

SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA

por

RENÉ FERNANDO LUNA

(Sob Orientação do Professor Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

*Chrysoperla externa* (Hagen) é um predador de ocorrência natural nos agroecossistemas, associado a várias espécies de pragas, como pulgões, psilídeos, cochonilhas, ovos e pequenas lagartas. Inseticidas piretroides são comumente empregados no controle de lepidópteros e coleópteros nesses agroecossistemas, mas usualmente não são eficazes contra pragas sugadoras, as quais são presas preferidas por crisopídeos como *C. externa*. Desta maneira, a suscetibilidade ao piretroide lambda-cialotrina foi estudada em duas populações de *C. externa* submetidas (*Ce-Sel*) ou não (*Ce-NSel*) à seleção, mediante aplicação tópica e comparação de curvas dose-mortalidade. O estudo também avaliou possíveis efeitos de resíduos do inseticida no comportamento de oviposição, caminhamento e predação, para ambas as populações. A suscetibilidade à lambda-cialotrina entre as populações foi variável. Inicialmente, razões de resistência (RRs) considerando as doses letais  $DL_{50}$  e  $DL_{90}$  foram de 4,16 e 2,60x para larvas, e de 1,02 e 1,43 para adultos. Após sete gerações de seleção de larvas, essas RRs aumentaram para 5,85 e 9,37x para larvas e 3,38 e 2,75x para adultos, respectivamente. No estudo de oviposição, ambas as populações depositaram menor número de ovos em superfície totalmente tratada com lambda-cialotrina, porém a população *Ce-NSel* apresentou preferência de oviposição pela área não tratada. Baseado no parâmetro de caminhamento, não foi observado repelência em arenas

parcialmente tratadas para ambas às populações, embora sendo verificado irritabilidade para a população *Ce*-NSel. Quando as populações foram submetidas a arenas totalmente tratadas, larvas da população *Ce*-NSel apresentaram menor distância e velocidade de caminhamento, enquanto larvas *Ce*-Sel apresentou maior tempo de caminhamento. A taxa de predação em ambiente tratado e não tratado foi menor para ambas as populações em ambiente tratado, porém sendo aproximadamente de 1,6 vezes menor para *Ce*-NSel. Os resultados demonstram alterações na suscetibilidade de *C. externa* quando submetidas à seleção com lambda-cialotrina, bem como na resposta comportamental e de predação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle biológico, crisopídeos, resistência a inseticidas, piretroide, seletividade de inseticidas.

SUSCEPTIBILITY AND BEHAVIOURAL RESPONSES OF *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) TO LAMBDA-CYHALOTHRIN

by

RENÉ FERNANDO LUNA

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

ABSTRACT

The lacewing species, *Chrysoperla externa* (Hagen), exhibits natural occurrence in various crop ecosystems in Brazil preying upon sucking sap pest species such as aphids, scales, psyllids, and eggs and small larvae. Likewise, pyrethroid insecticides are widely recommended to control lepidopteran and coleopteran pest species in these ecosystems, but usually lacking efficacy against sucking sap pest species attacked by lacewings. Thus, in this study, two populations of the green lacewing *C. externa* were investigated regarding its susceptibility to lambda-cyhalothrin under selection (*Ce*-Sel) and non-selection (*Ce*-NSel) through topical application by determining dose-mortality curves. In addition, influence of the insecticide residues on oviposition, walking and predatory behaviors was studied. Significant variation in the susceptibility to lambda-cyhalothrin was found between the populations. At 1st-tested generation the resistance ratios (RRs) considering the LD<sub>50s</sub> and LD<sub>90s</sub> were 4.16 and 2.60-fold for larvae and 1.02 and 1.43-fold for adults. After seven generations of larval selection the RR based on the LD<sub>50s</sub> and LD<sub>90s</sub> became 5.85 and 9.37-fold for larvae, and 3.38 and 2.75-fold for adults, respectively. Females of the population *Ce*-Sel subjected to partially treated arenas laid similar number of eggs on both surfaces, while female *Ce*-NSel laid lower number of eggs on treated surfaces. Based on behavioral parameters, larvae of both populations did not exhibit repellence when observed on

partially insecticide-treated arena, although irritability was observed for larvae of *Ce*-NSel. Larvae of *Ce*-Sel population confined on fully treated arena exhibited greater walking distance, time and speed compared to larvae of *Ce*-NSel. Predation rate was reduced for larvae of both populations, but larvae of *Ce*-NSel exhibited prey consumption ~1.6x lower compared to larvae of *Ce*-Sel. The results indicated alterations on susceptibility of *C. externa* when subjected to selection with lambda-cyhalothrin and, hence, changes on behavior and predation rate.

**KEY WORDS:** Biological control, green lacewings, insecticide resistance, pyrethroid, insecticide selectivity.

SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA

Por

RENÉ FERNANDO LUNA

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

RECIFE - PE

Fevereiro – 2017

SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA

Por

RENÉ FERNANDO LUNA

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

Luziani Rezende Bestete – UFRPE

SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA

por

RENÉ FERNANDO LUNA

Orientadores: \_\_\_\_\_  
Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores: \_\_\_\_\_  
Luziani Rezende Bestete – PNP/CAPE

\_\_\_\_\_  
Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

## DEDICO

A meus pais, René Fernando Luna e Liliana Marta Córdoba e aos meus irmãos Dario Fernando Luna, Roman Jorge Luna e Julia Urueña del Valle, que são os pilares que me permitiram seguir firme no caminho correto.



## AGRADECIMENTOS

À força que me move, à luz que me guia, às mãos que me amparam e ao sopro que me inspira, Deus.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro e suporte deste trabalho.

Ao meu pai, René Fernando Luna que me encaminhou na maravilhosa ciência da agronomia, e me ensinou a sempre dar o melhor de mim.

À minha mãe, Liliana Marta Córdoba, que formou em mim valores fundamentais como a responsabilidade, respeito e gratidão.

Ao Meu irmão Dario Fernando Luna por me mostrar que depois dos sacrifícios vêm os frutos, e me fez perceber que os nossos limites estão na nossa mente.

Ao meu irmão Roman Jorge Luna por ser o meu companheiro da vida nos bons e maus momentos, aprendendo e empreendendo juntos.

À minha irmã de coração Julia Urueña del Valle e avó Feliza Eulogia Ramírez de Luna por acreditar em mim e rezar a Deus para me proteger e abençoar em todos os momentos.

Aos meus orientadores Jorge Braz Torres (UFRPE) e Luziani Rezende Bestete (UFRPE) pela credibilidade, ensinamentos, conselhos, paciência, amizade, motivação e pelos exemplos de dedicação e profissionalismo. Serei sempre grato!

À professora Christian Sherley Araújo da Silva Torres (UFRPE) pela ajuda, recomendações e ensinamentos.

Ao Professor Maoel Guedes (UFRPE) por disponibilizar alguns dos equipamentos necessários à execução dos experimentos.

À Professora María del Carmen Fernandez Gorgola (UNCa) por motivar-me a realizar o mestrado, e seguir crescendo como profissionalmente.

À Cátedra de Zoologia Agrícola (UNCa) por confiar em mim e me dar apoio.

Aos amigos do Laboratório de Controle biológico, Alice Sutana, Priscilla Costa, Rogério Lira, Paulo Ramos, Lucas Sousa e Guilherme Rolim pela amizade e ajuda de todos os dias.

Aos amigos Thiago Alves e Wellington Marques da Silva por serem as primeiras pessoas a me ajudar em este caminho, serei sempre grato.

