

JOANINHA PREDADORA RESISTENTE A PIRETROIDES: CONTRIBUIÇÃO PARA O
CONTROLE DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS

por

ROGÉRIO LIRA

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

A conservação de inimigos naturais e o uso de inseticidas são cruciais para o manejo de pragas. Logo, a seletividade fisiológica obtida através da resistência a inseticidas pode auxiliar no controle de pragas, desde que o inimigo natural e o inseticida atuem contra diferentes pragas ou complementem um ao outro no controle de um alvo comum. Neste trabalho avaliamos a predação de lagartas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) por *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinelidae), ambas resistente à deltametrina. Adultos da joaninha foram expostos ao resíduo seco de deltametrina para determinar a taxa de predação, o comportamento de predação em diferentes densidades de lagartas, a escolha entre folhas de couve tratadas e não tratadas com deltametrina, o potencial de redução populacional de *P. xylostella* em condições de confinamento, em casa de vegetação e a preferência entre *P. xylostella* e o pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae). Joaninhas resistente e suscetível consomem, em média, 9,8 e 6,0 lagartas de *P. xylostella*, respectivamente, em folhas tratadas com deltametrina em 24h. A população resistente não apresentou preferência entre superfícies tratadas e não tratadas com inseticida. Apesar de preda preferencialmente pulgões, *E. connexa* também consumiu lagartas de *P. xylostella* mesmo sob alta disponibilidade de pulgão. Além disso, a joaninha resistente apresentou

maior predação comparada à população suscetível no tratamento com deltametrina. Em casa de vegetação, indivíduos resistente e suscetível de *E. connexa* exibiram sobrevivência similar após 10 dias de confinamento sobre plantas tratadas, e ambas as populações consumiram cerca de 95% dos indivíduos de *P. xylostella* nos tratamentos com deltametrina. Assim, concluímos que a população resistente de *E. connexa* sobrevive à exposição a deltametrina e não apresenta alteração no comportamento de predação, demonstrando potencial de integração desses métodos de controle no manejo de *P. xylostella*, mesmo na presença da presa preferencial *L. erysimi*.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, joaninha, traça-das-crucíferas, seletividade de inseticida, resistência a inseticidas.

LADY BEETLE RESISTANT TO PYRETHROIDS: CONTRIBUTION TO THE CONTROL OF
THE DIAMONDBACK MOTH

por

ROGÉRIO LIRA

(Under the Direction of Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

ABSTRACT

The conservation of natural enemies and the use of insecticides are crucial for pest management. Therefore, the physiological selectivity obtained through insecticide resistance can aid in the integrated management of pests in conventional crops, in special when the natural enemy and the insecticide act against different pests or complement one another in the control of a common target. Thus, in this work was evaluated the potential of predation of *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) population resistant to deltamethrin on diamond back moth (DBM) *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), also resistant to pyrethroids. Adult of the lady beetle were exposed to the dry residue of deltamethrin on cabbage leaves to determine the rate of predation, the predation behavior at different densities of larvae in treated and untreated environment, the choice between leaves of cabbage treated and not treated with deltamethrin, the potential for population reduction of *P. xylostella*, and the preference between DBM larvae and the aphid *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae). Resistant and susceptible *E. connexa*, consumed during 24h exposure, an average of 9.8 and 6.0 DBM's larvae, respectively. In addition, lady beetle resistant exhibited similar predation on treated and untreated environment and higher predation than susceptible beetle under treated environment as function DBM's larvae availability. Adults resistant of *E. connexa* showed no preference between treated

and untreated surfaces for prey consumption. In greenhouse, resistant and susceptible *E. connexa* exhibited similar survival after 10 days of confinement on plants treated with recommended dosage of deltamethrin and both populations consumed about 95% of DBM in deltamethrin treatments. Despite preying more aphids, *E. connexa* also consumed DBM's larvae even under high availability of the aphid. Thus, we conclude that resistant population of *E. connexa* survives the exposure to deltamethrin and, does not present alteration in the behavior of predation under treatment with deltamethrin.

KEY WORDS: Biological control, lady beetle, diamondback moth, insecticide selectivity, insecticide resistance.

JOANINHA PREDADORA RESISTENTE A PIRETROIDES: CONTRIBUIÇÃO PARA O
CONTROLE DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS

por

ROGÉRIO LIRA

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

RECIFE - PE

Julho – 2017

JOANINHA PREDADORA RESISTENTE A PIRETROIDES: CONTRIBUIÇÃO PARA O
CONTROLE DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS

por

ROGÉRIO LIRA

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

JOANINHA PREDADORA RESISTENTE A PIRETROIDES: CONTRIBUIÇÃO PARA O
CONTROLE DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS

por

ROGÉRIO LIRA

Orientador: _____
Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores: _____
Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

Paulo Roberto Ramos Barbosa – PNPd/CAPES

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e família, Rogério José de Lira, Geônia da Silva Lira, Tennyson Lira, Andresa Lira, Silvana Paulino e meus sobrinhos Henry e Cloe.

“Um homem que não se dedica à família jamais será um homem de verdade”

– O Poderoso Chefão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo conhecimento concedido e pela força e ânimo de todos os dias.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA).

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida.

A meu pai, Rogério José de Lira que sempre me apoiou nos estudos, pelos conselhos dados e amizade.

A minha mãe, Geônia da Silva Lira pelo apoio emocional e pelo quanto se dedica ao máximo para dar o melhor para seus filhos.

Aos meus irmãos, Tennyson e Andresa pelos momentos divertidos e brigas causadas, mas sempre em meu coração.

Ao meu orientador Jorge Braz Torres pela confiança, paciência e ensinamento em todos esses anos desde o primeiro dia no laboratório.

À Agna Rita que me orientou nos primeiros anos do PIBIC e que, junto com o professor Jorge, é responsável pela paixão criada na área da pesquisa, é onde também me espelho pelo profissionalismo e dedicação.

Aos professores e amigos da graduação em Agronomia, especial Anderson e Robson pelas horas de companheirismo e estudo.

Aos professores do PPGEA pelo ensinamento dado, pela dedicação e empenho para transferir seus conhecimentos.

Aos amigos do Laboratório de Controle Biológico Luziani Bestete, Rebecca Basto, Paulo Barbosa, Denner Potin, Rene Luna, Priscilla Costa, Alice Sutana, Lucas Sousa, Antônio Macedo, Guilherme Rolim, Alessandra Guedes, Anderson Machado e Deividny Nascimento pela amizade, paciência e ajuda.

Aos meus amigos e família que me ajudaram diretamente ou indiretamente, pois sem eles meus caminhos seriam sem graça e nada emocionante, cujas escolhas certas e erradas me trouxeram até aqui.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	viii
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	9
2 INTERAÇÃO <i>Eriopis connexa</i> (GERMAR) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) E <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) RESISTENTES A PIRETROIDES	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS	27
DISCUSSÃO.....	30
AGRADECIMENTOS.....	36
LITERATURA CITADA.....	36
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A traça-das-crucíferas é considerada a principal praga das Brássicas em todo o mundo (Talekar & Shelton 1993). Suas larvas alimentam dos tecidos foliares causando perdas quantitativas e qualitativas, ou até mesmo a morte das plantas (Ooi & Kelderman 1979, Shelton *et al.* 1982). Mundialmente, o manejo de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) é altamente dependente de inseticidas sintéticos, podendo os custos atingirem entre 4 a 5 bilhões de dólares (Zalucki *et al.* 2012). A alta pressão de seleção provocada pelo excesso de aplicação de inseticidas tem aumentado o número de casos de resistência a inseticida em *P. xylostella*. De acordo com a base de dados "Arthropod Pesticide Resistance Database", a traça-das-crucíferas possui 862 casos de resistência a 95 compostos com diferentes modos de ação, incluindo organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, ciclodienos, fenilpirazóis, neonicotinoides, espinosinas, avermectina, *Bacillus thuringiensis* (Bt), análogos de nereistoxina, benzoiluréias, diacilhidrazinas e diamidas (APRD 2017).

De acordo com Zhang *et al.* (2016), mesmo encontrando populações de *P. xylostella* suscetíveis em campo, é só uma questão de tempo e uso incorreto de inseticidas para que ocorra a seleção para resistência, pois é uma característica pré-adaptativa, genética e hereditária (Dobzhansky 1951), definida como a capacidade desenvolvida, em uma dada população de insetos, em tolerar doses de produtos tóxicos que seriam letais para certos indivíduos da espécie (Croft *et al.* 1988). Estudos recentes revelaram que *P. xylostella* desenvolveu resistência a novos inseticidas como chlorantraniliprole, indoxacarbe, espinosade e fipronil em um período de dois a três anos de uso (Zhao *et al.* 2002, Sayyed & Wright 2006, Santos *et al.* 2011, Wang & Wu 2012).

Os mecanismos de resistência envolvidos indicam alterações de aminoácido no sítio alvo, ação de enzimas destoxicantes, redução na penetração e mudança comportamental (Sarfranz *et al.* 2005a, Ahmad *et al.* 2006, Zago *et al.* 2014). Contudo, os mecanismos mais comuns são o aumento na atividade de esterases, de glutatona *S*-transferase e de monooxigenases dependentes de citocromo P450 (Li *et al.* 2007, Bass & Field 2011), o que caracteriza uma resistência metabólica.

Elevados níveis de esterases foram observadas em *P. xylostella* resistente a organofosforados, carbamatos, piretroides, indoxacarbe, avermectina e benzoiluréias (Iqbala & Wright 1997, Sayyed & Wright 2006, Eziah *et al.* 2009). Já os altos níveis de glutatona *S*-transferase estão associados à resistência a organofosforados, piretroides e indoxacarbe (Chiang & Sun 1993, Dukre *et al.* 2009, Hu *et al.* 2014a), enquanto o aumento na atividade da monooxigenase dependentes de citocromo P450 contribui na resistência a carbamatos, piretroides, análogos de nereistoxina e diamidas (Bautistaa *et al.* 2009, Pu *et al.* 2010, Sonoda 2010, Hu *et al.* 2014b).

Para retardar a seleção para resistência, existe o manejo da resistência. Georghiou & Saito (1983) organizaram o manejo da resistência em três categorias: manejo por moderação (diminuição da mortalidade por qualquer produto), manejo por saturação (saturação do mecanismo de resistência por doses mais elevadas ou por sinergismo), e manejo por ataque múltiplo (utilização de inseticidas alternados ou em mistura). Baseado numa perspectiva genética, cujo principal objetivo é a diminuição da frequência do gene de resistência na população, são recomendados alguns manejos já utilizados, tais como: aumento da dose do inseticida, uso de compostos que confirmam menores níveis de resistência, tratamento nos estágios de vida mais vulneráveis, uso de sinergismo para suprimir os mecanismos de resistência, utilização de mistura de inseticidas, decréscimo na dose de aplicação (não eliminar todos os insetos suscetíveis), aplicação menos frequente de inseticidas, uso de inseticidas de curto período residual, propiciar

refúgios para o escape dos indivíduos suscetíveis e fazer rotação dos modos de ação de inseticidas (Mallet 1989, Cruz 2002). Contudo, todos os princípios do manejo de resistência proposto por Georghiou & Saito (1983) e, como discutidos por Mallet (1989) e Cruz (2002), o foco é dado apenas ao inseticida e ao inseto alvo, desconsiderando outros métodos adicionais que podem conferir mortalidade da população resistente da praga, ou ao menos reduzir o seu crescimento populacional, como a resistência de plantas, controle cultural e inimigos naturais. Por exemplo, Liu *et al.* (2015) encontram que a joaninha predadora *Coleomegilla maculata* (DeGeer) possui similar taxa de predação de lagartas de *P. xylostella* suscetível e resistente a Cry1Ac, apontado para um potencial manejo desta praga visando o manejo de resistência a toxinas Bt. Assim, inimigos naturais associados a outras táticas de controle representam uma importante ferramenta no manejo da traça-das-crucíferas.

Entre os inimigos naturais de *P. xylostella*, o grupo mais representativo são os parasitoides com mais de 135 espécies (Delvare 2004), porém pouco mais de 60 espécies são de importância agrônômica, atacando ovos, larvas e pupas da traça (Lim 1986, Talekar & Shelton 1993). Os gêneros de parasitoides mais conhecidos são *Diadegma* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Cotesia* (Hymenoptera: Braconidae) e *Oomyzus* (Hymenoptera: Eulophidae). Todavia, entomopatógenos e predadores, também, exercem impacto sobre a traça-das-crucíferas (Sarfraz *et al.* 2005b). Os produtos biológicos que comumente são utilizados no manejo dessa praga são a base de *Bacillus* e *Beauveria*, pois possuem um baixo impacto em outros inimigos naturais (Sarfraz *et al.* 2005b). Alguns predadores são relatados como inimigos naturais de *P. xylostella* tais como aranhas, formigas, moscas, hemípteros, bichos-lixeiros e coleópteros (CABI 2017).

Apesar de joaninhas predadoras serem comumente reconhecidas como inimigo natural de Sternorrhyncha, elas podem se alimentar de outras presas no campo (Evans 2009). As espécies

Cycloneda sanguinea (L.), *C. maculata* e *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville), por exemplo, foram observadas predando a traça-das-crucíferas em plantações de repolho na Jamaica (Alam 1990). Outra joaninha utilizada em estudos de interação com *P. xylostella*, tanto em campo quanto em laboratório, é a *Harmonia axyridis* (Pallas), especialmente por ser bastante generalista (Ferry *et al.* 2003). A *Coccinella septempunctata* L. e *Propylaea japonica* (Thunberg) são, também, exemplos utilizados em experimentos de campo ou laboratório como predadora de *P. xylostella* (CABI 2017). No entanto, existe uma dificuldade na utilização desses agentes de controle no manejo da *P. xylostella*, não apenas por desconhecimento do seu comportamento de consumo de outras presas, mas também pelo uso intensivo de inseticidas no cultivo convencional das brássicas.

