.03.003>. Disponível em: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs_2008_valaitis_001.pdf.

VEIGA, A. C. P.; VIANA, C. L. T. P.; PEDROSO, E. C.; OTUKA, A. K.; VIANA, M. A.; LAURENTIS, V. L.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A. Biologia comparada de duas populações de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em laboratório. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 773-778, 2010. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_4/A2901_T4545_Comp.pdf.

VERKERK, R. H. J.; WRIGHT, D. J. Multitrophic interactions and management of the diamondback moth: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, n. 3, p. 205-201, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300052482>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletinofentomologicalresearch/article/multitrophicinteractionsandmanagementofthediamondbackmothareview/27D7C1A1BF6D8750630A4377342B8263>.

VILAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A.; MONNERAT, R. G.; FRANÇA, F. H. inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas e impactos sobre a população natural de parasitoides. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 696-699, 2004. DOI: 10.1590/S0102-05362004000400006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362004000400006&script=sci_abstract&lng=pt.

VOICE, D. G.; CHAPMAN, R. B. Imported insecticide resistance in diamondback moth. **New Zealand Plant Protection**, v. 53, p. 83-86, 2000. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1001.1931&rep=rep1&typed>.

WANG, X.; LI, X.; SHEN, A.; WU, Y. Baseline Susceptibility of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) to Chlorantraniliprole in China. **Journal of Economic Entomology**, v. 10, n. 3, p. 843-848, 2010. DOI: 10.1603/EC09367. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/103/3/843/2199471>.

WANG, Z.; XIANG, X.; YU, H.; LIU, S.; YIN, Y.; WU, Y.; YANG, J.; JIANG, C.; YANG, Q. Monitoring and biochemical characterization of beta-cypermethin resistance in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sichuan Province, China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 146, p. 71-79, 2018. DOI: Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357518300439>.

WARWICK, S. I. **Brassicaceae in Agriculture**. In: SCHMIDT, R., BANCROFT, I. (Eds.). **Genetics and genomics of the Brassicaceae**. Springer, p. 680, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Expert Committee on Insecticides, 7th Report. In WHO Technical Report Series; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 1957.

WU, J. X. **Agricultural Entomology**. China Agricultural Press, Beijing, China. 2002.

XAVIER, V. M.; MESSAGE, D.; PICANÇO, M. C.; CHEDIAK, M.; SANTANA, P. A.; RAMOS, R. S.; MARTINS, J. C. Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. **Journal of Insect Science**, v.15, n.1, p. 1-6, 2015. DOI: 10.1093/jisesa/iev110. Disponível em: <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/15/1/137/2583443>.

XIA, Y.; LU, Y.; SHEN, J.; GAO, X.; QIU, H.; LI, J. Resistance monitoring for eight insecticides in *Plutella xylostella* in Central China. **Crop Protection**, v. 63, p 131-137, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.03.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414001008>.

YU, S. J.; NGUYEN, S. N. (1992). Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 44, n. 1, p. 74–81, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(92\)90011-N](https://doi.org/10.1016/0048-3575(92)90011-N). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004835759290011N>.

ZAGO, H. B.; SIQUEIRA, H. À. A.; PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BARROS, R. Resistance and Behavioral response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. **Pest Management Science**, v.70, n. 3, p. 488-495, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3600>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.3600>.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world’s major insect pest, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1115-1129, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC12107>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22928287>.

ZALUCKI, M. P. FURLONG, M. J. Behavior as a mechanism of insecticide resistance: evaluation of the evidence. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, p. 19-25, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.05.006> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574517300135>.

ZHANG, J. M.; Y. B. LV,; LIN, W. C. The toxicities of 11 kinds of insecticides to the diamondback moth, *Plutella xylostella* and its natural enemy *Erigonidium gramiuicolum*. **Journal of Applied of Entomology**, v. 48, p. 301–305, 2011.

ZHANG, J. H.; WANG, C. Z.; QIN, J. D.; GUO, S. D. Feeding behaviour of *Helicoverpa armigera* larvae on insect-resistant transgenic cotton and non-transgenic cotton. **Journal Applied of Entomology**, v. 128, n. 3, p. 218-225, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00841.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0418.2004.00841.x>.

ZHANG, S.; ZHANG, X.; SHEN, J.; LI, D.; WAN, H.; YOU, H.; LI, J. Cross-resistance and biochemical mechanisms of resistance to Indoxcarb in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 140, p. 85-98, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.06.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357517301621>.

ZHANG, S.; ZHANG, X.; SHEN, J.; MAO, K.; YOU, H.; LI, J. Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 133, p. 18-46, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.01.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357516300062>.

ZHAO, J. Z.; COLLINS, H. L.; LI, Y. X.; MAU, R. F. L.; THOMPSON, G. D.; HERTLEIN, M.; ANDALORO, J. T.; BOYKIN, R.; SHELTON, A. M. Monitoring of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance in a field-evolved multi-

resistant population of *Plutella xylostella*. **Pest Management Science**, v. 66, p. 176-181, 2006. DOI: 10.1653/024.098.0112. Disponível em: 10.1653/024.098.0112.

ZHEN, D.; CHEN, H. Y.; LI, Z. Y.; ZHANG, Y., YIN, F.; LIN, Q. S.; BAO, H. L.; ZHOU, X. M.; FENG, X. Found a field population of diamondbackmoth, *Plutella xylostella* (L.), with high-level resistance to chlorantraniliprole in Guangdong. **Guangdong Agricultural Sciences**, v. 1, n. 1, p. 79–81, 2012. Disponível em: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GDNY201201033.htm.

ZHOU, L.; HUANG, J.; XU, H. Monitoring resistance of field populations of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: a ten-yearcase study. **Crop Protection**, v.30, n.3, p. 272-276, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.10.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219410003030>

ZHOU, X. R.; CHANG, J.; PANG, B. Population dynamics and insecticide resistance of *Plutella xylostella* in Inner Mongolia. Chin. **Journal Applied of Entomology**, v. 50, p. 173–179, 2013. DOI: 10.1603/EC11384. Disponível: <https://academic.oup.com/jee/articleabstract/105/3/739/912239?redirectedFrom=fulltext>

ZHU, L.; LI, Z.; ZHANG, S.; XU, B.; ZHANG, Y.; ZALUCKI, M. P.; WU, Q.; YIN, Z. Population dynamics of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in Northern China: the effects of migration, cropping patterns and climate. **Pest Management Sciences**, v. 74, n. 8, p. 1845-1853, 2018. DOI: 10.1002/ps.4885. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.4885>.