Aos amigos Natalia, Nicolas, Rudnei, Pedro, Alessandra, Vitor, Gary, Beto, Guilherme, Paulo, Marcus, Tâmara, Juan, Antonio, Denner e Rebecca pela companhia e momentos de descontração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, meus sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS .....	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO .....	1
Chrysopidae como agentes de controle biológico.....	1
Chrysopidae: suscetibilidade e resistência a inseticidas .....	4
Efeito indireto de inseticidas no comportamento de predadores.....	8
LITERATURA CITADA .....	10
2 SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE <i>Chrysoperla externa</i> (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA .....	19
INTRODUÇÃO .....	22
MATERIAL E MÉTODOS .....	24
RESULTADOS.....	33
DISCUSSÃO.....	36
AGRADECIMENTOS.....	41
LITERATURA CITADA.....	41
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### **Chrysopidae como agentes de controle biológico**

A ação do controle natural exercido por insetos predadores é considerada a primeira linha de defesa biótica das plantas contra pragas (Whitcomb 1981). Dentre os insetos predadores, os crisopídeos são importantes no controle de várias pragas de importância econômica. Esta ação é favorecida pela maior facilidade na manipulação desses insetos (conservação, criação e liberação) (New 1975, Principi & Canard 1984, Stelzl & Devetak 1999)

O controle biológico empregando crisopídeos é realizado com sucesso em várias culturas, devido a grande quantidade de espécies existentes, as quais ocupam variados agroecossistemas e nichos ecológicos (Principi & Canard 1984, Brooks & Barnard 1990, Freitas 2002) como em cultivos orgânicos (Resende *et al.* 2007) e convencionais de algodão, citros, milho, soja, alfafa, fumo e outros (Velloso *et al.* 1997, Figueira *et al.* 2000, Macedo 2001, Freitas 2002).

Os programas de controle biológico com crisopídeos dependem de vários fatores, mas em especial da criação em larga escala e a baixo custo. Uma das formas para viabilizar as liberações seria a maximização da produção do agente na entressafra e o seu armazenamento para utilização quando necessário (Freitas 2001a). O sucesso de um programa de controle biológico passa pela disponibilização de agentes para liberações em extensas áreas e em repetidas vezes. Isso só é possível se houver meios e técnicas disponíveis para sua multiplicação em larga escala em laboratório (Freitas 2001b).

Chrysopidae inclui mais de 1200 espécies agrupadas em 75 gêneros (Brooks & Barnard 1990), todas sendo predadoras na fase larval, possuem três ínstaras e pernas ambulatórias bem desenvolvidas, o que favorece o forrageamento à procura das presas, destacando-se por apresentarem uma grande voracidade (Gravena 1984, Hassan *et al.* 1985, Carvalho *et al.* 1994).

Alimentando-se de pulgões, o desenvolvimento larval de crisopídeos ocorre em um período relativamente rápido (6-12 dias), já que pulgões apresentam populações em grandes picos, mas, que também desaparecem rapidamente (Van Emden & Harrington 2007). A muda para pupa ocorre ao final do terceiro instar, quando as larvas procuram um local semiprotégido e tecem um casulo de seda como no ponteiro das plantas, bainha e borda de folhas (Canard 2001). Após a emergência, passam por um período de maturação sexual, ocorrendo posteriormente o acasalamento e, em seguida, a oviposição. Em geral, os adultos possuem alto potencial reprodutivo, são de fácil criação em laboratório e possuem alta capacidade para se dispersarem entre plantas e agroecossistemas (Senior & McEwen 2001, Figueira 2002).

A oviposição é realizada em plantas com baixas ou altas infestações de presas, e as larvas ao eclodirem alimentam-se das presas disponíveis (Fleshner 1950, Babrikova 1979, Duelli 1987). Essas, ao localizarem uma presa, inicialmente as imobilizam pela inserção das pinças e subsequente injeção de toxinas. As pinças são compostas pela sobreposição da mandíbula e maxila, de maneira que forma um canal, um tipo particular de aparelho bucal picador-sugador (Chapman 1998). As presas são digeridas de forma extraoral pela liberação de toxinas e posteriormente ingeridas como conteúdo liquefeito (Gepp 1984, Cohen 1998).

De forma distinta às larvas, os adultos da maioria das espécies de Chrysopidae alimentam-se de pólen, substâncias açucaradas produzidas por plantas (produtos dos nectários ou néctar das flores) e por insetos (*honeydew*). Porém, há registros de espécies onde a predação também ocorre na fase adulta, a exemplo das espécies de *Chrysopa* (Tauber & Tauber 1973, Gepp 1984).

Dentre as espécies conhecidas até o momento, apenas *Chrysopa slossonae* Banks é considerada monófaga, sendo as demais oligófagas a generalistas, empregando como presas várias espécies de pulgões, cochonilhas, moscas brancas, psilídeos, ácaros, ovos e larvas neonatas (Albuquerque 2009). No Brasil, estudos sobre o potencial de controle de artrópodes-praga

utilizando crisopídeos são escassos, destacando-se aqueles para utilização no controle de *Alabama argillacea* (Hübner), pulgões como *Aphis gossypii* (Glover), *Schizaphis graminum* (Rondani) e *Rhodobium porosum* (Sanderson), e cochonilhas dos citros, tais como *Coccus* sp., *Paraorthezia* sp., *Pinnaspis* sp. e *Selenaspidus* sp. (Carvalho & Souza 2000).

Os atributos apresentados pelas larvas e adultos de crisopídeos os tornam predadores-chave em muitos sistemas agrícolas (Debach 1974, King & Nordlund 1992, Maia *et al.* 2000, Freitas 2002), o que justifica a criação massal em laboratório para controle biológico aumentativo. A criação pode ser realizada em presas alternativas, como ovos das traças-das-farinhas *Anagasta kuehniella* (Zeller) e *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Pyralidae) para as larvas (Ribeiro 1991, Albuquerque *et al.* 1994) e, alimento energético como uma mistura de mel e levedura de cerveja na proporção 1:1 para os adultos (Bortoli *et al.* 2006). Pesquisas mostram que a fase larval também pode ser mantida em dieta artificial semi-sólida, para *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Cohen & Smith 1998, Cohen 1983) e *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Muzammil *et al.* 2007).

Apesar da grande importância dos crisopídeos como agentes de controle, apenas algumas espécies tem sido mais estudadas e, conseqüentemente, tiveram suas criações estabelecidas, entre elas, *C. carnea*, *C. rufilabris*, *Chrysopa septempunctata* Wesmael, *C. perla*, *C. formosa* e *C. scelestes*. Destas, somente a primeira espécie tem recebido mais atenção em metodologias e técnicas de criação massal (Tulisalo 1984). Contudo, o potencial de utilização de espécies de Chrysopidae em programas de controle biológico pode ser amplamente expandido.

### **Chrysopidae: suscetibilidade e resistência a inseticidas**

No manejo integrado de pragas, uma das prioridades é a utilização do controle biológico, o qual nem sempre é eficaz o suficiente para manter as populações de pragas abaixo do nível de dano econômico, sendo necessária a utilização complementar ou adicional de inseticidas (Medina

*et al.* 2008, Jalali *et al.* 2009). Porém, o uso inadequado de inseticidas sintéticos é um problema frequente, que leva à ressurgência de pragas, seleção de indivíduos resistentes aos inseticidas utilizados e redução da biodiversidade pela eliminação de inimigos naturais (Ruberson *et al.* 1998, Gallo *et al.* 2002).

A resistência é uma característica pré-adaptativa, genética e hereditária (Dobzhansky 1951), definida como a capacidade desenvolvida em uma determinada população de insetos, de tolerar doses de produtos tóxicos que seriam letais para outros indivíduos da espécie (Croft *et al.* 1988). Assim como as pragas, os inimigos naturais também podem desenvolver resistência aos inseticidas, embora a constatação desse fenômeno em inimigos naturais pareça ocorrer de forma mais lenta (Tabashnik & Johnson 1999, Rodrigues *et al.* 2013). Isto porque, entre outros fatores, a seleção para a resistência é uma combinação de fatores biológicos, ecológicos e bioquímicos (capacidade de detoxificação) (Roush & Daly 1990).