O uso integrado dos controles biológico e químico tem sido objetivo histórico do manejo integrado de pragas (MIP), visto que ambos são fundamentais para o sucesso do controle de pragas agrícolas. Contudo, este objetivo tem sido difícil de ser alcançado, uma vez que, os insetos fitófagos bem como a grande maioria dos inimigos naturais (parasitoides e predadores) também são suscetíveis aos inseticidas. Assim, a utilização de inseticidas seletivos se apresenta como fator chave no manejo de pragas (Croft 1990).

Didaticamente, a seletividade pode ser classificada como ecológica, a logística de como o produto é utilizado visando minimizar a exposição do inimigo natural ao inseticida. Por outro lado, a seletividade fisiológica é atingida pela suscetibilidade diferenciada em que o inseticida é mais tóxico à praga que o inimigo natural (Ripper *et al.* 1951, Newsom *et al.* 1976, Hull & Beers 1985). Este último caso resulta da interação entre as características químicas dos inseticidas e a fisiologia do organismo alvo. Assim, os inseticidas podem apresentar toxicidade diferencial à praga e ao inimigo natural devido às diferenças de penetração no corpo do inseto, sensibilidade do sítio alvo, e aos mecanismos de ativação, degradação e excreção (Sparks 1990). Os produtos

fisiológicos, os inseticidas biológicos a base de bactérias e vírus, por exemplo, são específicos para as espécies alvo e apresentam baixo impacto sobre os inimigos naturais. Por outro lado, os inseticidas sintéticos e de amplo espectro como os piretroides geralmente se mostram altamente nocivos aos inimigos naturais. Nesse contexto, a seletividade fisiológica obtida mediante seleção natural ou induzida de populações de inimigos naturais resistentes a inseticidas possibilitaria a utilização conjunta desses dois métodos de controle pragas (Torres 2012, Torres *et al.* 2015).

A resistência de artrópodes pragas a inseticidas tem sido relatada desde 1914, sendo a redução da suscetibilidade da cochonilha-de-São-José, *Quadraspidotus perniciosus* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae) ao enxofre em pó (Melander 1914), registrado como o primeiro caso de resistência. Inimigos naturais também têm sido citados como resistentes a inseticidas, porém com menor frequência que as pragas. Dentre os inimigos naturais, a maioria dos casos de resistência a um ou mais inseticidas é representada por ácaros predadores (i.e., 17 espécies), seguido por 15 espécies de Hymenoptera (Aphelinidae, Braconidae, Encyrtidae, Eucolidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Trichogrammatidae e Aphidiidae), 11 Coleoptera (Carabidae, Coccinellidae e Staphylinidae), seis Hemiptera (Cimicidae, Geocoridae, Miridae, Nabidae, Pentatomidae), um Dermaptera (Labiduridae), um Neuroptera (Chrysopidae) e um Diptera (Cecidomyiidae) (Croft 1990, APRD 2017).

As joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) são importantes predadores em diversos agroecossistemas, promovendo o controle biológico natural de várias espécies de pragas, especialmente de hemípteros (Obrycki & Kring 1998, Völkl *et al.* 2007). Consta na base de dados sobre resistência de artrópodes a inseticidas seis casos de joaninhas resistentes. Estas incluem *C. maculata* resistente a organofosforados na cultura do algodão (Head *et al.* 1977), *Stethorus punctum* (LeConte) e *Stethorus punctillum* (Weise) resistentes ao azinfos-metil na cultura da

maçã (Hull & VanStarner 1983, Pasqualini & Malavolta 1985), embora tal observação não tenha sido confirmada. Além destas, recentemente foram detectadas populações de *Stethorus gilvifrons* (Muls.) resistente a bifentrina em macieira (Kumral *et al.* 2011), *Eriopis connexa* (Germar) resistente a lambda-cialotrina em repolho (Rodrigues *et al.* 2013a). Em condições de laboratório, uma população de *Adalia bipunctata* (L.) foi selecionada para resistência para quatro inseticidas (espirotetramate, flonicamida, flubendiamida, metaflumizone) (Garzon *et al.* 2015) e *H. convergens* resistente a lambda-cialotrina (Ruberson *et al.* 2007, Rodrigues *et al.* 2013b) e ao dicotofós em algodoeiro (Barbosa *et al.* 2016). Também, entre quatro populações de *P. japonica* coletadas em campos de brássicas no Sul da China, uma população oriunda da província de Nanning apresentou razão de resistência de 10,1 vezes a abamectina e outra população da província de Guangzhou apresentou resistência de 6,2 e 5,9 vezes a beta-cipermetrina e ao imidacloprido, respectivamente (Tang *et al.* 2015). Neste mesmo estudo, a população de Guangzhou foi submetida à seleção com o imidacloprido e, após 20 gerações, apresentou razão de resistência de 39,3.

Assim, predadores e parasitoides são encontrados apresentando resistência a inseticidas, devido à exposição e seleção natural em campo (Lim 1986), o que permitirá a permanência do inimigo natural em campo após aplicação de inseticidas. Desta maneira, os inimigos naturais sobreviventes poderiam exercer o controle sobre pragas, sobreviventes após controle químico ou de pragas não alvo do inseticida utilizado.

Hoy (1992) mencionou que inimigos naturais resistentes seriam uma solução no controle da praga em curto prazo em programas de manejo. Um exemplo disso foi o uso de linhagens selecionadas em laboratório do ácaro *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae) para resistência a carbaril e permetrina, na qual foi estabelecida por três anos em amendoeiras na Califórnia, onde houve uma redução no número de aplicações necessárias para o controle dos

ácaros *Tetranychus pacificus* McGregor, *Tetranychus urticae* Koch e *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) (Hoy *et al.* 1984). Portanto, devemos considerar inimigos naturais resistentes a inseticidas como mais uma forma de conservação de controle biológico para o MIP.

Inimigos naturais resistentes a inseticidas são pouco estudados e explorados neste contexto de integração simultânea dos controles químico e biológico. Contudo, os estudos sobre a caracterização da resistência de *E. connexa* ao piretroide lambda-cialotrina (Rodrigues *et al.* 2013a, 2013b), podem subsidiar o avanço neste sentido de integração. A resistência de *E. connexa* à lambda-cialotrina se dá pela destoxificação enzimática do produto (Rodrigues *et al.* 2013b), o que tem conferido alta tolerância a outros seis inseticidas piretroides como a deltametrina (Torres *et al.* 2015).

Resultados obtidos por Spindola *et al.* (2013) mostram que a joaninha resistente não é repelida pelo uso da lambda-cialotrina, enquanto que a dosagem tolerada foi suficiente para obter controle satisfatório do bicudo-do-algodoeiro, a principal praga desta cultura. Também, Ferreira *et al.* (2013) encontraram que o consumo do pulgão-do-algodoeiro, *Aphis gossypii* Glover, foi menor para a população resistente inicialmente devido ao período requerido para recuperar do efeito *knockdown* ocasionado pela exposição a lambda-cialotrina, mas esse consumo se igualou ao da população suscetível após três dias da exposição, com consumo médio de aproximadamente 60 pulgões por dia.

Entre os inseticidas registrados para uso no Brasil, mais de 70% inclui algum piretroide como ingrediente ativo (AGROFIT 2016). A lambda-cialotrina apresenta largo espectro de uso no controle de lagartas e coleópteros desfolhadores, sendo o segundo inseticida piretroide mais importante em uso, perdendo apenas para a deltametrina (Wirtz *et al.* 2009).

As joaninhas predadoras da subfamília Coccinellinae, como *E. connexa*, predam diversas espécies de pragas de corpo macio (ex., pulgões, cochonilhas, ácaros, psilídeos e etc). De fato,

joaninhas predadoras são consideradas com destaque entre os inimigos naturais de pulgões, pois tanto as larvas como os adultos são vorazes predadoras de várias espécies de pulgões e em variados agroecossistemas (Obrycki & Kring 1998, Völkl *et al.* 2007). Contudo, predadores e outros fatores de mortalidade natural têm sido ignorados e pouco entendidos para o controle da traça-das-crucíferas, *P. xylostella* (Talekar & Shelton 1993, Furlong *et al.* 2004). A maioria das pesquisas de inimigos naturais de *P. xylostella* relacionada aos parasitoides (Lim 1986, Silva-Torres *et al.* 2011).

Avanços na área de controle biológico tem permitido aos inimigos naturais serem menos ofuscados pela alta eficácia, resposta rápida e uso relativamente fácil dos inseticidas, que tornaram o controle químico o método de controle curativo escolhido pelos produtores. Contudo, estudos relacionados à resistência a inseticidas em importantes pragas agrícolas, surtos de pragas secundárias e a ressurgência de pragas, tem proporcionado aos inseticidas outra perspectiva. Inicialmente, o controle integrado envolvia a combinação do uso de inimigos naturais e manejo de inseticidas (Stern *et al.* 1959). Posteriormente, o conceito de MIP evoluiu para incluir o uso coordenado de todas as possíveis táticas viáveis, incluindo inseticidas, inimigos naturais, resistência de plantas, controles culturais e outros métodos (Smith *et al.* 1976). A atividade do inimigo natural está ligada ao controle da praga para que ela não ultrapasse a densidade que ocasione prejuízos para uma dada cultura, ou seja, não chegue a densidade que corresponda ao nível de controle. Portanto, os inimigos naturais e inseticidas podem ser efetivos, quando integrado com o conhecimento adequado do inseticida a ser utilizado e seus efeitos nas populações de inimigos naturais (Bartlett 1964, Jepson 1989, Croft 1990, Greathead 1995). De fato, o uso de doses variadas de inseticidas ou o uso de inseticidas seletivos é o meio mais utilizado na conservação do inimigo natural (Ruberson *et al.* 1998). E, portanto, acreditamos que o inimigo natural resistente a inseticida pode contribuir significativamente no controle biológico inserido no

contexto do MIP. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a joaninha *E. connexa* como predadora suplementando o controle de pragas das brássicas, o que inclui *P. xylostella*, resistente a deltametrina.

Literatura Citada

- AGROFIT. 2016 (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários).** Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 21/06/2016.
- Ahmad, M., I. Denholm & R.H. Bromilow. 2006.** Delayed cuticular penetration and enhanced metabolism of deltamethrin in pyrethroid-resistant strains of *Helicoverpa armigera* from China and Pakistan. *Pest Manag. Sci.* 62: 805–810.
- Alam, M. M. 1990.** Diamondback moth and its natural enemies in Jamaica and some other Caribbean Islands. In *Proceedings of the Second International Workshop Tainan, Taiwan*. 14p.
- APRD. 2017.** Arthropod Pesticide Resistance Database <www.pesticideresistance.com>. (Acesso em: 7/07/2017).
- Barbosa, P.R.R., J.P. Michaud, A.R.S. Rodrigues & J.B. Torres. 2016.** Dual resistance to lambda-cyhalothrin and dicofol in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere* 159: 1–9.
- Bartlett, B.R. 1964.** Integration of chemical and biological control, p. 489–514. In P. DeBach (Ed.), *Biological control of insect pests and weeds*. London, Chapman & Hall, 844p.
- Bass, C. & L.M. Field. 2011.** Gene amplification and insecticide resistance. *Pest Manag. Sci.* 67: 886–890.
- Bautistaa, M.A.M., T. Miyataa, K. Miuraa & T. Tanaka. 2009.** RNA interference-mediated knockdown of a cytochrome P450, CYP6BG1, from the diamondback moth, *Plutella xylostella*, reduces larval resistance to permethrin. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 39: 38–46.
- CABI. 2017.** *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/42318>>. Acesso em 03/07/17.
- Chiang, F.M. & C.N. Sun. 1993.** Glutathione transferase isozymes of diamondback moth larvae and their role in the degradation of some organophosphorus insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 45: 7–14.
- Croft, B.A. & H.E. Van de Baan. 1988.** Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 277–300.
- Croft, B.A. 1990.** *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York, John Wiley & Sons, 723p.
- Cruz, I. 2002.** Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Sete Lagoas, Minas Gerais, Embrapa Milho e Sorgo. 15p.

- Delvare G. 2004.** The taxonomic status and role of Hymenoptera in biological control of DBM, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), p. 17–49. In A.A Kirk, D. Bordat, (Eds.), Improving biocontrol of *Plutella xylostella*. Proceedings of the International Symposium. Montpellier, France, 274p.
- Dobzhansky, T. 1951.** Genetics and the origin of species. 3rd ed., New York, Columbia University Press, 364p.
- Dukre, A.B., M.P. Moharil, B.S. Ghodki & N.G.V. Rao. 2009.** Role of glutathione-s-transferase in imparting resistance to pyrethroids in *Plutella xylostella* (L.). Int. J. Integr. Biol. 6: 17–21.
- Evans, E.W. 2009.** Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. Biol. Control. 51: 255–267.
- Eziah, V.Y., H.A. Rose, M. Wilkes & A.D. Clift. 2009.** Biochemical mechanisms of insecticide resistance in the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae), in the Sydney region, Australia. Aust. J. Entomol. 48: 321–327.
- Ferreira, E.S., A.R. Rodrigues, C.S. Silva-Torres & J.B. Torres. 2013.** Life-history costs associated with resistance to lambda-cyhalothrin in the predatory ladybird beetle *Eriopis connexa*. Agri. For. Entomol. 15: 168–177.
- Ferry, N., R.J.M. Raemaekers, M.E.N. Majerus, L. Jouanin, G. Port, J.A. Gatehouse, & A.M.R. Gatehouse. 2003.** Impact of oilseed rape expressing the insecticidal cysteine protease inhibitor oryzacystatin on the beneficial predator *Harmonia axyridis* (multicoloured Asian ladybeetle). Mol. Ecol. 12: 493–504.
- Furlong, M.J., Z.H. Shi, S.S. Liu & M.P. Zalucki. 2004.** Evaluation of the impact of natural enemies on *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) populations on commercial Brassica farms. Agric. Forest Entomol. 6: 311–322.
- Garzon, A., P. Medina, F. Amor, E. Vinuela & F. Budia, 2015.** Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). Chemosphere 132: 87–93.
- Georghiou, G.P. & T. Saito. 1983.** Pest resistance to pesticides. New York: Plenum Press. 809p.
- Greathead, D.J. 1995.** Natural enemies in combination with pesticides for integrated pest management, p. 183–197. In R. Reuveni (Ed.), Novel approaches to integrated pest management, Boca Raton, Lewis Publishers, 369p.
- Head, R., W.W. Neel, C.F. Sartor & H. Chambers. 1977.** Methyl parathion and carbaryl resistance in *Chrysomela scripta* and *Coleomegilla maculata*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 17: 163–164.
- Hoy, M., W. Barnett, L. Hendricks, D. Castro, D. Cahn, W. Bentley. 1984.** Managing spider mites in almonds with pesticide-resistant predators. Calif. Agr. 38: 18–20.
- Hoy, M.A. 1992.** Criteria for release of genetically-improved phytoseiids: an examination of the risks associated with release of biological control agents. Exp. Appl. Acarol. 14: 393–416.