Nesto contexto a busca de seletividade de inseticidas aos inimigos naturais é uma etapa crucial no manejo de pragas (Croft 1990), seja através da seletividade ecológica (logística de como o produto é utilizado visando minimizar a exposição do inimigo natural ao inseticida), ou fisiológica (susceptibilidade diferenciada em que o inseticida é mais tóxico à praga que para o inimigo natural) (Ripper *et al.* 1951, Newsom *et al.* 1976, Hull & Beers 1985). Diferenças na susceptibilidade a inseticidas entre herbívoros e inimigos naturais têm sido atribuídas a: (1) diferenças na habilidade de detoxificação metabólica de herbívoros e inimigos naturais (Taylor 1954, Croft & Morse 1979, Flexner *et al.* 1986, Theiling & Croft 1988); (2) aumento de concentração do produto em espécies predadoras ao se alimentarem de presas contaminadas (Reda & El-Banhawy 1988); (3) aumento da exposição do predador a resíduos de pesticidas devido à maior mobilidade em relação às presas (McClure 1977, Bostanian *et al.* 1984, Hoy 1984); e exposições por varias vias como a injeção de presas e subprodutos de plantas

contaminados e contato tópico e residual de inseticidas (Torres *et al.* 2010) e, (4) inabilidade fisiológica dos inimigos naturais para desenvolver resistência tão facilmente como as suas presas e hospedeiros (Croft 1972).

Apesar da similaridade no modo de ação de inseticidas neurotóxicos para a Classe Insecta, inúmeros resultados apontam a existência de mecanismos fisiológicos de tolerância em predadores a alguns destes produtos em função dos níveis diferenciais de absorção, penetração, metabolismo (destoxificação enzimática) e excreção em relação a insetos fitófagos (Hamilton & Kieckhefer 1969, Plapp & Bull 1978, Shour & Crowder 1980, Yu 1988). Isto resulta de uma seleção natural de indivíduos de populações de inimigos naturais sob pressão constante de produtos químicos permitindo a manutenção das espécies no campo (Lorini & Galley 2000, Torres 2012).

A resistência em inimigo natural em relação aos avanços nos estudos com pragas tem sido pouco estudada e explorada no contexto da integração do controle químico e biológico dentro do manejo integrado de pragas (Torres 2012, Spíndola *et al.* 2013, Torres *et al.* 2015). Contudo, estudos recentes têm caracterizado a resistência de algumas populações de crisopídeos, selecionadas naturalmente em campo devido às exposições aos inseticidas. Sendo constatada resistência de crisopídeos para fosforados (clorpirifós, malation, metomil, paration, profenofós), carbamato (carbaril), espinosinas (espinosade), avermectinas (benzoato de emamectina) e piretroides (alfa-cipermetrina, cipermetrina, deltametrina, fenvalerato, lambda-cialotrina e permetrina) (Pree *et al.* 1989, Bortoli *et al.* 2002, Pathan *et al.* 2008, Sayyed *et al.* 2010, Mansoor *et al.* 2013, Abbas *et al.* 2014), os quais apresentam largo espectro de ação e amplo uso no controle de pragas. Grafton-Cardwell & Hoy (1985), por exemplo, encontraram que populações de *C. carnea* foram tolerantes aos piretroides permetrina e fenvalerato. Núñez (1988) detectou



resistência cruzada de *C. carnea* a piretroides, provavelmente devido à seleção natural por exposição a estes e a outros produtos, como o DDT.

De maneira geral, espécies de crisopídeos têm demonstrado baixa mortalidade de uma ou mais fases, seja de ovo, larva, pupa ou adultos, a diferentes inseticidas. Contudo, acredita-se que larvas de predadores podem ser contaminadas com maior facilidade por pesticidas que os adultos, devido ao caminhar sobre superfícies tratadas e não voar (Medina *et al.* 2004). Além disso, a aplicação de inseticidas diretamente sobre larvas de *C. carnea*, como realizado por Pathan *et al.* (2008), sugere que é possível a seleção em laboratório para resistência a vários inseticidas. Essa resistência em crisopídeos, ou ao menos alta tolerância a vários princípios ativos, permite a compatibilidade do seu uso como agente de controle biológico aliado a outras táticas de controle, como o controle químico (Shour & Crowder 1980, Osman *et al.* 1985, Ribeiro *et al.* 1988). Assim, o uso de inseticidas seletivos torna-se essencial para o sucesso de programas de MIP, por apresentar efeitos reduzidos sobre os inimigos naturais nas mesmas condições em que a praga visada é controlada com sucesso (Gazzoni 1994, Degrande *et al.* 2002, Foerster 2002). Além dos benefícios diretos, a seletividade resulta em baixo risco de desenvolvimento de resistência nas populações da praga alvo (Van Lenteren & Woets 1988, Harris 2000, Viñuela *et al.* 2000), pois aqueles indivíduos resistentes que sobreviverem a aplicação do produto podem ser controladas pelo inimigo natural.

Alguns métodos foram desenvolvidos visando determinar a seletividade de pesticidas e favorecer o controle biológico. O grau de seletividade fisiológica (índice de seletividade relativa), por exemplo, pode ser expresso pela razão entre a dose letal média ( $DL_{50}$ ) à praga e ao inimigo natural, ou pela relação entre a dosagem recomendada para o controle da praga e a  $DL_{50}$  ao inimigo natural (Brown 1989). Também, pode ser estimado através do ponto da curva dose-mortalidade em que a diferença entre a mortalidade da praga e do inimigo natural é máxima

(Hower & Davis 1984). Por outro lado, o grau de resistência (razão de resistência) pode ser expresso pela razão entre a  $DL_{50}$  da população em teste e a  $DL_{50}$  de uma população padrão de suscetibilidade (Robertson *et al.* 2007).

Embora existem muitos relatos sobre a tolerância de crisopídeos a pesticidas, pesquisas têm mostrado que a criação massal de sucessivas gerações em laboratório leva a perda da resistência (Tulisalo 1984, Grafton-Cardwell & Hoy 1985, Núñez 1988, Bortoli *et al.* 2002). Por exemplo, *C. carnea* apresentou declínio de 3 a 10 vezes da resistência a piretroides, organofosforados e carbamatos em populações mantidas por três anos em laboratório (Pree *et al.* 1989). Da mesma forma, *C. externa* proveniente de campo e apresentando alta tolerância a dosagens de lambda-cialotrina, superiores àquelas recomendadas para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho, quando criadas em condições de laboratório e na ausência da pressão de seleção exibiram aumento de suscetibilidade em até 17 vezes (Bortoli *et al.* 2002).

Portanto, a ausência da pressão de seleção promove a diminuição da frequência dos alelos de resistência na população de crisopídeos criados em laboratório (Georghiou 1972). Esta instabilidade poderia ser considerada negativa no ponto de vista do controle biológico, mas pelo lado ecológico da espécie, se esta resistência resulta em custo adaptativo, ou seja, um efeito negativo no seu desempenho reprodutivo, ela deve ser diluída e, apenas expressada quando da exposição ao princípio ativo seja de forma natural ou através da seleção artificial para fins de aplicação no manejo de pragas. Isto parece ocorrer com crisopídeos, embora possa ser dependente das características da resistência envolvida e do inseticida, entre outras.

Estudos sobre o desempenho de insetos resistentes a inseticidas têm demonstrado que mecanismos de resistência resultam em custo adaptativo (Guillemaud *et al.* 1998, Ferreira *et al.* 2013). No entanto, populações resistentes de *C. carnea* sob condições semelhantes consumiram

significativamente maior número de pulgões e moscas brancas, em comparação com a população suscetível (Pathan *et al.* 2010). Além disso, estes autores também encontraram desenvolvimento mais rápido, maior peso de pupas e taxa intrínseca de crescimento populacional para a população de *C. carnea* resistente em comparação a população suscetível. Como as populações resistentes e suscetíveis tiveram a mesma população de origem, a melhora no desempenho observada para a população selecionada para a resistência, foi relacionada ao alelo de resistência (Pathan *et al.* 2010). Portanto, a resposta de cada espécie parece ser específica, tanto quanto ao comportamento exibido por ocasião do contato (exposição), como no custo de manutenção da resistência.

### **Efeito indireto de inseticidas no comportamento de predadores**

Os efeitos comportamentais dos pesticidas sobre os inimigos naturais têm despertado grande interesse nos últimos anos (Desneux *et al.* 2004, Cordeiro *et al.* 2010, Delpuech *et al.* 2012, Wrinn *et al.* 2012, Spíndola *et al.* 2013).