- Hu, Z.D., X. Feng, S.Q. Lin, H.Y. Chen, Z.Y. Li, F. Yin, P. Liang & X.W. Gao. 2014a.** Biochemical mechanism of chlorantraniliprole resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* Linnaeus. *J. Integr. Agric.* 13: 2452–2459.
- Hu, Z.D., S.Q. Lin, H.Y. Chen, Z.Y. Li, F. Yin, X. Feng. 2014b.** Identification of a novel cytochrome P450 gene, CYP321E1 from the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) and RNA interference to evaluate its role in chlorantraniliprole resistance. *Bull. Entomol. Res.* 104: 716–723.
- Hull, L.A. & E.H. Beers. 1985.** Ecological selectivity: Modifying chemical control practices to preserve natural enemies, p. 103–122. In M.A. Hoy & D.C. Herzog (Eds.), *Biological control in agricultural IPM systems*. New York, Academic Press Inc., 589p.
- Hull, L.A. & R. VanStarter. 1983.** Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. *J. Econ. Entomol.* 76: 122–130.
- Iqbala, M. & D.J. Wright. 1997.** Evaluation of resistance, cross-resistance and synergism of abamectin and teflubenzuron in a multi-resistant field population of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), *Bull. Entomol. Res.* 87: 481–486.
- Jepson, P.C. 1989.** Temporal and spatial dynamics of pesticide side-effects on non-target invertebrates, p. 95–128. In P.C. Jepson (Ed.), *Pesticides and non-target invertebrates*. England, Intercept, 352p.
- Kumral, N.A., N.S. Gencer, H. Susurluk & C. Yalcin. 2011.** A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Int. J. Acarol.* 37: 255–268.
- Li, X.C., M.A. Schuler & M.R. Berenbaum. 2007.** Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics, *Annu. Rev. Entomol.* 52: 231–253.
- Lim, G.S. 1986.** Biological control of diamondback moth, p. 159–171. In N.S. Talekar & T.D. Griggs (Eds), *Diamondback Moth Management: Proc. 1st Int. Workshop*, Shanhua, Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center, 471p.
- Liu, X., G.H. Abro, F. Han, J. Tian, M. Chen, D. Onstad, R. Roush, Q. Zhang & A.M. Shelton. 2015.** Effect of Bt broccoli and resistant genotype of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on life history and prey acceptance of the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control* 91: 55–61.
- Mallet, J. 1989.** The evolution of insecticide resistance: Have the insects won? *Trends in Evol. Ecol.* 4: 336–340.
- Melander, A.L. 1914.** Can insects become resistant to sprays? *J. Econ. Entomol.* 7: 167–173.
- Newsom, L.D., R.F. Smith & W.H. Whitcomb. 1976.** Selective pesticides and selective use of pesticides, p. 565–591. In C.B. Huffaker & P.S. Messenger (Eds.), *Theory and practice of biological control*. New York, Academic Press, 788p.
- Obrycki, J.J. & T.J. Kring. 1998.** Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 295–321.

- Ooi, P.A.C. & W. Kelderman. 1979.** The biology of three common pests of cabbages in Cameron Highlands, Malaysia. *Malays. Agric. J.* 52: 85–101.
- Pasqualini, E. & C. Malavolta. 1985.** Possibility of natural limitation of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) on apple in Emilia-Romagna. *Boll. Ist. Entomol. "Guido Grandi" Stud. Bologna* 39: 221–230.
- Pu, X., Y.H. Yang, S.W. Wu & Y.D. Wu. 2010.** Characterisation of abamectin resistance in a field-evolved multi-resistant population of *Plutella xylostella*. *Pest Manag. Sci.* 66: 371–378.
- Ripper, W.E., R.M. Greenslade & G.S. Hartley. 1951.** Selective insecticides and biological control. *J. Econ. Entomol.* 44: 448–459
- Rodrigues, A.R.S., A.F. Spíndola, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & F. Colares. 2013a.** Response of different populations of seven lady beetle species to lambda-cyhalothrin with record of resistance. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 96: 53–60.
- Rodrigues, A.R.S., J.R. Ruberson, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & J.G. Scott, J.G. 2013b.** Pyrethroid resistance and its inheritance in a field population of *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville) (Coleoptera: Coccinellidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 105: 135–143.
- Ruberson, J.R., H. Nemoto & Y. Hirose. 1998.** Pesticides and conservation of natural enemies in pest management, p. 207–220. In P. Barbosa (Ed.), *Conservation Biological Control*. San Diego, Academic, 396p.
- Ruberson, J.R., P. Roberts & J.P. Michaud. 2007.** Pyrethroid resistance in Georgia populations of the predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Proc. Beltwide Cotton Conf.* 1: 361–365.
- Santos, V.C., H.A.A. Siqueira, J.E. Silva & M.J.D.C. Farias. 2011.** Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40: 264–270.
- Sarfraz, M., L.M. Dossall & B.A. Keddie. 2005a.** Evidence for behavioural resistance by the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), *J. Appl. Entomol.* 129: 340–341.
- Sarfraz, M., A.B. Keddie & L.M. Dossall. 2005b.** Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: a review. *Biocontrol Sci. Technol.* 15: 763–89
- Sayyed, A.H. & D.J. Wright. 2006.** Genetics and evidence for an esterase-associated mechanism of resistance to indoxacarb in a field population of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae), *Pest Manag. Sci.* 62: 1045–1051.
- Shelton, A.M., J.T. Anoaloro & J. Barnaro. 1982.** Effects of cabbage looper, imported cabbage worm and diamondback moth on fresh market and processing cabbage. *J. Econ. Entomol.* 75: 742–745.
- Silva-Torres, C.S.A., J.B. Torres & R. Barros. 2011.** Can cruciferous agroecosystems grown under variable conditions influence biological control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)? *Biocontrol Sci. Technol.* 21: 625–641.

- Smith, R.F., J.L. Apple & D.G. Bothell. 1976.** The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops, p. 1–16. In J.L. Apple & R.F. Smith (Eds.). *Integrated Pest Management*. New York, Plenum Press, 200p.
- Sonoda, S. 2010.** Molecular analysis of pyrethroid resistance conferred by target insensitivity and increased metabolic detoxification in *Plutella xylostella*. *Pest Manag. Sci.* 66: 572–575.
- Sparks, T.C. 1990.** Endocrine-based insecticides, p. 103–154. In E. Hodgson & R.J. Kuhr (Eds.). *Safer insecticides: development and use*. New York, Marcel Dekker Inc., 592p.
- Spíndola, A.F., C.S.A. Silva-Torres, A.R.S. Rodrigues & J.B. Torres. 2013.** Survival and behavioural responses of the predatory ladybird beetle, *Eriopis connexa* populations susceptible and resistant to a pyrethroid insecticide. *Bull. Entomol. Res.* 103: 485–494.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. Van den Bosch & K.S. Hagen. 1959.** The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. The integrated control concept. *Calif. Agric.* 29: 81–101.
- Talekar, N.S. and A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 275–301.
- Tang, L.D., B.L. Qiu, A.G. Cuthbertson & S.X Ren. 2015.** Status of insecticide resistance and selection for imidacloprid resistance in the ladybird beetle *Propylaea japonica* (Thunberg). *Pestic. Biochem. Physiol.* 123: 87–92.
- Torres, J. B. 2012.** Insecticide resistance in natural enemies - seeking for integration of chemical and biological controls. *J. Biofert. Biopest.* 3: 1–3.
- Torres, J.B., Rodrigues, A.R.S., Barros, E.M. & D.S. Santos. 2015.** Lambda-cyhalothrin resistance in the lady beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) confers tolerance to other pyrethroids. *J. Econ. Entomol.* 108: 60–68.
- Völkl, W., M. Mackauer, J.K. Pell & J. Brodeur. 2007.** Predators, parasitoids and pathogens, p. 187–233. In H.F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as crop pests*. Willingford, CAB International, 717p.
- Wang, X.G. & Y.D. Wu. 2012.** High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella*. *J. Econ. Entomol.* 105: 1019–1023.
- Wirtz, K., S. Bala, A. Amann & A. Elbert. 2009.** A promise extended future role of pyrethroids in agriculture. *Bayer Crop Sci. J.* 62: 145–157.
- Zago, H.B., H.Á.A. Siqueira, E.J. Pereira, M.C. Picanço & R. Barros. 2014.** Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. *Pest Manag. Sci.* 70: 488–495.
- Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng & M.J. Furlong. 2012.** Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? *J. Econ. Entomol.* 105: 1115–1129.

- Zhang, S., X. Zhang, J. Shen, K. Mao, H. You & J. Li. 2016.** Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pestic. Biochem. Physiol.* 132: 38–46.
- Zhao, J.Z., Y.X. Li, H.L. Collins, L. Gusukuma-Minuto, R.F.L. Mau, G.D. Thompson, A.M. Shelton. 2002.** Monitoring and characterization of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad. *J. Econ. Entomol.* 95: 430–436.

CAPÍTULO 2

INTERAÇÃO *Eriopis connexa* (GERMAR) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) E
Plutella xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) RESISTENTES A PIRETROIDES¹

ROGÉRIO LIRA²

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Rua Dom Manoel de Medeiros, Recife, PE, 52171-900, Brasil.

¹Lira, R. Interação *Eriopis connexa* (Germar) e *Plutella xylostella* (L.) resistentes a piretroides. A ser submetido.

RESUMO - *Eriopis connexa* (Germar) é uma importante predadora de pulgões em brássicas e diversas outras culturas. Contudo, sua conservação no campo pode ser comprometida pelo uso frequente de inseticidas, como ocorre no manejo da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.). Assim, estratégias que viabilizem a integração entre inseticidas para o controle da traça e joaninhas para o controle de pulgões é essencial para o sucesso do manejo de pragas das brássicas. A interação de *E. connexa* e *P. xylostella* resistentes a piretroides, considerando ainda a disponibilidade de lagartas e a presença do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) como presa preferencial, em ambiente tratado ou não com a deltametrina foi estudada. Joaninhas resistente e suscetível consomem durante 24h, em média, 9,8 e 6,0 lagartas de *P. xylostella*, respectivamente, em folhas tratadas com deltametrina. Joaninha resistente apresentou maior predação comparada à população suscetível quando submetidas a crescente densidade de lagartas. Além disso, a população resistente não apresentou preferência entre superfícies tratadas e não tratadas. Em casa de vegetação, joaninhas resistente e suscetível exibiram sobrevivência semelhante após 10 dias de confinamento sobre plantas tratadas com deltametrina, e reduziram em 5,0% e 5,6%, respectivamente os indivíduos de *P. xylostella* no tratamento com deltametrina. Apesar de preferir pulgões como presa, *E. connexa* também consumiu lagartas de *P. xylostella* mesmo sob alta disponibilidade de *L. erysimi*. Assim, concluímos que a população resistente de *E. connexa* sobrevive a exposição a deltametrina e, não apresenta alteração no comportamento de predação sob tratamento com deltametrina, além de predação de lagartas mesmo com disponibilidade de pulgões.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, joaninha, traça-das-crucíferas, controle químico, seletividade de inseticida, resistência a inseticidas

INTERACTION BETWEEN *Eriopis connexa* (GERMAR) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) AND *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
RESISTANT TO PYRETHROIDS

ABSTRACT – *Eriopis connexa* (Germar) is an important predator of aphids in brassicas and other crops. However, its conservation in the field can be compromised by the frequent use of insecticides such as to the control of diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.). Thus, the integration of insecticides toward DBM control and conservation of the lady beetle to control aphids is essential for the success of brassica pest management. In the present study, we evaluated different aspects of the predation of *P. xylostella* by *E. connexa*, both resistant to pyrethroids, and the effect of a preferred prey in the predation rate, the aphid *Lipaphis erysimi* (Kalt.), in treated environment with deltamethrin. Resistant and susceptible *E. connexa*, consumed during 24h exposure, an average of 9.8 and 6.0 DBM's larvae, respectively. In addition, lady beetle resistant exhibited similar predation on treated and untreated environment and higher predation than susceptible beetle under treated environment as function DBM's larvae availability. Adults resistant of *E. connexa* showed no preference between treated and untreated surfaces for prey consumption. In a greenhouse, resistant and susceptible ladybugs exhibited similar survival after 10 days of confinement on plants treated with deltamethrin, and reduced by 5.0% and 5.6%, respectively, individuals of *P. xylostella* in the treatment with deltamethrin. Despite preying more aphids, *E. connexa* also consumed DBM's larvae even under high availability of the aphid. Thus, we conclude that resistant population of *E. connexa* survives the exposure to deltamethrin and, does not present alteration in the behavior of predation under treatment with deltamethrin.

KEY WORDS: Biological control, lady beetle, diamondback moth, insecticide selectivity, insecticide resistance

Introdução

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), apresenta-se como uma das pragas de importância mundial. As perdas ocasionadas por essa praga são potencializadas pela sua facilidade de adaptação a diferentes condições climáticas, ciclo de vida curto, alto potencial biótico e incidência em todas as espécies de brássicas cultivadas (Chapman *et al.* 2002, Sarfraz *et al.* 2006). O manejo da traça-das-crucíferas tem sido baseado no uso de inseticidas (Talekar & Shelton 1993), podendo os custos atingir entre 4 a 5 bilhões de dólares (Zalucki *et al.* 2012), o que tem motivado a busca constante por novos inseticidas para o seu controle. Além dos grupos mais recentes como as espinosinas, fenilpirazóis e diamidas, inseticidas mais antigos como os carbamatos, organofosforados e piretroides (Castelo Branco *et al.* 2003, Grzywacz *et al.* 2010, Ribeiro *et al.* 2017), continuam sendo empregados no controle dessa praga.

O uso indiscriminado de inseticidas contra *P. xylostella*, além de aumentar os custos de produção, tem contribuído para selecionar populações resistentes a diversos ingredientes ativos, resultando, assim, em consecutivas falhas de controle de vários grupos inseticidas (APRD 2017). Casos de resistência a 95 compostos com diferentes modos de ação incluindo misturas de inseticidas (Attique *et al.* 2006), produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Zago *et al.* 2014), e produtos recentemente comercializados como as diamidas (Wang & Wu 2012, Ribeiro *et al.* 2017) tem sido registrado.

Em virtude das falhas de controle, muitos produtores aumentam a dosagem aplicada, fazem uso de misturas inseticidas, ou pulverizam com mais frequência podendo impactar a população de inimigos naturais presentes na área. A conservação dos agentes de controle biológico é vista como importante tática no manejo das pragas das brássicas. Todas as fases de desenvolvimento de *P. xylostella* apresentam algum inimigo natural no agroecossistema das brássicas (Silva-Torres *et al.* 2010, Liu *et al.* 2015). Uma alternativa para minimizar os efeitos adversos dos inseticidas seria a

utilização de produtos de menor impacto para os inimigos naturais, ou promover a seletividade fisiológica por meio da seleção induzida de populações resistentes. Assim, permitindo a integração dos controles químico e biológico, essenciais para o sucesso de programas de manejo integrado de pragas.

Entre os predadores naturalmente ocorrendo em brássicas, as joaninhas predadoras estão frequentemente associadas às infestações de pulgões (Prasad *et al.* 2009). Entre as joaninhas de comum ocorrência em brássicas, a espécie *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) é observada frequentemente (Rodrigues *et al.* 2013a). Contudo, em cultivos convencionais, os coccinélídeos estariam mais expostos aos resíduos dos inseticidas devido ao seu comportamento de forrageamento em busca de presas, especialmente nas partes apicais das plantas (Dixon 1959, Majerus & Kearns 1989), conseqüentemente, tornando frequentemente expostas as pulverizações inseticidas.

Além do efeito direto na sobrevivência das joaninhas, os inseticidas podem afetá-las indiretamente por reduzir a disponibilidade de presa após aplicação, o que tende a dificultar a utilização conjunta desses dois métodos de controle. Dentre os produtos recomendados para aplicação nos agroecossistemas, apenas alguns inseticidas do grupo dos reguladores de crescimento, inseticidas mais recentes como a pimetrozina, espinosade e diamidas, e os formulados a base de *B. thuringiensis* possuem baixo impacto para adultos de joaninhas (Torres *et al.* 2003, Youn *et al.* 2003, Galvan *et al.* 2005). Por outro lado, recentemente espécies de joaninhas como *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville) (Rodrigues *et al.* 2013a), *Stethorus gilvifrons* Mulsant (Kumral *et al.* 2011) e *E. connexa* (Rodrigues *et al.* 2013b), têm sido caracterizadas como resistentes a inseticidas de amplo espectro frequentemente aplicados em brássicas, como os piretroides.

Com a detecção de populações de *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina (Rodrigues *et al.* 2013b), é possível obter uma interação positiva do inimigo natural resistente e o uso de inseticidas no controle de artrópodes praga. Assim o objetivo deste trabalho foi estudar características que podem determinar o potencial da joaninha *E. connexa*, resistente a diferentes piretroides no controle de *P. xylostella*, também, resistente a piretroide. Assim, foi determinada a predação de lagartas de *P. xylostella* isoladamente; forrageamento da joaninha entre folhas tratadas e não tratadas com deltametrina; a predação em ambiente tratado ou não com deltametrina, em laboratório e em casa de vegetação; e o consumo de lagartas por *E. connexa* quando associada ao pulgão. Nossa hipótese foi que a joaninha resistente 1) não sofre influência negativa na predação quando exposta a deltametrina, 2) não diferencia entre plantas tratadas ou não no comportamento de forrageamento, e 3) consome lagartas de *P. xylostella* na presença do pulgão, sua presa preferencial.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e em casa de vegetação da Área de Fitossanidade deste mesmo departamento.

Criação da Joaninha *Eriopsis connexa*. As populações de *E. connexa* resistente (R) e suscetível (S) a piretroides vêm sendo mantidas a 60^a e 65^a gerações, respectivamente, sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C) e fotofase (12h). A criação de ambas as populações resistente (R) e suscetível (S) de *E. connexa* foi conduzida conforme descrita em Rodrigues *et al.* (2013b). Os adultos são criados em recipientes plásticos de 500 mL com folhas de papel toalha como substrato para oviposição. As posturas são retiradas e acondicionadas em potes de 80 mL até eclosão da larva, na qual será transferida para outro pote para evitar o canibalismo e completar

sua metamorfose para pupa. Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lep.: Noctuidae) são ofertados para larvas e adultos como alimento.

Criação da Traça-das-Crucíferas. A população de *P. xylostella* resistente a deltametrina (RDel) (Santos *et al.* 2011), oriunda de Bezerros, Pernambuco, foi iniciada no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos a partir de lagartas fornecidas pelo Laboratório de Interação Insetos Tóxicos da UFRPE e mantida conforme a metodologia descrita em Santos *et al.* (2011). Brevemente, as lagartas foram criadas em recipientes plásticos (12 cm de diâmetro x 15 cm de altura) com tampa de pressão e possuindo abertura fechada com tela de náilon para circulação de ar. Como alimento para as lagartas foram ofertadas diariamente folhas de couve orgânica. As pupas, assim que formadas, foram acondicionadas em tubos de vidro de fundo chato e fechados com filme de PVC, sendo mantidas em baixa temperatura (15 °C) para diminuir o metabolismo e uniformizar a emergência dos adultos. Estes, por sua vez, foram transferidos para gaiolas de criação consistindo em potes plásticos (1 L) contendo abertura na tampa fechada com tecido *voil* e contendo no seu interior discos foliares de couve para postura. Como alimento, os adultos receberam em algodão hidrofóbico solução de mel (20%).

Taxa de Predação de *Plutella xylostella* por *Eriopsis connexa* Expostas à Deltametrina. Este experimento foi realizado para determinar a capacidade de consumo de lagartas de segundo instar de *P. xylostella* (RDel) (~ 3 a 4 dias de idade) por adultos de *E. connexa* resistente e suscetível à deltametrina. Para tal, folhas de couve manteiga com área aproximada de 230 cm² foram coletadas e mantidas com o pecíolo imerso em água para manutenção da turgidez. No laboratório, essas folhas foram imersas ou não (a depender do tratamento) em uma solução de deltametrina (Keshet 25 CE, Adama, Paraná, Brasil) na dosagem recomendada de 30 mL/100 L (7,5 mg de i.a/L) de água (AGROFIT 2016), mais 0,1% do espalhante adesivo WillFix™. Após o tratamento, as folhas foram dispostas sobre bancadas à temperatura ambiente por 1 a 2 h, para evaporar o

excesso de umidade. Em seguida, as folhas foram infestadas com 5, 10 e 20 lagartas de *P. xylostella* por folha.

O estudo foi conduzido empregando arenas confeccionadas com potes plásticos (1 L) com abertura circular na tampa fechada com tecido *voil* para permitir aeração interna. Em cada pote foi adicionado água até 2 cm de altura sobre a qual foi disposto um disco de isopor (12 cm de diâmetro e 1cm de altura) com as bordas encaixadas na parede interna do pote criando assim dois compartimentos, um inferior preenchido com água e outro onde foi disponibilizada a folha de couve infestada com lagartas. Os discos de isopor possuíam um orifício onde foram colocados os pecíolos das folhas contendo as lagartas, de maneira que os pecíolos ficaram em contato a água para mantê-los túrgidos durante o período de observação de 24h. A superfície interna das arenas foi tratada com 1 mL de solução de deltametrina aplicada com um pulverizador manual do tipo *airbrush set* (Paasche Airbrush Co, Harwood Heights, IL, USA) ajustado a 15 lbs/pol (ca. 34.47 Pa).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo as duas populações de joaninhas (R e S) e três densidades de lagartas (5, 10 e 20 lagartas) como fatores, totalizando seis tratamentos, sendo cada tratamento representado por 14 repetições. Cada repetição consistiu de uma joaninha adulta com 5 a 10 dias de idade e mantida sem presa por 24 h, para padronizar o nível de saciedade. Simultaneamente, foram estabelecidos dois tratamentos controle representados por folhas de couve tratadas ou não com a deltametrina, infestadas com lagartas de *P. xylostella* na ausência do predador, assim permitindo avaliar a mortalidade de lagartas pelo inseticida e a mortalidade natural, respectivamente. Como não houve mortalidade nos tratamentos controle, a taxa de predação (número de lagartas predadas) não necessitou correções, sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o Proc GLM do SAS (SAS Institute 2002). As médias de lagartas predadas em cada densidade

foram comparadas entre as populações R e S pelo teste de Fisher e, entre as densidades para cada população, comparadas pelo teste de Tukey HSD, ambos considerando $\alpha = 0,05$.

FORAGEAMENTO DE *Eriopsis connexa* EM SUPERFÍCIE TRATADA COM DELTAMETRINA. Este experimento foi conduzido para averiguar o efeito de superfícies tratadas e não tratadas com a deltametrina no forrageamento da joaninha. A capacidade de forrageamento em ambiente tratado e não tratado foi medido através do número de lagartas de *P. xylostella* predadas em 24h. Foi conduzido um teste com chance de escolha entre folhas de couve tratadas e não tratadas com deltametrina na dosagem recomendada de 30 mL/100 L (7,5 mg de i.a/L) de água. A arena empregada foi a mesma utilizada no estudo anterior de taxa de predação, porém empregando duas folhas de couve por arena, uma representando ambiente tratado [folhas tratadas (FT)] e outra um ambiente não tratado com a deltametrina [folhas não tratadas (FNT)]. Foram realizados 3 testes com e sem chance de escolha: FT x FT, FT x FNT, e FNT x FNT com 10 repetições cada uma consistindo de uma arena e uma fêmea de *E. connexa* resistente a deltametrina.

Com base nos estudos anteriores, cada folha de couve foi infestada com 10 lagartas de *P. xylostella* de 3-4 dias de idade. Desta maneira, havendo efeito da deltametrina sobre o forrageamento de *E. connexa*, a joaninha poderia se saciar apenas predando lagartas na folha não tratada, logo apresentando menor taxa de predação no ambiente sem chance de escolha representado por ambas as folhas tratadas.

Os resultados do número de lagartas predadas foram submetidos ao teste de qui-quadrado ao nível de 5% de probabilidade empregando o Proc Freq do SAS (SAS Institute 2002) para testar a hipótese de igualdade no número de lagartas predadas em FT e FNT. Também, os resultados de lagartas predadas em arenas com e sem chance de escolha foi comparada pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

Consumo de *Plutella xylostella* em diferentes densidades por *Eriopis connexa* Expostas à Deltametrina. O ensaio seguiu o mesmo procedimento empregado no experimento anterior para a determinação da taxa de predação, diferindo apenas quanto as densidades de lagartas que foram de 1, 2, 4, 8, 16 e 28 lagartas por folha. Assim, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial consistindo de joaninhas resistente e suscetível e seis densidades de lagartas cada, totalizando 12 tratamentos com 10 repetições cada.

Foi utilizada uma joaninha adulta por arena/repetição, resistente ou suscetível a depender do tratamento (folhas tratadas e não tratadas), e ofertadas lagartas da traça em diferentes densidades, assim conduzidos: (i) folhas infestadas com a traça (+traça), sem pulverização com a deltametrina (-deltametrina) e com liberação da população EcR (+EcR); (ii) folhas infestadas com a traça (+traça), pulverização com deltametrina (+deltametrina) e liberação da população EcR (+EcR); (iii) folhas + traça - deltametrina + população EcS (+EcS); iv) folhas + traça + deltametrina + população EcS (+EcS).

O número de lagartas predadas foi submetido aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade (Levene) e transformados em $\log(x+1)$ para atender aos requisitos da análise de variância (ANOVA). Em seguida, os dados foram submetidos à ANOVA fatorial, seguindo o delineamento experimental $2 \times 2 \times 6$ (população, tratamento e densidades de lagartas). Os resultados foram interpretados pelo teste de Fisher da ANOVA para efeito principal de populações e inseticida (G.L.=1), enquanto o efeito da densidade de lagartas, quando significativo pela ANOVA, foi submetido à análise de regressão. Assim, equações de regressão foram determinadas através do Proc Reg do SAS com o número de lagartas predadas (y, variável dependente) em função da densidade de lagartas ofertadas (x, variável independente). A taxa de predação entre populações submetidas ao ambiente tratado e não tratado com a deltametrina em função da densidade de

lagartas ofertadas, foi comparada através do coeficiente linear das equações ajustadas, empregando o Proc Mixed do SAS para o teste de igualdade do coeficiente linear (SAS Institute 2002).