Historicamente, a característica de seletividade conferida a um inseticida era mediante estudos sobre os efeitos letais em inimigos naturais, ou seja, da mortalidade de uma população em curto prazo. Entretanto, atualmente sabe-se que os inseticidas podem causar efeitos subletais que afetam a fisiologia, a biologia e o comportamento dos artrópodes (Desneux *et al.* 2007, Vogt *et al.* 2007). Testes com concentrações subletais de inseticidas mostraram que a ingestão de alimento pode ser reduzida (O'Brien *et al.* 1985), bem como a atividade de vôo (Elzen *et al.* 1989) e forrageamento (Jiu & Waage 1990). Além de ocasionar mortalidade, os pesticidas podem alterar o padrão neurofisiológico dos insetos, reduzir o desenvolvimento, longevidade, imunologia, fecundidade, razão sexual, mobilidade, orientação, hábito alimentar, padrão de oviposição e a capacidade de busca da presa/hospedeiro (Desneux *et al.* 2007, Vogt *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2016). O reconhecimento dessas respostas subletais de inseticidas pode ser ainda mais importante

do que a mortalidade para controle de pragas e espécies não-alvo (Stark & Banks 2003, Desneux *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2009). Na agricultura, os efeitos subletais dos inseticidas aplicados são particularmente relevantes, porque as pragas-alvo e seus inimigos naturais deverão se manter expostos a concentrações subletais por períodos mais longos do que às concentrações letais, como consequência da degradação do inseticida (Little 1990, Guedes *et al.* 2016).

A resposta comportamental a doses ou concentrações subletais têm uma ligação entre consequências bioquímicas e ecológicas do inseto (Little 1990), particularmente no hábito de caminhar, sendo determinante da sua exposição aos inseticidas que favorecem a sua sobrevivência (Haynes 1988, Desneux *et al.* 2007, Cordeiro *et al.* 2010). Igualmente, alguns inseticidas e acaricidas podem repelir parasitoides e predadores (Bartlett 1965), aumentando, por exemplo, a sua velocidade de caminhar (Hoy & Dahlsten 1984).

Em predadores, alguns inseticidas quando aplicados em concentrações subletais, como piretroides, podem levar a respostas comportamentais, como atividade de repelência ou irritabilidade. A repelência a inseticidas pode estimular a dispersão e assim reduzir a população de espécies na área, o que pode ser indesejável para o predador quando se espera que ele permaneça na área controlando pragas não-alvo da pulverização (Cordeiro *et al.* 2010). Em larvas de crisopídeos, dois padrões de escape a inseticidas foram observados, repelência e irritabilidade, o primeiro precedendo ao contato e o segundo depois do contato com o inseticida (Hodge & Longley 2000). Foram observados níveis de repelência do malation para larvas de *C. cubana* e não em *C. externa* (Cordeiro *et al.* 2010). Esses mesmos autores, encontraram que os inseticidas malation, permetrina e azadiractina provocaram irritabilidade em larvas de ambas às espécies, minimizando o tempo de contato com a superfície tratada com o inseticida. Hodge & Longley (2000) também detectaram moderada repelência e alta irritabilidade para o crisopídeo *Micromus tasmaniae* Walker a organofosforados.

Em casos onde o inimigo natural apresenta resistência, este pode não demonstrar alterações comportamentais acentuadas ou, ao menos, detectadas quando exposto ao inseticida para o qual apresenta resistência (Spíndola *et al.* 2013). Portanto, os estudos de alterações comportamentais em inimigos naturais são importantes para indivíduos suscetíveis e resistentes, mas em especial para os resistentes, que irão sobreviver e deverão permanecer e reproduzir na área desejada.

Sobre o exposto, espera-se que populações de *C. externa* criadas com e sem pressão de seleção com lambda-cialotrina passam a apresentar diferenças na suscetibilidade a este inseticida e alterações no comportamento de caminhamento e de predação quando expostos a resíduos do inseticida. Assim, este trabalho determinou a suscetibilidade e o impacto de tratamentos com lambda-cialotrina no comportamento de predação, caminhamento e oviposição de duas populações do crisopídeo *C. externa*.

### Literatura Citada

- Abbas, N., M.M. Mansoor, S.A. Shad, A.K. Pathan, A. Waheed, M. Ejaz, M. Razaq & M.A. Zulfiqar. 2014.** Fitness cost and realized heritability of resistance to spinosad in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. Entomol. Res. 104: 707-715.
- Albuquerque, G.S. 2009.** Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae), p. 960-1022. In A.R. Panizzi & J.R.P. Parra (Eds.), Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 1164p.
- Albuquerque, G.S., A.C. Tauber & M.J. Tauber. 1994.** *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history and potential for biological control in Central and South America. Biol. Control 4: 8-13.
- Babrikova, T. 1979.** Bioecological studies on the green deer fly *Anisochrysa prasina* Burms. Hort. Vitic. Sci. 16: 12-18.
- Bartlett, B.R. 1965.** The repellent effects of some pesticides to hymenopterous parasites and coccinellid predators. J. Econ. Entomol. 58: 294-296.
- Bortoli, S.A., R.J. Ferreira, J.E. Miranda & J.E.M. Oliveira. 2002.** Suscetibilidade de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) a Karate® (Lambda-cialotrina) em condições de laboratório. Bol. San. Veg. Plagas 28: 577-584.

- Bortoli, S.A.; A.L. Boiça Júnior & J.E.M. Oliveira. 2006.** Agentes de controle biológico: predadores, parasitóides e entomopatógenos – metodologias de criação, multiplicação e uso no controle de pragas. Jaboticabal, FUNEP, 353p.
- Bostanian, N.J., C.D. Dondale, M.R. Binns & D. Pitre. 1984.** Effects of pesticide use on spiders (Araneae) in Quebec apple orchards. *Can. Entomol.* 116: 663-675.
- Brooks, S.J. & P.C. Barnard. 1990.** The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera, Chrysopidae). *Bull. Brit. Museum Nat. Hist.* 59: 117-286.
- Brown, R.A. 1989.** Pesticides and non-target terrestrial invertebrates: an industrial approach, p. 19-42. In P.E. Jepson (ed.), *Pesticides and non-target invertebrates*. Wimborne, Intercept, 240p.
- Canard, M. 2001.** Natural food and feeding habits of lacewings, p. 116-129. In P.K. McEwen, T.R. New & A.E. Whittington (eds.), *Lacewings in the crop environment*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 564p.
- Carvalho, C.F. & B. Souza. 2000.** Métodos de criação e produção de crisopídeos, p. 91-109. In V.H.P. Bueno (Ed.), *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras: UFLA, 429p.
- Carvalho, G.A., L.O. Salgado; R.L.O. Rigitano & A.H.P.P. Velloso. 1994.** Efeitos de compostos reguladores de crescimento de insetos sobre adultos de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 23: 335-339.
- Chapman, R.F. 1998.** *The Insects. Structure and Function*, 4th ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 788p.
- Cohen, A.C. & L.K. Smith. 1998.** A new concept in artificial diets for *Chrysoperla rufilabris*: the efficacy of solid diets. *Biol. Control* 13: 49-54.
- Cohen, A.C. 1983.** Improved method of encapsulating artificial diet for rearing predators of harmful insects. *J. Econ. Entomol.* 76: 957-959.
- Cohen, A.C. 1998.** Solid-to-liquid feeding: the insect(s) story of extra-oral digestion in predaceous arthropods. *Am. Entomol.* 44: 103-116.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioural avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352-1357.
- Croft, B.A. & J.G. Morse. 1979.** Research advances on pesticide resistance in natural enemies. *Entomophaga* 24: 3-11.
- Croft, B.A. 1972.** Resistant natural enemies in pest management systems. *Span* 15: 1-4.
- Croft, B.A. & H.E. Van 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.
- Debach, P. 1974.** Biological control by natural enemies. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 323p.
- Degrande, P.E., P.R. Reis, G.A. Carvalho & L.C. Belarmino. 2002.** Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais, p.71-93. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Correa- Ferreira & J.M.S. Bento (Eds.), Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 587p.
- Delpuech, J.-M., Dupont, C. & Allemand, R. 2012.** Effects of deltamethrin on the specific discrimination of sex pheromones in two sympatric *Trichogramma* species. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 84: 32-38.
- Desneux, N., A. Decourye & J.-M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Desneux, N., E. Wajnberg, X. Fauvergue, S. Privet & L. Kaiser. 2004.** Sublethal effects of a neurotoxic insecticide on the oviposition behavior and the patch-time allocation in two aphid parasitoids, *Diaeretiella rapae* and *Aphidius matricariae*. *Entomol. Exp. Appl.* 112: 227-235.
- Dobzhansky, T. 1951.** Genetics and the origin of species. 3rd ed., New York: Columbia University Press, 364p.
- Duelli, P. 1987.** Influence of food on the oviposition site selection in a predatory and honeydew-feeding lacewing species (Planipennia, Chrysopidae). *Neuroptera Int.* 4: 205-210.
- Elzen, G.W., P.J. O'Brien & J.E. Powell. 1989.** Toxic and behavioural effects of selected insecticides in the Heliothis parasitoid *Microplitis croceipes*. *Entomophaga* 34: 87-94.
- Ferreira, E.S., A.R.S. Rodrigues, C.S.A. Silva-Torres & J.B. Torres. 2013.** Life-history costs associated with resistance to lambda-cyhalothrin in the predatory ladybird beetle *Eriopsis connexa*. *Agric. For. Entomol.* 15: 168-177.
- Figueira, L.K., C.F. Carvalho & B. Souza. 2000.** Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ciênc. Agrotec.* 24: 319-326.
- Figueira, L.K., F.M. Lara & I. Cruz. 2002.** Efeitos de genótipos de sorgo sobre o predador *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) alimentado com *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphidae). *Neotrop. Entomol.* 31: 133-139.
- Fleshner, C.A. 1950.** Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. *Hilgardia* 20: 233-265.
- Flexner, J.L., B. Lighthart & B.A. Croft. 1986.** The effects of microbial pesticides on non-target, beneficial arthropods. *Agric. Ecosyst. Environ.* 16: 203-254.