Predação de Lagartas de *Plutella xylostella* em Condições de Confinamento em Casa de Vegetação. Plantas de couve manteiga foram cultivadas em vasos de 5L de volume preenchido com solo e húmus. Essas plantas foram cultivadas em casa de vegetação, livres de pragas e recebendo irrigação e fertilização por cobertura, quando necessário, até atingirem 6 a 8 folhas desenvolvidas quando foram utilizadas no estudo.

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado consistindo de quatro tratamentos com 10 repetições. Cada repetição foi representada por uma planta infestada no dia da instalação do experimento (dia 0) com 10 lagartas da traça de três dias de idade e reinfestada com a mesma densidade de lagartas após três e seis dias da instalação do experimento totalizando 30 lagartas por planta em três infestações (0, 3 e 6 dias). As lagartas foram transferidas para as plantas utilizando pincel de cerdas finas umedecidas. Os tratamentos consistiram de plantas infestadas sem aplicação de deltametrina nem liberação da joaninha (testemunha negativa) (*i*); plantas infestadas e pulverizadas, mas sem liberação da joaninha (testemunha positiva) (*ii*); plantas infestadas, pulverizadas e com liberação da joaninha resistente (*iii*); e plantas infestadas, pulverizadas, e com liberação da joaninha suscetível (*iv*). As plantas dos tratamentos *ii*, *iii* e *iv* foram infestadas e pulverizadas até o ponto de escoamento com solução de deltametrina (Keshet 25 CE, Adama, Paraná, Brasil) na dosagem recomendada de 30 mL/100 L (7,5 mg de i.a/L) de água + 0,5% de espalhante adesivo WillFix. Após a pulverização, as plantas foram confinadas em gaiolas confeccionadas com potes plásticos (2,7 L) contendo duas aberturas laterais de ~16cm² recoberta com tela antiafídica. Após uma a duas horas da pulverização nos tratamentos *iii* e *iv* foi liberado um casal de joaninha de 5-10 dias de idade por gaiola. Nos dias de reinfestação com

lagartas, as gaiolas foram removidas cuidadosamente e as joaninhas capturadas para posterior liberação.

O número de *P. xylostella* e de joaninhas vivas foi quantificado no 10º dia após o início do experimento. O número total de indivíduos sobreviventes de *P. xylostella* (lagartas, pupas e adultos) e joaninhas por repetição foi submetido aos testes de Shapiro-Wilk e de Levene para teste de normalidade e homogeneidade de variância sendo transformados em raiz ($x + 0,5$) para atender aos requisitos da ANOVA. Em seguida, os dados foram submetidos a ANOVA e as médias de sobrevivência de *P. xylostella* entre tratamentos comparadas pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade, enquanto o teste de Fisher foi usado para separação das médias das joaninhas.

Predação de *Plutella xylostella* na Presença de Pulgão. Neste estudo foi determinado o consumo de lagartas de *P. xylostella* por adultos de *E. connexa* (RDel) na presença de uma presa preferencial, o pulgão *Lypaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae). O experimento consistiu na oferta isolada ou simultânea das presas em estudo: lagarta de três dias de idade da traça *P. xylostella* e ninfas de terceiro a quarto instar do pulgão *L. erysimi*. A traça foi ofertada na densidade de 10 lagartas seja na forma isolada ou associada com densidades crescentes do pulgão. Dessa forma foram sete tratamentos, sendo dois tratamentos correspondentes a cada presa ofertada isoladamente em densidade que corresponde à abundância de presa, sendo i) 10 lagartas de *P. xylostella* e ii) 100 pulgões; e cinco tratamentos com as presas ofertadas simultaneamente com a presa considerada preferida em diferentes densidades (*Plutella* + *Lypaphis*), a saber: iii) 10+10, iv) 10+20, v) 10+40, vi) 10+60, vii) 10+100. Cada tratamento foi conduzido com 10 repetições cada. A partir do número de presas consumidas quando essas foram ofertadas simultaneamente foi testada a hipótese de preferência por *L. erysime* (*Le*) a *P. xylostella* (*Px*) empregando análise de regressão pelo Proc Reg do SAS (SAS Institute 2002). Assim, a proporção consumida da presa preferencial (P) ($Le.P/(Le.P+Px.P)$) foi considerada como variável dependente

(y), em função da razão da disponibilidade dessas presas ($Le/(Le+Px)$) considerada como variável independente (x). Dessa forma, seguindo o princípio proposto por Cock (1978), a interpretação se dá através do coeficiente linear da equação ajustada, que sendo significativo e $>1,0$ indica preferência positiva para a presa testada; quando $<1,0$ indica preferência negativa à presa testada; e quando for $=1,0$ indica ausência de preferência.

O número de lagartas consumidas em função da disponibilidade de pulgões foi submetido ao teste de normalidade e homogeneidade de variância, sendo transformado em raiz ($x + 0,5$) para atender aos requisitos da ANOVA. Em seguida, esses dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

Resultados

Taxa de Predação de *Plutella xylostella* por *Eriopis connexa* Expostas à Deltametrina. O número de lagartas de *P. xylostella* predadas variou significativamente entre as populações de *E. connexa* (R e S) e, também, das densidades ofertadas (5, 10 e 20 lagartas), mas não houve interação desses fatores (população x densidade) (Fig. 1). Contudo, o número de lagartas predadas não foi variável em função da interação população da joaninha e densidade de lagartas.

Independente da densidade de lagartas ofertadas, a taxa de predação da população resistente de *E. connexa* em folhas tratadas com deltametrina foi maior que a predação da população suscetível (média \pm EP) = $9,8 \pm 1,17$ lagartas de *P. xylostella* foram consumidas por um adulto de *E. connexa* na maior densidade de 20 lagartas ofertadas; enquanto que nesta mesma densidade, o consumo de lagartas por adultos da população suscetível foi de $6,0 \pm 1,14$ lagartas (Fig. 1). Contudo, indivíduos de ambas as populações de *E. connexa* apresentaram 100% de sobrevivência após o período de 24h em plantas tratadas com deltametrina.

Forrageamento de *Eriopis connexa* em Superfície Tratada com Deltametrina. O forrageamento de *E. connexa* em superfície tratada com deltametrina não diferiu do observado em área não tratada, sendo o número de lagartas predadas similar entre as duas áreas. Em arenas com ambas as folhas não tratadas (FNT x FNT), a média de consumo de *E. connexa* foi de $11,0 \pm 1,52$ lagartas ($\chi^2 = 0,1688$; GL=1; P= 0,6811). Em arenas sem chance de escolha com ambas as folhas tratadas FT x FT, a média de lagartas predadas foi de $13,7 \pm 1,33$ lagartas ($\chi^2 = 0,0106$; GL=1; P= 0,9180). Na arena com chance de escolha entre folhas tratada e não tratada (FT x FNT), a média de consumo na FT foi de $6,76 \pm 0,74$ lagartas e na FNT foi de $6,53 \pm 0,96$ lagartas, sem diferença estatística ($\chi^2 = 0,0020$; GL=1; P= 0,9644), resultando em predação média de $13,3 \pm 1,46$ lagartas/arena.

Consumo de *Plutella xylostella* em diferentes densidades por *Eriopis connexa* Expostas à Deltametrina. A predação de lagartas de *P. xylostella* pela população R de *E. connexa* não diferiu da população S ($F_{1, 216} = 0,03$; P = 0,8720), mas variou em função do tratamento com deltametrina ($F_{1, 216} = 5,61$; P = 0,0188) e da densidade de lagartas ofertadas ($F_{5, 216} = 6,99$; P = 0,0088). Não houve interação significativa entre as populações de *E. connexa* e densidade de lagartas ($F_{5, 216} = 0,19$; P = 0,9644), tratamento com deltametrina e densidade de lagartas ($F_{5, 216} = 0,30$; P = 0,9148), nem entre populações, tratamento e densidade de lagartas ($F_{5, 216} = 1,24$; P = 0,2908).

Ao considerar o efeito do tratamento com deltametrina na predação em função da densidade de lagartas ofertadas, ambas as populações apresentaram comportamento similar na ausência da deltametrina (Proc Mixed; $t_{gl=115} = -1,86$; P = 0,0651). Da mesma forma, a taxa de predação da população resistente em ambiente tratado com deltametrina foi similar ao observado em ambiente não tratado (Proc Mixed; $t_{gl=115} = -1,10$; P = 0,2716) (Fig. 2). Por outro lado, a predação da população suscetível variou entre tratamentos, sendo inferior no ambiente tratado com deltametrina em função da densidade de lagartas (Proc Mixed; $t_{115} = 5,41$; P < 0,0001). Também,

em ambiente tratado com a deltametrina, adultos da população resistente predaram maior número de lagartas ($4,7 \pm 0,72$ lagartas) que adultos suscetíveis ($3,1 \pm 0,40$ lagartas), em função da densidade de lagartas (Proc Mixed; $t_{115} = 3,80$; $P = 0,0002$). Por fim, independente da população, adultos de ambas as populações de *E. connexa* sobreviveram à exposição à deltametrina e ao consumo de presas contaminadas durante 24h de confinamento.

Predação de Lagartas de *Plutella xylostella* em Condições de Confinamento em Casa de

Vegetação. A aplicação de deltametrina somada à liberação de joaninhas, resistentes ou suscetíveis reduziu significativamente a população de *P. xylostella* ($F_{3, 36} = 218,28$; $P < 0,0001$).

De 30 lagartas liberadas nos tratamentos controles sem joaninha, 19,6 larvas, pupas ou adultos (65,5%) foram recuperados vivos do tratamento sem deltametrina, enquanto 14,1 indivíduos (47,0%) estavam vivos no tratamento com esse inseticida (Fig. 3). Ao combinar inseticida + joaninha (R ou S), a sobrevivência dos indivíduos liberados foi reduzida a níveis $\geq 95\%$ (1,5 e 1,7 indivíduos vivos). Ao final do experimento, o número de joaninhas sobreviventes também não diferiu entre as populações R e S ($F_{1, 18} = 0,13$; $P = 0,7222$), com média de 1,5 e 1,6 joaninhas das populações resistente e suscetível, respectivamente.

Predação de *Plutella xylostella* na Presença de Pulgão.

A oferta de *P. xylostella* simultaneamente com o pulgão *L. erysime* em diferentes densidades, demonstrou que adultos de *E. connexa* preferem o pulgão às lagartas (Fig. 4). A equação ajustada entre as razões do consumo de *L. erysime* em função da disponibilidade de ambas as presas possui coeficiente linear significativo e maior que 1.0, indicando preferência positiva da joaninha pelo pulgão.

A porcentagem de consumo de ambas as presas ofertadas foi reduzida à medida que se aumentou a disponibilidade da presa preferida (Fig. 5). Isto devido ao consumo quase total da presa preferida quando ofertado em baixa densidade, mas que foi reduzindo proporcionalmente à medida que aumentada a sua disponibilidade ($F_{4, 45} = 112,59$; $GL = 4$; $P < 0,0001$), atingindo um

máximo de $60,6 \pm 3,19$ pulgões consumidos na maior densidade de 100 pulgões. Este valor, no entanto, foi similar ao consumo de pulgões quando estes foram ofertados simultaneamente com lagartas de *P. xylostella* (10 +100) ou, apenas, pulgão (0 +100). Conseqüentemente, o consumo da presa menos preferida, *P. xylostella*, também, foi reduzido em função do aumento da presa preferida ($F_{4, 45} = 5,84$; GL = 4; $P < 0,0007$). Contudo, mesmo demonstrando estabilidade de consumo da presa preferida, adultos de *E. connexa* continuaram atacando lagartas de *P. xylostella*, com média de $2,9 \pm 0,60$ lagartas consumidas na maior densidade de pulgões (Fig. 5).

Discussão

Taxa de Predação de *Plutella xylostella* por *Eriopis connexa* Expostas à Deltametrina. O presente trabalho demonstra que ambas as populações de *E. connexa* resistente e suscetível a deltametrina predam lagartas de *P. xylostella* mesmo quando expostas a esse inseticida. Apesar da população suscetível ter apresentado taxa e predação menor que a resistente, a sua sobrevivência foi 100% com o uso da dosagem de deltametrina registrada para uso em brássicas. Assim, mesmo ambas sobrevivendo, a população resistente foi mais eficiente quando exposta ao inseticida deltametrina, demonstrando a importância da resistência promovendo a seletividade fisiológica do inimigo natural em cultivos de brássicas convencionais. Portanto, o uso de *E. connexa* sugere que haverá consumo de lagartas de *P. xylosetella* remanescentes de pulverizações com deltametrina, ou com outro piretroide a qual apresenta resistência, favorecendo a integração dos métodos químico e biológico no manejo integrado de pragas das brássicas, como proposto neste estudo.

Embora a utilização de *E. connexa* em estudos de interação com lagartas sejam escassos, os resultados existentes são promissores. Silva *et al.* (2009) relataram que larvas de quarto instar de *E. connexa* podem preda 275 lagartas recém-eclodidas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).

As lagartas de *P. xylostella*, em nossos experimentos, foram ofertadas a partir do terceiro e quarto dia após a eclosão, portanto, maiores se comparadas a lagartas recém eclodidas de *S. frugiperda*, o que pode explicar o menor número de lagartas predadas no presente estudo. Até mesmo lagartas maiores de *P. xylostella* são predadas por adultos de *E. connexa* (observação pessoal). Estudos realizados com *Coleomegilla maculata* (DeGeer) comprovam que existe uma relação inversa entre o tamanho da presa e o número de presas consumidas (Grodén *et al.* 1990, Giroux *et al.* 1995) e que uma melhor predação é medida nos primeiros instares e em instares intermediários da presa (Roger *et al.* 2000). Assim, mesmo que ocorra um menor consumo de lagartas maiores de *P. xylostella* por *E. connexa*, haverá uma contribuição para o manejo desta praga dentro do controle biológico.

Forrageamento de *Eriopsis connexa* em Superfície Tratada com Deltametrina. Ao avaliar a escolha de *E. connexa* resistente sobre *P. xylostella* quando ofertada em folhas tratadas ou não com deltametrina, a resposta da escolha de *E. connexa* foi indiferente ao tratamento aplicado. Sabe-se que doses subletais podem influenciar na escolha ou permanência do inimigo natural em folhas pulverizadas com inseticida e, conseqüentemente, afetar o seu comportamento de predação. Contudo, os resultados sugerem que a joaninha resistente apresenta similar comportamento de predação. Portanto, os resultados corroboram com a nossa hipótese de que a *E. connexa* resistente irá contribuir positivamente no controle de pragas no agroecossistema das brássicas mesmo quando este esteve sobre pulverização com a deltametrina.

Este resultado é importante, pois em grande parte dos casos, a deltametrina ocasiona alteração comportamental do inimigo natural (Wiles & Jepson 1994). De fato, inseticidas podem apresentar efeito variável sendo uns mais seletivos que outros como nos estudos realizados com *C. maculata* e *Harmonia axyridis* (Pallas). Williams *et al.* (2003) encontraram que essas joaninhas não apresentaram preferência entre plantas tratadas e não tratadas com espinosade; porém, essas

mesmas espécies apresentaram diferença na densidade populacional entre áreas tratadas e não tratadas com a lambda-cialotrina (Torres & Ruberson 2005, Galvan *et al.* 2005, Liu *et al.* 2012). Assim, inseticidas de amplo espectro, como os piretroides, são comumente tóxicos para os inimigos naturais, alterando sua densidade em campo (Desneux *et al.* 2007, Garzon *et al.* 2015). Logo, nós demonstramos que o uso da *E. connexa* resistente oferece seletividade fisiológica a um grupo de inseticida que normalmente causa impacto negativo para inimigos naturais.

Consumo de *Plutella xylostella* em diferentes densidades por *Eriopsis connexa* Expostas à Deltametrina. Diante da hipótese de que o contato com a deltametrina afetaria o comportamento predação, os resultados corroboram para a população suscetível que apresentou redução na taxa de predação consumindo proporcionalmente menos presas com o aumento da densidade em ambiente com a deltametrina. Por outro lado, a população resistente apresentou aumento no consumo similar em ambiente tratado e não tratado, em função da densidade de presa disponível. Uma resposta corrobora com outras espécies de joaninhas (incluindo *E. connexa*) sobre diferentes tipos de presas sem contato com inseticida (Lee *et al.* 2004, Sarmiento *et al.* 2007, Farhadi *et al.* 2010). Assim, a alteração observada com menor predação de *E. connexa* suscetível foi um efeito do inseticida deltametrina. Efeito também observado para a joaninha *Serangium japonicum* Chapin que reduziu em até 41% o consumo de ovos de *Bemisia tabaci* (Gen.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em folhas de algodão contendo resíduo seco do imidacloprido (He *et al.* 2012). Entretanto, *Coccinella undecimpunctata* L. não exibiu alteração na voracidade sobre pulgões quando submetida ao tratamento com pirimicarbe (Moura *et al.* 2006), pois este inseticida é considerado menos tóxico, não ocasionando efeito negativo para joaninhas (James 2003). Sendo assim, dependendo do inseticida e da suscetibilidade da espécie de joaninha, o inseticida utilizado pode alterar o seu comportamento de predação.

Os inseticidas neurotóxicos como os piretroides, por afetarem a transmissão nervosa, podem ocasionar desorientação do inseto (Wiles & Jepson 1994, Singh *et al.* 2001, Desneux *et al.* 2007). Esses efeitos são observados com substâncias químicas que provocam repelência, redução na alimentação ou redução olfativa, como já observada em outros insetos com piretroides (Decourtye & Pham-Delègue 2002). Portanto, nossos resultados corroboram a adequação desta população de *E. connexa* como um modelo integrado de controle químico e biológico devido ao pouco impacto do inseticida, em consequência da seletividade fisiológica adquirida em decorrência da resistência. Vale, ainda, salientar que esta integração pode estar ocorrendo naturalmente, visto que, cerca de 50% de 20 populações de campo de *E. connexa* oriundas de diferentes culturas e regiões do Brasil, apresentaram razão de resistência à lambda-cialotrina variando de 8,52 a 884,08 vezes (Costa *et al.* 2017).

Predação de Lagartas de *Plutella xylostella* em Condições de Confinamento em Casa de Vegetação. Embora tenha ocorrido mortalidade de *P. xylostella* nos tratamentos com e sem deltametrina, o número de indivíduos vivos remanescentes foi significativamente superior àqueles dos tratamentos combinando *E. connexa* + inseticida, independente da população. Embora, pudéssemos esperar diferença na taxa de predação de *P. xylostella* em função da população de *E. connexa*, como observado no estudo de predação em laboratório, as condições de semi-campo são menos impactantes que as de laboratório. Assim, áreas livres de inseticidas como as paredes da gaiola e até mesmo subdoses no solo dos vasos, oferecem mais chances de refúgio ao inimigo natural. Também vale salientar que a condição de disponibilidade de presas por maior período de tempo (i.e., 10 dias) pode permitir redução de resíduo do inseticida no ambiente e, conseqüentemente, o seu efeito. Além disso, o total de 30 lagartas de *P. xylostella* infestadas durante os 10 dias de observações, embora possa ser considerada uma alta infestação da praga, as médias de predação obtidas em laboratório de 9,8 lagartas/dia*joaninha na maior densidade

ofertada, indica que diariamente pode ter ocorrido situação de escassez de presas para o casal de joaninhas igualando o resultado de predação ao longo do período, visto que a sobrevivência de ambas as populações foi igual. Resultado semelhante de complementação de controle do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) com liberação do parasitoide *Diaeretiella rapae* (McIntosh) e tratamento com deltametrina foi encontrado por Desneux *et al.* (2005). Assim, estes resultados evidenciam o potencial da joaninha predadora *E. connexa* no controle biológico da *P. xylostella* em ambiente tratado com deltametrina. Além disso, foram observados durante o experimento lagartas predadas, independentemente da sua idade, bem como de pupas parcialmente consumidas.

Predação de *Plutella xylostella* na Presença de Pulgão. Apesar de joaninhas predadoras apresentarem preferência por pulgões, o consumo de lagartas da traça continuou sendo registrado em condições de abundância de pulgões. Mesmo em condições onde cerca de 60% dos pulgões disponíveis foram predados, até três lagartas da traça foi também predada. Resultado que corrobora o consumo simultâneo da traça-das-crucíferas e do pulgão *M. persicae* pelas joaninhas *Coccinella undecimpunctata* L. e *Coccinella transversalis* (F.) encontrado por Vega (2010). Estes resultados sugerem que a joaninha embora exiba preferência por um tipo de presas, ela explora os diferentes tipos de presas presentes no ambiente.

Outras espécies de joaninhas já foram registradas atuando sobre *P. xylostella* em campos de brássicas, além de utilizadas em experimentos de campo e laboratório (Bacci *et al.* 2009, Yang *et al.* 2014). Contudo, uma média de $60 \pm 2,7$ pulgões consumidos foi observado por Ferreira *et al.* (2013) pela *E. connexa* resistente sobre o pulgão *Aphis gossypii* Glover, o qual apresenta tamanho próximo a *L. erysime* e valores aproximados encontrado neste estudo. Logo, não foi surpresa o consumo de maior número de pulgões que o de lagartas, pois *E. connexa* é considerada uma espécie preferencialmente afidófaga (Hodek 1973).

A predação de lagartas pode ter diversas razões, mesmo sobre abundância da presa preferida, pulgões. Uma dessas causas estaria associada ao predador generalista estar sempre querendo se saciar (Bilde & Toft 1998), como também, os predadores teriam um melhor benefício nutricional e energético quando estes consomem presas variadas ao invés de consumirem apenas uma presa específica (Stephens & Krebs 1986, Torres *et al.* 1997, Evans *et al.* 1999, Mayntz & Toft 2006). Desse modo, como as joaninhas predadoras podem consumir diversas espécies de presas de corpo macio e tamanho apropriado, elas podem incluir diferentes fontes de alimento para complementar a sua dieta, obtendo um melhor balanço nutricional com o mínimo de custo para sua história de vida (Roger *et al.* 2000, Silva *et al.* 2009). Outro fator seria a ocorrência natural da predação da traça-das-crucíferas pela joaninha, assim como encontrado por Hosseini *et al.* (2012). As espécies *Hippodamia variegata* (Goez.) e *C. transversalis* coletadas em campo, por exemplo, apresentaram traços de DNA de *P. xylostella* no conteúdo do trato digestivo. Estes fatores sugerem que a predação sobre a presa alternativa não estaria limitada apenas pela escassez da presa principal, mas também, pela característica generalista da espécie em consumir variadas presas para melhor desempenho. Assim, mesmo que a *E. connexa* consuma poucas lagartas de *P. xylostella*, será ideal para sua permanência em campo e, conseqüentemente, diminuição de custos no manejo de pragas. Logo, em condições de escassez do pulgão devido as suas populações serem flutuantes, a joaninha permaneceria na área explorando os recursos disponíveis,

Um benefício, ainda pouco estudado com inseticidas sintéticos, seria o atraso na seleção de populações da praga resistente ao inseticida pela ação do seu inimigo natural (Chilcutt & Tabashnik 1999). O predador ou parasitoide remanescente atua na diminuição da frequência de alelos resistentes na população da praga, Liu *et al.* (2014) relatam que a joaninha *C. maculata* consome igualmente lagartas resistentes de *P. xylostella* em plantas modificadas *Bt* (*Bacillus thuringiensis*). Logo, o inimigo natural pode influenciar o desenvolvimento de resistência dos

herbívoros, caso atue nos fenótipos com alelos de suscetibilidade ou de resistência indiferentemente (Gould *et al.* 1991, Liu *et al.* 2014). Porém, mais estudos devem ser realizados para evidenciar a atuação do inimigo natural sobre populações de pragas, onde a resistência a inseticida se tornaria mais ou menos comum.

Com os resultados obtidos, podemos concluir que tanto a população resistente quanto a população suscetível apresentaram potencial de predação sobre lagartas de *P. xylostella* em folhas tratadas com deltametrina na dosagem de campo. Entretanto, a população resistente obteve melhor desempenho na predação comparada à população suscetível na presença do inseticida. Neste estudo, a população resistente não apresentou preferência entre as folhas tratadas e não tratadas com deltametrina, mantendo assim sua taxa de predação inalterada pelo inseticida. Concluímos que independentemente da presença de pulgões, na menor ou maior densidade, a joaninha continuaria se alimentando da traça, mesmo que em menor quantidade, auxiliando no controle biológico das lagartas remanescentes.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Mestrado a R.L e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

- AGROFIT. 2016 (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários).** Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 21/06/2016.
- APRD. 2017. Arthropod Pesticide Resistance Database** disponível em: www.pesticideresistance.com. Acesso em: 03/07/2017

- Attique M.N.R., A. Khaliq & A.H. Sayyed. 2006.** Cold resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures? *J. Appl. Entomol.* 130: 122–127.
- Bacci, L., M.C. Picanço, É.M.D. Silva, J.C. Martins, M. Chediak & M.E. Sena. 2009.** Seletividade fisiológica de inseticidas aos inimigos naturais de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em brássicas. *Ciênc Agrotec.* 33: 2045-2051.
- Bilde T. & S. Toft. 1998.** Quantifying food limitation of arthropod predators in the field. *Oecologia* 115: 54–58.
- Castelo Branco, M., F.H. França, L.A. Pontes, P.S.T. Amaral. 2003.** Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações da traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. *Hortic. Bras.* 21: 549–552
- Chapman J.W., D.R. Reynolds, A.D. Smith, J.R. Riley, D.E. Pedgley & I.P. Woiwod. 2002.** High altitude migration of the diamondback moth *Plutella xylostella* to the UK: A study using radar, aerial netting, and ground rapping. *Ecol. Entomol.* 27: 641–650.
- Chilcutt, C.F & B.E. Tabashnik. 1999.** Simulation of integration of *Bacillus thuringiensis* and the parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) for control of susceptible and resistant diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ. Entomol.* 28: 505–512.
- Cock, M.J.W. 1978.** The assessment of preference. *J. Anim. Ecol.* 47: 805–816.
- Costa, P.M.G., J.B. Torres, V.M. Rondelli & R. Lira. 2017.** Field-evolved resistance to lambda-cyhalothrin in the lady beetle *Eriopis connexa*. *Bull. Entomol. Res.* (Aceito)
- Decourtye, A. & M.H. Pham-Delègue. 2002.** The proboscis extension response: assessing the sublethal effects of pesticides on the honey bee, p. 67–84. In J. Devillers & M.H. Pham-Delegue (Eds.), *Honey Bees: Estimating the environmental impact of Chemicals*. London, Taylor and Francis, 336p.
- Desneux, N., X. Fauvergue, F.X. Dechaume-Moncharmont, L. Kerhoas, Y. Ballanger, & L. Kaiser. 2005.** *Diaeretiella rapae* limits *Myzus persicae* populations after applications of deltamethrin in oilseed rape. *J. Econ. Entomol.* 98: 9–17.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81–106.
- Dixon, A.F.G. 1959.** An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). *J. Anim. Ecol.* 28: 259–281.
- Evans, E.W., A.T. Stevenson & D.R. Richards. 1999.** Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. *Oecologia* 121: 107–112.
- Farhadi, R., H. Allahyari & S.A. Juliano. 2010.** Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 39: 1586–1592.
- Ferreira, E.S., A.R. Rodrigues, C.S. Silva-Torres & J.B. Torres. 2013.** Life-history costs associated with resistance to lambda-cyhalothrin in the predatory ladybird beetle *Eriopis connexa*. *Agri. For. Entomol.* 15: 168–177.