- Foerster, A.L. 2002.** Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides, p. 95-114. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Correa-Ferreira, J.M.S. Bento (Eds.), Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo, Manole, 587p.
- Freitas, S. 2001a.** O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. São Paulo: Funep, 66p.
- Freitas, S. 2001b.** Criação de crisopídeos (Bicho-lixo) em laboratório. São Paulo: Funep, 20p.
- Freitas, S. 2002.** O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas, p. 210-224. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Correa-Ferreira, J.M.S. Bento (Eds.), Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo, Manole, 587p.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. de Baptista, E. Berti filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Gazzoni, D.L. 1994.** Manejo de pragas da soja: uma abordagem histórica. Londrina, Embrapa, CNPq; Brasília, EMBRAPA, SPI 72p.
- Georghiou, G.P. 1972.** The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3: 133-168.
- Gepp, J. 1984.** Morphology and anatomy of the preimaginal stages of Chrysopidae: a short survey, p.9-19. In M. Canard, Y. Séméria & T.R. New (Eds.), *Biology of Chrysopidae*. The Hague, Dr. W. Junk Publishers, 294p.
- Gould, F. 1984.** Role of behavior in the evolution of insect adaptation to insecticides and resistant host plants. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 30: 34-41.
- Grafton-Cardwell, E.E. & M.A. Hoy. 1985.** Intraespecific variability in response to pesticides in the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Hilgardia* 53: 1-32.
- Gravena, S. 1984.** Manejo integrado de pragas dos citros. *Rev. Laranja* 5: 323-361.
- Guedes, R.N.C., G. Smagghe, J.D. Stark & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. entomol.* 61:43-62.
- Guedes, R.N.C., L.C. Magalhães & L.C. Cosme. 2009.** Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? *J. Econ. Entomol.* 102: 170-176.
- Guillemaud, T., T. Lenormand, D. Bourguet, C. Chevillon, N. Pasteur & M. Raymond. 1998.** Evolution of resistance in *Culex pipiens*: allele replacement and changing environment. *Evolution* 52: 443-453.
- Hamilton, E.W. & R.W. Kieckhefer. 1969.** Toxicity of malathion and parathion to predators of the English grain aphid. *J. Econ. Entomol.* 62: 1190-1192.



- Harris, J.G. 2000.** Chemical Pesticide Markets, Health Risks and Residues. CABI, Wallingford, 54p.
- Hassan, S.A., F. Klingauf, F. Shanin. 1985.** Role of *Chrysopa carnea* as an aphid predator on sugar beet and the effect of pesticides. *Z. Angew. Entomol.* 100: 163-174.
- Haynes, K. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 149-168.
- Hodge, S. & M. Longley. 2000.** The irritant and repellent effects of organophosphates on the Tasmanian lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). *Pest Manage. Sci.* 56: 916-920.
- Hower, A.A. & G.A. Davis. 1984.** Selectivity of insecticides that kill the Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) and Alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) and protect the parasite *Microctonus aethiopoides* Loan (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 77: 1601-1607.
- Hoy, M.A. & D.L. Dahlsten. 1984.** Effects of malathion and Staley's bait on the behavior and survival of parasitic Hymenoptera. *Environ. Entomol.* 13: 1483-1486.
- Hoy, M.A. 1984.** Genetic improvement of a biological control agent: multiple pesticide resistances and nondiapause in *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Phytoseiidae), p. 673-679. In D.A. Griffiths & C.E. Bowman (Eds.), *Acarology VI*, Vol 2, Ellis Horwood, Chichester, 700p.
- 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.
- Jalali, M.A., T. Van Leeuwen, L. Tirry & P. de Clercq. 2009.** Toxicity of selected insecticides to the two-spot ladybird *Adalia bipunctata*. *Phytoparasitica* 37: 323-326.
- Jiu, G. De & J.K. Waage. 1990.** The effect of insecticides on the distribution of foraging parasitoids, *Diaertiella rapae* (Hym.: Braconidae) on plants. *Entomophaga* 35: 49-56.
- King, E.G., D.A. Nordlund. 1992.** Propagation and augmentative release of predators and parasitoids for control of arthropod pests. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 27: 239-254.
- Little, E.E. 1990.** Behavioral toxicology: stimulating challenges for a growing discipline. *Environ. Toxicol. Chem.* 9: 1-2.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Effect of the synergists piperonyl butoxide and DEF in Deltamethrin resistance on strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 749-755.
- Macedo, L.P.M. 2001.** Desenvolvimento, reprodução e comportamento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes condições ambientais. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Entomologia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 78 p.

- Maia, W.J.M.S., C.F. Carvalho & B. Souza. 2000.** Exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. *Ciênc. Agrotec.* 24: 81-86.
- Mansoor, M.M., N. Abbas, A. S. Shad, K.A. Pathan & M. Razaq. 2013.** Increased fitness and realized heritability in emamectin benzoate resistant *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ecotoxicology* 22: 1232-1240.
- McClure, M.S. 1977.** Resurgence of the scale *Fioriniu externa* (Homoptera: Diaspididae), on hemlock following insecticide application. *Environ. Entomol.* 6: 480-484.
- McEwen, P., T.R. New & A.E. Whittington. 2001.** Lacewingns in the crop environment. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 546p.
- Medina, P., F. Budia, P. del Estal, A. Adán & E. Viñuela. 2004.** Toxicity of fipronil to the predatory lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 14: 261–268.
- Medina, P., A. Adán, P. Del Estal, F. Budia & E. Viñuela. 2008.** Integración del control biológico con otros métodos de control, p. 469–476. In J. Jacas. & A. Urbaneja (Eds.), *Control biológico de plagas agrícolas*. Valencia, Phytoma España, 448p.
- Muzammil, S., F. Bilquis, A. Nazir & H.A. Ghulam. 2007.** Development of Larval Artificial Diet of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Pakistan J. Zool.* 39: 103-107.
- New, T. R. 1975.** The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrolagents: areview. *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 127: 115-140.
- 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.
- Núñez, Z.E. 1988.** Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev. Peruana Entomol.* 31: 76-82.
- O'Brien, P.J., G.W. Elzen, & S.B. Vinson. 1985.** Toxicity of azinphosmethyl and chlordimeform to parasitoid *Bracon mellitus*: lethal and reproductive effects. *Environ. Entomol.* 14: 891-894.
- Osman, A.A., M.B. Attiah, A. Eisa & A. El-Nabawi. 1985.** Relative toxicity of pesticides to certain predator on cotton pests. *Indian J. Agric. Sci.* 55: 536-538.
- Pathan, A.K., A.H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani & M.A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676-1684.