- Galvan, T.L., R.L. Koch & W.D. Hutchison. 2005.** Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 98: 780–789.
- Garzon, A., P. Medina, F. Amor, E. Vinuela & F. Budia. 2015.** Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere* 132: 87–93.
- Giroux, S., R.M. Duchesne & D. Coderre. 1995.** Predation of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) by *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae): comparative effectiveness of predator developmental stages and effect of temperature. *Environ. Entomol.* 24: 748–754.
- Gould, F., G.G. Kennedy & M.T. Johnson. 1991.** Effects of natural enemies on the rate of herbivore adaptation to resistant host plants. *Entomol. Exp. Appl.* 58: 1–14.
- Groden, E., F.A. Drummond, R.A. Casagrande & D.L. Haynes, 1990.** *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae): Its predation upon the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and its incidence in potatoes and surrounding crops. *J. Econ. Entomol.* 83: 1306–1315.
- Grzywacz D., A. Rossbach, A. Rauf, D. Russell, R. Srinivasan & A.M. Shelton. 2010.** Current control methods for diamondback moth and prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetables brassicas in Asia and Africa. *Crop Prot.* 29: 68–79.
- He, Y., J. Zhao, Y. Zheng, N. Desneux, & K. Wu. 2012.** Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. *Ecotoxicology* 21: 1291–1300.
- Hodek, I. 1973.** Biology of Coccinellidae. Prague, Acad. Science, 325p.
- Hosseini, R., O. Schmidt & M.A. Keller. 2012.** Detection of predators within Brassica crops: a search for predators of diamondback moth (*Plutella xylostella*) and other important pests. *African J. Agric. Res.* 7: 3473–3484.
- James, D.G. 2003.** Pesticide susceptibility of two coccinellids (*Stethorus punctum picipes* and *Harmonia axyridis*) important in biological control of mites and aphids in Washington Hops. *Biocont. Sci. Technol.* 13: 253–259.
- Kumral, N.A., N.S. Gencer, H. Susurluk & C. Yalcin. 2011.** A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Int. J. Acarol.* 37: 255–268.
- Lee, J.H. & T.J. Kang. 2004.** Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. *Biol. Control* 31: 306–310.
- Liu, X., M. Chen, H.L. Collins, D.W. Onstad, R.T. Roush, Q. Zhang, E.D. Earle & E.D. Shelton. 2012.** Effect of insecticides and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

genotype on a predator and parasitoid and implications for the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 105: 354–362.

Liu, X., M. Chen, H.L. Collins, D.W. Onstad, R.T. Roush, Q. Zhang, E.D. Earle & E.D. Shelton. 2014. Natural enemies delay insect resistance to Bt crops. *PloSOne* 9: e90366.

Liu, X., G. H. Abro, F. Han, J. Tian, M. Chen, D. Onstad & A.M. Shelton. 2015. Effect of Bt broccoli and resistant genotype of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on life history and prey acceptance of the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control* 91: 55–61.

Majerus, M. & P. Kearns. 1989. Ladybirds. Richmond. Slough, 103p.

Mayntz, D. & S. Toft. 2006. Nutritional value of cannibalism and the role of starvation and nutrient imbalance for cannibalistic tendencies in a generalist predator. *J. Anim. Ecol.* 75:288–97

Moura, R., S. Cabral & A.O. Soares. 2006. Does pirimicarb affect the voracity of the euriphagous predator, *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)? *Biol. Control* 38: 363–368.

Prasad, R.P., J.T. Kabaluk, H.P. Meberg, D.A. Bevon & D.E. Henderson. 2009. Seasonal and spatial occurrence of aphid natural enemies in organic Brassica fields: diversity, phenology, and reproduction. *J. Sustain. Agric.* 33: 336–348.

Ribeiro, L.M., Siqueira, H.A., V. Wanderley-Teixeira, H.N. Ferreira, W.M. Silva, J.E. Silva & Á.A. Teixeira. 2017. Field resistance of Brazilian *Plutella xylostella* to diamides is not metabolism-mediated. *Crop Prot.* 93: 82–88.

Rodrigues, A.R.S., A.F. Spíndola, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & F. Colares. 2013a. Response of different populations of seven lady beetle species to lambda-cyhalothrin with record of resistance. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 96: 53–60.

Rodrigues, A.R.S., J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & D.P.A. Lacerda. 2013b. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control*, 64: 217–224.

Roger, C., D. Coderre & G. Boivin. 2000. Differential prey utilization by the generalist predator according to prey size and species. *Entomol. Exp. Appl.* 94: 3–13.

Santos, V.C., H.A.A. Siqueira, J.E. Silva & M.J.D.C. Farias. 2011. Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40: 264–270.

Sarmiento, R.A., A. Pallini, M. Venzon, O.F.F.D. Souza, A.J. Molina-Rugama & C.L.D. Oliveira. 2007. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 50: 121–126.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide, version 9.00 (TS MO). SAS Institute Inc., Cary, NC.

- Silva, R.B., J.C. Zanuncio, J.E. Serrão, E.R. Lima, M.L.C. Figueiredo & I. Cruz. 2009.** Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa*. *Phytoparasitica* 37: 115–123
- Silva-Torres, C.S., I.V. Pontes, J.B. Torres & R. Barros. 2010.** New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 39: 835–838.
- Singh, S.R., K.F.A. Walters & G.R. Port. 2001.** Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), in response to dimethoate residue on bean plants in the laboratory. *Bull. Entomol. Res.* 91: 221–226.
- Stephens, D.W. & J.R. Krebs. 1986.** Foraging theory. Princeton, Princeton University Press, 247p.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 275–301.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres & J.V.D. Oliveira. 2003.** Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 459–466.
- Torres, J.B. & J.R. Ruberson. 2005.** Canopy-and ground-dwelling predatory arthropods in commercial Bt and non-Bt cotton fields: patterns and mechanisms. *Environ. entomol.* 34: 1242–1256.
- Vega, G.L. 2010.** Interactions between *Plutella xylostella*, *Diadegma semiclausum* and some generalist predators of Brassicas crop. Tese de Doutorado, Adelaide University, Austrália. 127p
- Wang, X., & Y. Wu. 2012.** High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella*. *J. Econ. Entomol.* 105: 1019–1023.
- Wiles, J.A. & P.C. Jepson. 1994.** Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the within-crop behaviour and distribution of *Coccinella septempunctata*. *Entomol. Exp. App.* 72: 33–45.
- Williams, T., J. Valle & E. Viñuela. 2003.** Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies? *Biocontrol sci. tech.* 13: 459–475.
- Yang, N.W., L.S. Zang, S. Wang, J.Y. Guo, H.X. Xu, F. Zhang & F.H. Wan. 2014.** Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China. *Bio. Control.* 68: 92–102.
- Youn, Y.N., M.J. Seo, J.G. Shin, C. Jang & Y.M. Yu. 2003.** Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control* 28: 1674–170.
- Zago, H.B., H.Á.A. Siqueira, E.J. Pereira, M.C. Picanço & R. Barros. 2014.** Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. *Pest Manag. Sci.* 70: 488–495.
- Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng & M.J. Furlong. 2012.** Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella*

(Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? J. Econ. Entomol. 105: 1115–1129.

Zanuncio, J.C., J.B. Torres, D.L. Bernardo & P. De Clercq, 1997. Effects of prey switching on nymphal development of four species of predatory stinkbug. Meded. Fac. Landbouw. Univ. Gent 62: 483–490.

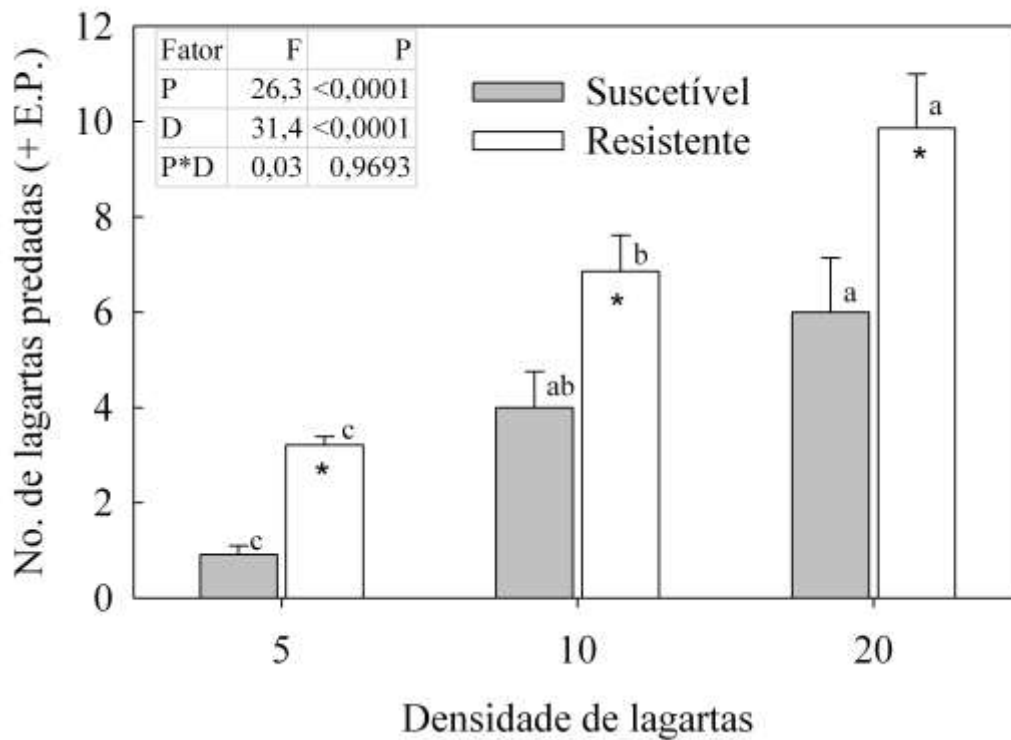


Figura 1. Taxa de consumo de lagartas de *Plutella xylostella* por adultos de duas populações (P) de *Eriopsis connexa* resistente e suscetível a piretroides em função da densidade de presa (D).

Nota: Barras contendo letras comparam a mesma população entre as três densidades pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), enquanto (*) indica diferença entre as populações, para a mesma densidade, pelo teste de Fisher ($\alpha = 0,05$).

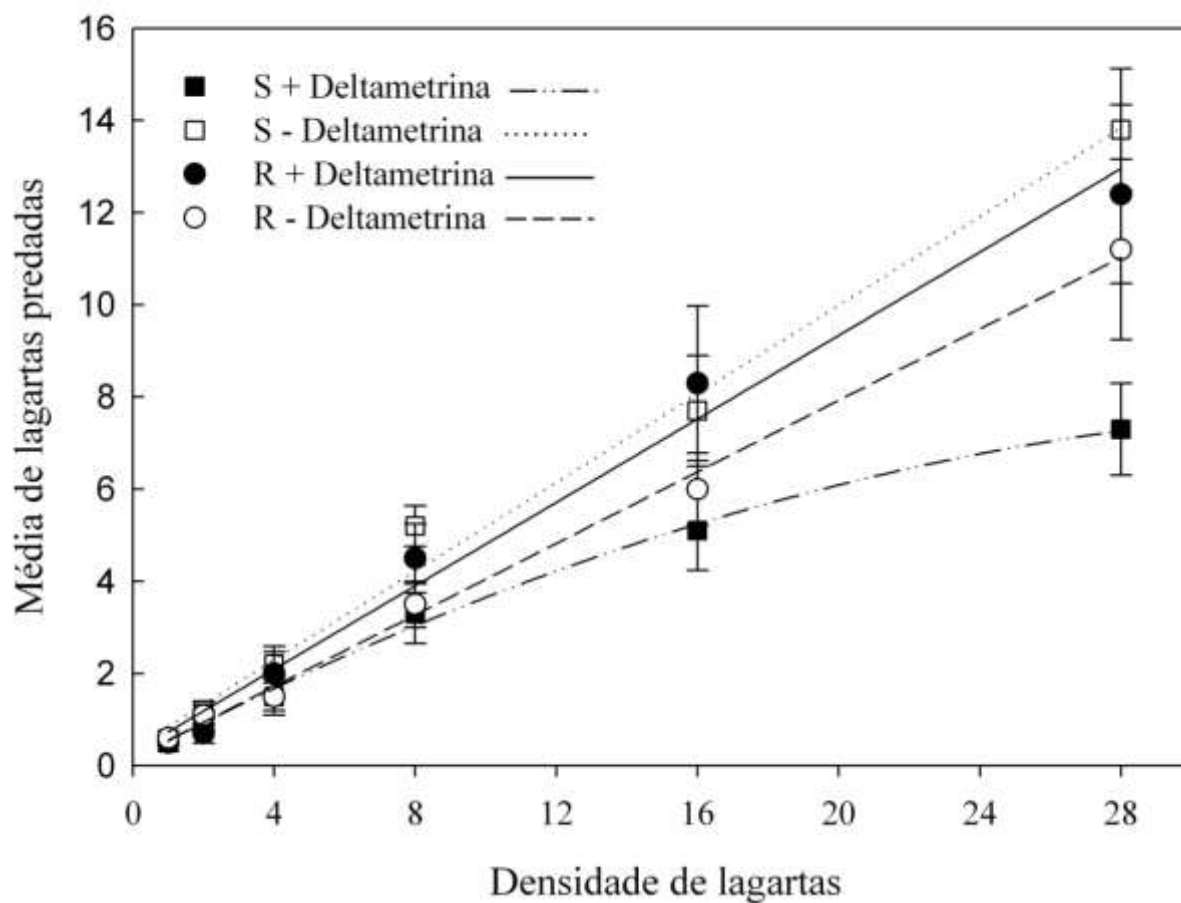


Figura 2. Média de lagartas de *Plutella xylostella* consumidas por adultos de *Eriopsis connexa* suscetível (S) e resistente (R) a piretroides em ambiente tratado (+) ou não (-) com deltametrina, em função de diferentes densidades de lagartas. Nota: S-Deltametrina, $y = 0,37 + 0,48x$; $F = 403,43$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,78$; S+Deltametrina, $y = 0,64 + 0,25x$; $F = 88,58$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,61$; R-Deltametrina, $y = 0,17 + 0,38x$; $F = 107,41$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,65$; R+Deltametrina, $y = 0,28 + 0,45x$; $F = 94,22$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,62$.

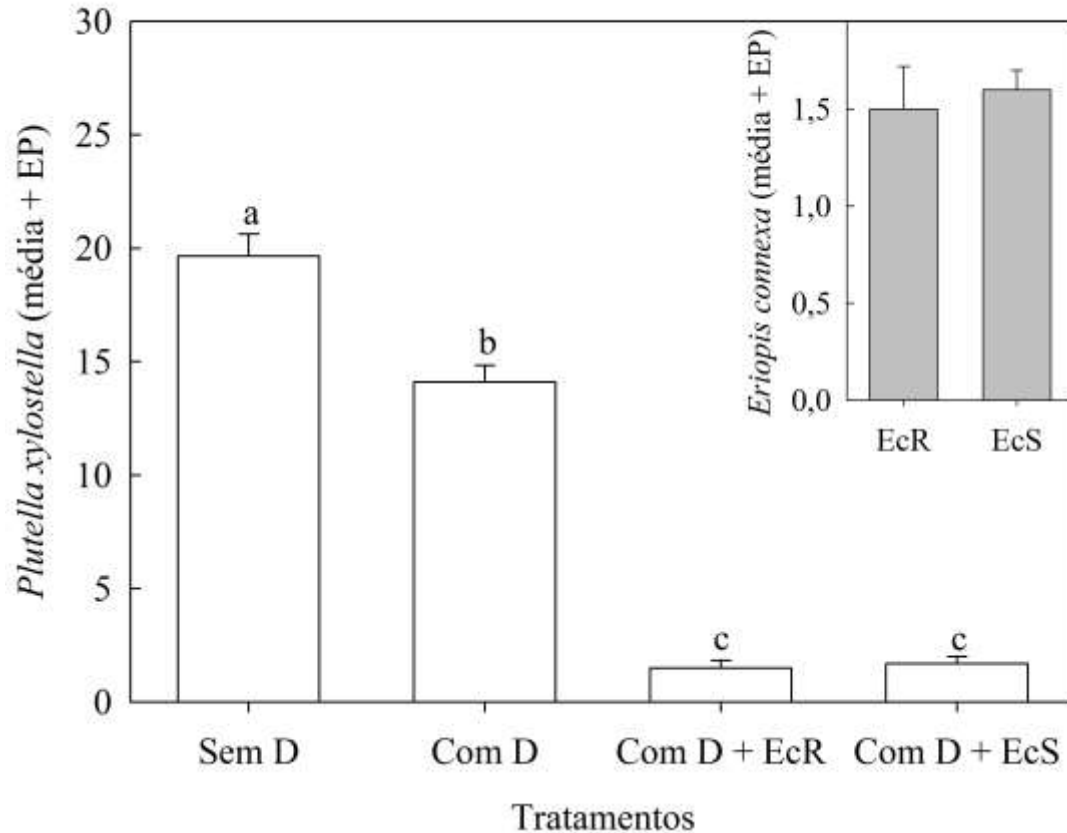


Figura 3. Número médio de indivíduos vivos (larvas, pupas ou adultos de *Plutella xylostella*) e adultos de *Eriopsis connexa* resistente (EcR) ou não (EcS) à deltametrina após nove dias de confinamento sobre plantas de couve tratadas ou não com deltametrina (D) em casa de vegetação. Nota: 30 larvas de *P. xylostella* e um casal de *E. connexa*. Temp.: $27,8 \pm 5,01^{\circ}\text{C}$ e $76,8 \pm 13,78\%$ de UR (média \pm DP). Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

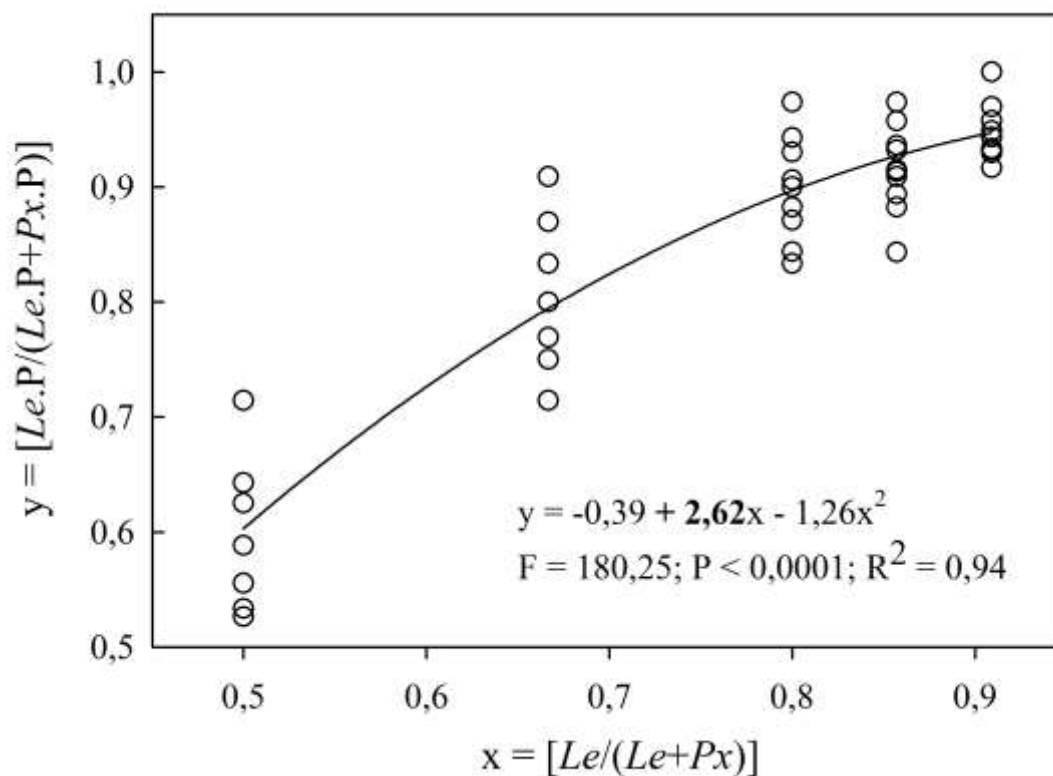


Figura 4. Preferência de *Eriopis connexa* entre *Lipaphis erysime* (*Le*) e *Plutella xylostella* (*Px*) calculada pela razão de presas consumidas $[Le.P/(Le.P+Px.P)]$, em função da sua disponibilidade $[Le/(Le+Px)]$. Nota: Inclinação $>1,0$ ($+2,62$) indica preferência positiva para a presa testada *L. erysime*; Inclinação $=1,0$, indica ausência de preferência; e inclinação $<1,0$, indica que a preferência é para a outra presa, no caso, *P. xylostella*.

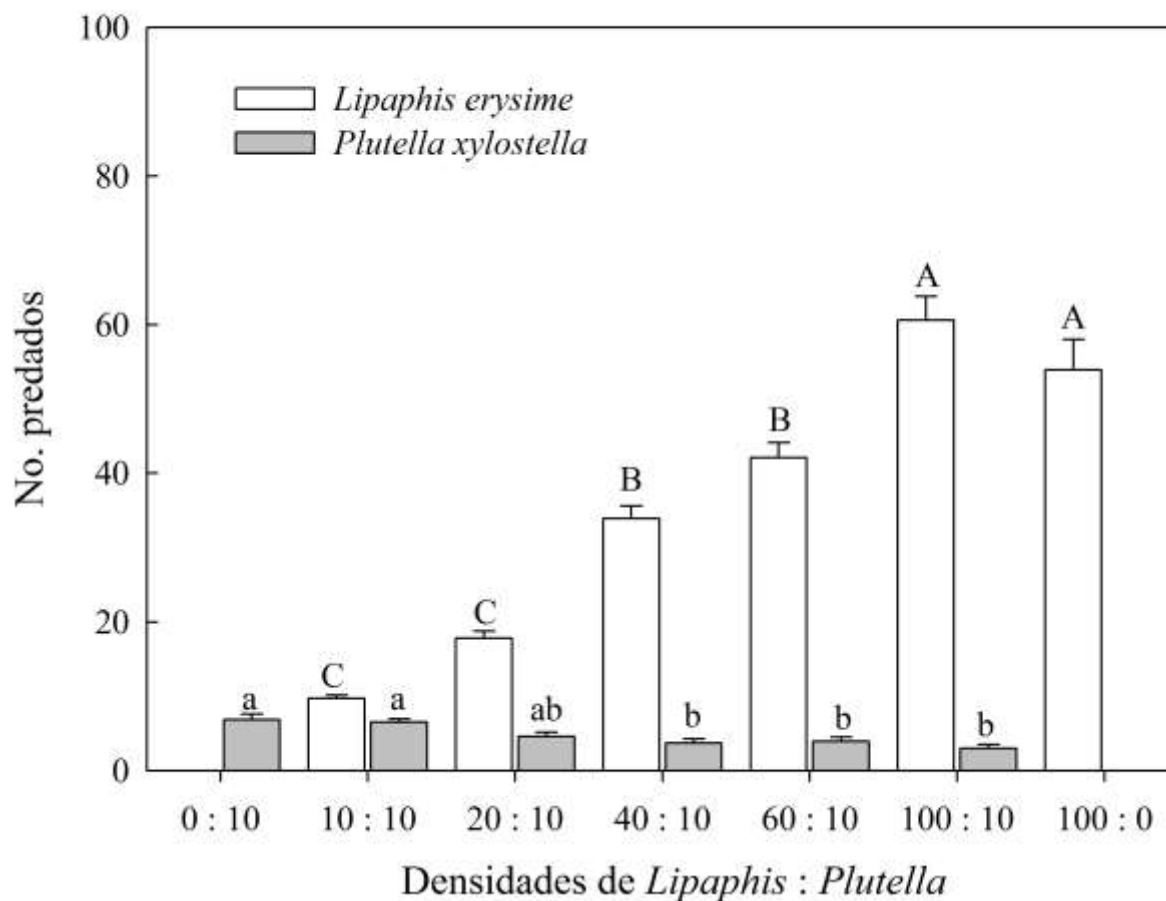


Figura 5. Número de presas consumidas (+EP) por *Eriopsis connexa* resistente em função da oferta isolada ou simultânea das presas *Lipaphis erysime* : *Plutella xylostella*. Nota: Barras contendo letras minúsculas comparam a predação de lagartas de *P. xylostella*, enquanto que letras maiúsculas comparam a predação de *L. erysime*, ambas pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa pesquisa estudou a interação de uma população de *Eriopis connexa* (Germar (Coleoptera: Coccinellidae) resistente a piretroides no controle da traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), também resistente a piretroides.

Nós demonstramos que a população de joaninha apresenta potencial de predação sobre lagartas de *P. xylostella* em folhas tratadas com deltametrina. Além disso, a predação da traça-das-crucíferas ocorreu mesmo sob condições de abundância de uma presa preferida, o pulgão *Lypaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae), indicando que o consumo de lagartas faz parte da alimentação da joaninha para complemento nutricional e não, apenas, como alternativa em períodos de escassez de presa.

Nossos resultados sugerem que a seletividade fisiológica obtida pela população de joaninha resistente a piretroides pode favorecer a conservação deste predador em campos convencionais de brássicas. Além disso, a população *E. connexa* resistente a piretroides não alterou seu comportamento de predação em superfície tratada com deltametrina. Deste modo, a joaninha poderá atuar sobre as pragas remanescentes após aplicação do inseticida, obtendo a desejada integração dos controles químico e biológico e, conseqüentemente, retardando a sua seleção para resistência. Assim, futuros estudos deverão ser conduzidos para demonstrar a contribuição da joaninha resistente em consumir pragas remanescentes após uma pulverização.

Quando a praga desenvolve resistência ao inseticida, os custos de controle aumentam para o produtor, pois aplicações adicionais de inseticidas serão necessárias e perdas de produtividade ocorrem devido as falhas de controle. Assim, o inimigo natural resistente sobrevivendo no

agroecossistema irá gerar múltiplos benefícios para o produtor e o ambiente. Isto porque estudos já demonstraram redução da quantidade pulverizada de inseticida, bem como o seu papel na redução da evolução da resistência a inseticidas em artrópodes praga como resultado da ação de inimigos naturais.

Além dos resultados obtidos, outros estudos precisam ser realizados, tais como avaliar o desenvolvimento das larvas da joaninha até a fase adulta em dieta apenas de *P. xylostella* e com dieta mista de *P. xylostella* e pulgão, como, também, avaliar seu desempenho reprodutivo. Além disso, expor a joaninha e a traça em ambiente com uma dosagem maior de inseticida, bem como avaliar o seu potencial de predação em associação a outros grupos de inseticidas recomendados para uso no agroecossistema das brássicas.