- Pathan, A.K., A.H. Sayyed, M. Aslam, T.X. Liu, M. Razzaq & W.A. Gillani. 2010.** Resistance to pyrethroids and organophosphates increased fitness and predation potential of *Chrysoperla carnae* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 823-834.
- Plapp, F.W. & D.L. Bull. 1978.** Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. *Environ. Entomol.* 7: 431-434.
- Pree, D.J., D.E Archibald & R.K. Morrison. 1989.** Resistance to insecticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) in Southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* 82: 29-34.
- Principi, M.M. & M. Canard. 1984.** Feeding habits, p.76-92. In M. Canard, Y. Séméria & T.R. New (Eds.), *Biology of Chrysopidae*. The Hague, Dr W. Junk Publishers, 294p.
- Reda, A.S. & E.M. El-Banhawy. 1988.** Effect of avermectin and Dicofol on the immatures of the predaceous mite *Amblyseius gossipi* with a special reference to the secondary poisoning effect on the adult female (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 33: 349-355.
- Resende, A.L.S., E.E. Silva, J.G.M. Guerra & E.L. Aguiar-Menezes. 2007.** Ocorrência de insetos predadores de pulgões em cultivo orgânico de couve em sistemas solteiro e consorciado com adubos verdes. *Seropédica*, Rio de Janeiro, Embrapa Agrobiologia, 6p. (Comunicado Técnico 101).
- Ribeiro, M.J. 1991.** Influência da alimentação larval sobre a biologia de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera:Chrysopidae). *Cienc. Prat.* 15: 349-354.
- Ribeiro, M.J., J.C. Matioli & C.F. Carvalho. 1988.** Efeito da avermectina-B 1 (MK-936) sobre o desenvolvimento larval de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Pesqu. Agropecu. Bras.* 23: 1189-1196.
- Ripper, W.E., R.M. Greenslade & G.S. Hartley. 1951.** Selective insecticides and biological control. *J. Econ. Entomol* 44: 448-459.
- Robertson, J.L., N.E. Savin, H.K. Preisler & R.M. Russel. 2007.** Bioassays with arthropods. 2nd ed., Boca Raton, CRC Press, 224p.
- Rodrigues, A.R.S., A.F. Spíndola, J.B. Torres, H.A.A. Siqueira & F. Colares. 2013.** Response of different populations of seven lady beetle species to lambda-cyhalothrin with record of resistance. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 96: 53–60.
- Roush, R.T. & J.C. Daly. 1990.** The role of population genetics in resistance research and management, p. 97-152. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (Eds.), *Pesticide resistance in arthropods*. New York, Chapman & Hall, 152p.
- Ruberson, J., H. Nemoto & Y. Hirose. 1998.** Pesticides and conservation of natural enemies in pest management, p. 207-220. In P. Barbosa (Ed.), *Conservation biological control*. Philadelphia, Elsevier, 396p.

- Sayyed, A.H., A.K. Pathan & U. Faheem. 2010.** Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pestic. Biochem. Physiol.* 98: 325-332.
- Senior, L.J. & P.K. McEwen. 2001.** The use of lacewings in biological control, p.296-302. In P.K. McEwen, T.R. New & A.E. Whittington (Eds.), *Lacewings in the crop environment*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 564p.
- Shour, M.H. & L.A. Crowder. 1980.** Effects of pyrethroid insecticides on the common green lacewig. *J. Econ. Entomol.* 73: 306-309.
- 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.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003.** Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu. Rev. Entomol* 48: 505–519.
- Stelzl, M. & D. Devetak. 1999.** Neuroptera in agricultural ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 305-321.
- Tabashnik, B.E. & M.W. Johnson. 1999.** Evolution of pesticide resistance in natural enemies, p. 673-689. In T.S. Bellows & T.W. Fisher (Eds.), *Handbook of biological control*. Academic Press, San Diego, 1046p.
- Tauber, M.J. & C.A. Tauber. 1973.** Nutritional and photoperiodic control of the seasonal reproductive cycle in *Chrysopa mohave* (Neuroptera, Chrysopidae). *J. Insect Physiol.* 19: 729-736.
- Taylor, E.A. 1954.** Parasitization of the salt-marsh caterpillar in Arizona. *J. Econ. Entomol* 47: 525-530.
- Theiling, K.M. & B.A. Croft. 1988.** Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. *Agric. Ecosyst. Environ* 21: 191-218.
- Torres, J.B. 2012.** Insecticide resistance in natural enemies - seeking for integration of chemical and biological controls. *J. Biofert. Biopest.* 3: e104.
- Torres, J.B., A.R.S. Rodrigues, E.M. Barros & 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.
- Torres, J.B., E.M. Barros, R.R. Coelho, & R.M. Pimentel. 2010.** Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. *Arthrop. Pl. Interac.* 4: 219-227.
- Tulisalo, U. 1984.** Mass-rearing techniques, p. 213-220. In M. Canard, Y. Séméria & T.R. New (Eds.), *Biology of Chrysopidae*. The Hague, Dr. W. Junk Publishers, 294p.

- Van Emden, H.F. & R. Harrington. 2007.** Aphids as crop pests. London, CAB International, 717p.
- Van Lenteren, J.C. & Woets, J. 1988.** Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 239–269.
- Velloso, A.H.P.P., R.L.O. Rigitano & G.A. Carvalho. 1997.** Efeitos de compostos reguladores de crescimento sobre ovos e larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysoperidae). *Ciênc. Agrotec.* 21: 306-312.
- Viñuela, E., A. Adán, G. Smagghe, M. González, M.P. Medina, F. Budia, H. Vogt & P. del Estal. 2000.** Laboratory effects of ingestion of Azadirachtin by two pest (*Ceratitis capitata* and *Spodoptera exigua*) and three natural enemies (*Chrysoperla carnea*, *Opius concolor* and *Podisus maculiventris*). *Biocontrol Sci. Technol.* 10: 165–178.
- Vogt, H., E. Viñuela, A. Bozsik, A. Hilbeck & F. Bigler. 2007.** Interactions with plant management strategies, p. 357-397. In P.K. McEwen, T.R. New, & A.E. Whittington (Eds.), *Lacewings in the crop environment*. Edinburgh, Cambridge Univ. Press, 564p.
- Whitcomb, W.H. 1981.** The use of predators in insect control, p. 105-23. In D. Pimentel (Ed.), *Pest Management*, vol. II. West Palm Beach, CRC Press, 784p.
- Wrinn, K.M., S.C. Evans & A. Rypstra. 2012.** Predator cues and herbicide affect activity and emigration in agrobiont wolf spider. *Chemosphere* 87: 390–396.
- Yu, S.J. 1988.** Selectivity of insecticides to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *J. Econ. Entomol.* 81: 119-122.

## CAPÍTULO 2

### SUSCETIBILIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL DE *Chrysoperla externa* (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) À LAMBDA-CIALOTRINA<sup>1</sup>

RENÉ F. LUNA<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua  
Dom Manoel de Medeiros, Recife, PE, 52171-900, Brazil.

---

<sup>1</sup>Luna, R.F.. Suscetibilidade e resposta comportamental de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) à lambda-cialotrina. A ser submetido.

RESUMO – Inseticidas piretroides são empregados no controle de lepidópteros e coleópteros, mas usualmente não são eficazes contra homoptera, presas preferenciais dos crisopídeos. Assim, foi estudada a suscetibilidade à lambda-cialotrina em duas populações de *Chrysoperla externa* submetidas (*Ce-Sel*) ou não a seleção (*Ce-NSel*), mediante aplicação tópica e comparação de curvas dose-mortalidade. O estudo, também, avaliou a seleção de superfície tratada com lambda-cialotrina por adultos para oviposição e de caminhamento e predação por larvas. Significativa variação na suscetibilidade de larvas e adultos de *C. externa* a lambda-cialotrina foi encontrada. Razões de resistência (RRs) considerando as doses letais  $DL_{50}$  e  $DL_{90}$  foram maiores para larvas do que para adultos. Após sete gerações de seleção de larvas, as RRs tornaram 5,85 e 9,37x para larvas e 3,38 e 2,75x para adultos, respectivamente. Fêmeas *Ce-Sel* confinadas em arenas parcialmente tratadas realizaram similar oviposição em ambas as superfícies, enquanto fêmeas *Ce-NSel* realizaram menor oviposição na superfície tratada. Não foi observada repelência para ambas as populações, embora sendo verificado irritabilidade para larvas *Ce-NSel*, diminuindo a distância e velocidade de caminhamento quando avaliadas em arenas totalmente tratadas. Larvas de ambas as populações consumiram significativamente menor quantidade de presas quando confinadas em arena tratada, porém larvas *Ce-NSel* consumiram ~1,6 vezes menos presas que larvas *Ce-Sel*. Os resultados demonstram alterações na suscetibilidade de *C. externa* quando submetidas à seleção em laboratório com lambda-cialotrina e, conseqüentemente no comportamento. Essas características são apresentadas e discutidas quanto a relevância para a manutenção de populações de *C. externa* em áreas de infestação de pragas.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência a inseticidas, piretroide, seletividade de inseticidas

SUSCEPTIBILITY AND BEHAVIOURAL RESPONSES OF *Chrysoperla externa* (HAGEN)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) TO LAMBDA-CYHALOTHRIN

ABSTRACT – Pyrethroid insecticides are widely recommended against lepidopteran and coleopteran pest species, but usually lack efficacy against homopterans, which are preferred prey of lacewings' larvae. Thus, the susceptibility to lambda-cyhalothrin was studied using two populations' *C. externa* under selection (*Ce-Sel*) and non-selection (*Ce-NSel*) through topical application and comparisons of dose-mortality curves. In addition, individual behavioural responses to dried insecticidal residues were investigated regarding oviposition, walking and predation. Significant variation in the susceptibility of larvae and adults to lambda-cyhalothrin was found across exposure generations and populations. Initially, resistance ratios (RR) considering the LD<sub>50s</sub> and LD<sub>90s</sub> were 4.16 and 2.60-fold for larvae and 1.02 and 1.43 for adults; while, after seven generations of larval selection the RR became 5.85 and 9.37-fold for larvae, and 3.38 and 2.75-fold for adults, respectively. Females of the population *Ce-Sel* subjected to partially treated arenas laid similar number of eggs on both surfaces treated and untreated, while female *Ce-NSel* laid lower number of eggs on treated surfaces. Larvae of both populations did not exhibit repellent behavior when caged on partially treated arena, although irritability was observed for larvae of *Ce-NSel*. Larvae of *Ce-Sel* population confined on fully treated arena exhibited greater walking distance, time and speed compared to larvae of *Ce-NSel*. Further, predation rate was reduced for larvae of both populations confined on treated surface, but *Ce-NSel* larvae consumed ~1.6x lower number of prey compared to *Ce-Sel*. The results indicated alterations on susceptibility of *C. externa* when subjected to selection with lambda-cyhalothrin and, hence, changes on behavior and predation rate. These traits are presented in details and discussed regarding their relevance for lacewing conservation in target areas.

KEY-WORDS: Insecticide resistance, pyrethroid, insecticide selectivity



## Introdução

Insetos predadores são a primeira linha de defesa biótica das plantas nos agroecossistemas, o que faz do controle biológico um dos principais métodos do controle de pragas (Hajek 2004). No Brasil, dentre a vasta gama de inimigos naturais existentes, *Chrysoperla externa* (Hagen) se destaca pelo hábito generalista e alto potencial biótico (Senior & McEwen 2001), características que o torna um predador-chave em sistemas agrícolas orgânicos e convencionais como algodão, citros, milho, soja, alfafa, fumo e outros (Freitas 2002, Resende *et al.* 2007). Além do controle natural, estudos com liberações inundativas deste predador resultaram em sucesso no controle dos pulgões *Schizaphis graminum* Fitch (Hemiptera: Aphididae) em sorgo (*Sorghum bicolor* L.), e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em algodoeiro (Figueira & Lara 2004, Pessoa *et al.* 2004).

Dentro do contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), apesar da contribuição do controle biológico, na maioria das vezes, é necessária a utilização conjunta de inseticidas para obter sucesso na redução das populações de pragas (Medina *et al.* 2008). Contudo, o uso contínuo de inseticidas pode favorecer a resistência em artrópodes pragas, bem como em seus inimigos naturais como resultado da seleção natural de indivíduos sob pressão seletiva, que evoluem bioecologicamente para a permanência da espécie no campo (Tabashnik & Johnson 1999, Torres 2012). A existência de populações de inimigos naturais resistentes a inseticidas em campo é uma forma garantida de se obter a seletividade fisiológica, pois permite minimizar os efeitos negativos destes produtos sobre os inimigos naturais nas mesmas condições em que a praga é controlada com sucesso (Torres 2012, Torres *et al.* 2015). Desta forma, a longo prazo espera-se uma redução do uso de inseticidas pela constante ação dos inimigos naturais, possibilitando a integração do controle biológico e controle químico (Landis *et al.* 2000, Torres 2012).

Algumas populações de crisopídeos têm demonstrado resistência, ou ao menos baixa suscetibilidade a vários grupos de inseticidas, tais como piretroides, fosforados, carbamatos, espinosinas, avermectinas, diamidas e piridinas (Pree *et al.* 1989, Bortoli *et al.* 2002, Pathan *et al.* 2008, Sayyed *et al.* 2010, Mansoor *et al.* 2013, Abbas *et al.* 2014, Barros 2015). Por exemplo, populações de *C. externa* provenientes de campo apresentaram baixa suscetibilidade a dosagens de lambda-cialotrina, superior àquela recomendada para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho (Bortoli *et al.* 2002). Também, larvas de *C. externa* (mesma população usada neste estudo) quando confinadas em superfície inerte sobre resíduo seco da menor e maior dosagem recomendada de clorantraniliprole, espinosade, lambda-cialotrina e pimetozina, apresentaram sobrevivência variando de 65,5% (espinosade maior dosagem) a 96,6% (pimetozina menor dosagem) (Barros 2015).

Piretroides são conhecidos por causar repelência em insetos predadores (Hodge & Longley 2000, Cordeiro *et al.* 2010, Spíndola *et al.* 2013). Este efeito comportamental ocorre especialmente quando os predadores são submetidos a doses subletais (Little 1990), particularmente no hábito de caminhar (Haynes 1988, Desneux *et al.* 2007, Cordeiro *et al.* 2010). Os inseticidas piretroides, de maneira geral, eram considerados de baixa seletividade para os inimigos naturais (Croft & Theiling 1990). Uma das consequências indiretas da alta toxicidade dos piretroides para inimigos naturais é a ressurgência de pragas após suas aplicações, em especial, de pulgões após a utilização da lambda-cialotrina (Broza 1986, Kidd & Rummel 1997, Deguine *et al.* 2000). Assim, a conservação de predadores-chave de pulgões como *C. externa* é de especial interesse, pois esses crisopídeos irão atuar sobre a praga evitando que ocorra ressurgência. Isto pode ser obtido com inimigos naturais sobrevivendo a aplicações de piretroides (Schuster & Stansly 2000, Godoy *et al.* 2004, Pathan *et al.* 2008, Sayyed *et al.* 2010, Mansoor *et al.* 2013, Abbas *et al.* 2014, Torres *et al.* 2015).

Neste estudo, foi testada a hipótese de que populações de crisopídeos podem apresentar diferentes níveis de tolerância à lambda-cialotrina e, que podem ser selecionadas para exibir resistência. Consequentemente, um menor grau de suscetibilidade à lambda-cialotrina pode resultar em alterações na resposta comportamental ao resíduo do inseticida. Para tanto, determinou-se a variação quanto ao grau de suscetibilidade à lambda-cialotrina para duas populações de *C. externa* coletadas em diferentes regiões brasileiras mantidas com e sem pressão de seleção para resistência ao inseticida. E, de forma complementar, foram realizados experimentos com intuito de determinar as variações no comportamento de oviposição, caminhamento e predação para ambas as populações, em resposta ao resíduo de lambda-cialotrina.

### **Material e Métodos**

Este trabalho foi conduzido com larvas e adultos de duas populações de *C. externa* estabelecidas no Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. Uma das populações foi obtida de pupas enviadas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. Esta população, recém coletada em plantio de brássicas, foi submetida a teste de suscetibilidade a vários inseticidas (Barros 2015). Inicialmente, em sua segunda geração em laboratório, demonstrou alta sobrevivência de larvas de seis dias de idade, quando confinadas em placas contendo resíduo seco de lambda-cialotrina nas dosagens recomendadas de 100 e 300 mL/ha (89,2% e 70,1%, respectivamente; Barros 2015). Assim, esta população foi considerada para comparação e usada em subseqüentes seleções e denominada de população selecionada (*Ce-Sel*).

A segunda população de *C. externa* foi obtida do laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, oriunda de plantio de pêssego e mantida em laboratório por mais de 28 gerações sem exposição a inseticidas, a qual foi denominada de população não selecionada (*Ce*-NSel). Larvas desta população, em laboratório sob as mesmas condições de exposição ao resíduo seco de lambda-cialotrina de 100 e 300 mL/ha exibiram sobrevivência de 51,6% e 41,6%, respectivamente.

Assim, neste trabalho foi realizada a caracterização da suscetibilidade à lambda-cialotrina das duas populações de *C. externa*, com manutenção da pressão de seleção para *Ce*-Sel e ausência de seleção para *Ce*-NSel. Estudos de resposta comportamental de larvas (caminhamento e predação) e adultos (oviposição), também, foram conduzidos para as duas populações mediante exposição ao resíduo seco do inseticida.

**Criação de *Chrysoperla externa*.** A metodologia de criação de larvas e adultos foi adaptada de Freitas (2001), sendo os adultos criados em gaiolas cilíndricas de PVC de 20x15 cm (altura x diâmetro), mantidas sobre pratos de jardinagem (22 cm de diâmetro) forrados com papel toalha, e fechadas na parte superior com filme plástico de PVC preso com liga elástica. A superfície interna da gaiola foi revestida com papel tipo formulário contínuo (MaxPrint<sup>®</sup>, Tietê, SP, Brasil), o qual foi usado como substrato para oviposição, preso com fita adesiva ao interior da gaiola. Sobre a fita adesiva espalhou-se uma fina camada do alimento oferecido para os adultos, o qual consiste em uma pasta de levedura de cerveja e mel (1:1). Como fonte de umidade, disponibilizou-se algodão embebido em água no interior de tampa plástica de garrafa PET no fundo da gaiola. A troca do alimento foi realizada a cada dois dias.

A coleta de ovos para a manutenção da colônia foi realizada a cada dois dias, enquanto que os ovos para à produção de larvas a serem utilizadas nos estudos foram coletados diariamente para o monitoramento preciso da idade das larvas. Os ovos coletados foram acondicionados em

recipientes plásticos transparentes de 500 mL contendo papel toalha no seu interior, e como o período de incubação dura cerca de cinco dias, então no quarto dia, um dia antes da eclosão das larvas, foram ofertados ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Após 2-3 dias de eclodidas, as larvas foram transferidas para potes plásticos de 4,5x6,0 cm (diâmetro x altura) contendo um pedaço de papel toalha no seu interior, alimentadas e monitoradas até a idade a ser empregada nos estudos (i.e., 6 dias) ou até a pupação. Os ovos de *A. kuehniella* utilizados como alimento para as larvas foram adquiridos de insetário comercial (Promip, Campinas, SP). Os experimentos e a criação foram conduzidos em laboratório sob condições de  $25 \pm 1$  °C, umidade relativa  $72,3 \pm 8,1\%$  e fotofase de 12 horas.

**Seleção de *Chrysoperla externa* à Lambda-cialotrina.** Larvas da população *Ce*-Sel foram mantidas sobre pressão de seleção com lambda-cialotrina. O estudo foi iniciado com a  $DL_{50}$  calculada para larvas que sobreviveram até a fase adulta por ocasião da geração  $F_1$  utilizando o produto formulado Karate Zeon 50 CS (lambda-cialotrina 5% m/v – 50 g/L, Syngenta S.A., São Paulo). Seis subseqüentes gerações de *C. externa* foram realizadas ( $F_2$ - $F_7$ ), com aplicação tópica de 1 $\mu$ L da  $DL_{50}$  previamente determinada. A aplicação foi feita no dorso de larvas de seis dias de idade com o auxílio de uma seringa de 50 $\mu$ L do tipo Hamilton<sup>TM</sup> (Hamilton Company, Reno, NV) acoplada a um aplicador de repetição, sendo utilizadas entre 100 e 150 larvas por geração. Na geração  $F_8$  uma nova curva foi determinada e calculada nova  $DL_{50}$  tanto para larvas como para adultos.

**Determinação das Curvas Dose-Resposta.** Larvas com seis dias de idade e adultos de seis a dez dias de idade (independente do sexo) das duas populações, foram submetidos a tratamento tópico com 1 $\mu$ L/inseto de diluições crescentes do produto comercial Karate Zeon. Para cada população, foram realizados testes preliminares por meio da diluição do produto formulado em água destilada, tendo por base a dose 0,133 g i.a. de lambda-cialotrina/L a partir da recomendação de campo (400

mL do produto comercial/ha em 150L de calda; 0,133 g de i.a. lambda-cialotrina/L), empregada para o controle de *Chloridea virescens* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro (AGROFIT 2015).

O bioensaio foi repetido duas vezes para cada população testada. Em cada bioensaio foi tratado entre 10 a 20 indivíduos por dose, sendo testada as doses 0,033; 0,167; 0,250; 0,330; 0,670 e 1,00 µg i.a./larva e 0,033; 0,066; 0,133; 0,167; 0,266; 0,300 e 0,500 µg i.a./adulto da população *Ce*-NSel e, 0,20; 0,30; 0,40; 0,67; 1,33; 2,67 e 6,66µg i.a./larva e 0,13; 0,266; 0,32; 0,42; 0,50; 0,83; 1,66 e 1,99µg i.a./adulto da população *Ce*-Sel, respectivamente.

A aplicação do produto foi realizada com a deposição de 1µL da respectiva dose no dorso das larvas ou na parte ventral do tórax/abdome dos adultos, empregando a seringa anteriormente citada. No tratamento controle, aplicou-se somente água destilada mais espalhante adesivo. Após a aplicação do inseticida, as larvas foram mantidas individualmente nos mesmos potes da criação, e os adultos em potes plásticos de 500mL com tampa contendo abertura fechada com tecido *voil*. Para as larvas, foram ofertados como alimento ovos de *A. kuehniella*, e para os adultos, dieta de levedura de cerveja e mel (1:1). A mortalidade foi avaliada 48h após a aplicação do inseticida, sendo consideradas mortas as larvas que quando colocadas com a parte ventral voltada para cima não conseguiram retornar à posição normal e caminhar, e, adultos que não conseguiram alçar vôo. Foi adotado este período de tempo pós-tratamento para avaliação, devido a possíveis recuperações do efeito “knockdown”.

Através do número de indivíduos mortos e vivos, registrado nos bioensaios, foi determinada a dose letal (DL<sub>50</sub>) para cada população por meio da análise de Probit (Finney 1971), utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002). A mortalidade de larvas ou adultos no tratamento testemunha foi nula ou inferior a 5%, não sendo necessário correções de mortalidade natural.

Testes de paralelismo e igualdade entre as curvas de dose-mortalidade estimadas foram interpretados pelo teste de qui-quadrado ao nível de 5% de probabilidade. Para o cálculo das razões de resistência ( $RR_{50}$ ) das diferentes populações de *C. externa*, foi considerada a população *Ce*-NSel como padrão de susceptibilidade a população, pois apresentou a menor  $DL_{50}$ . As  $RR_{50}$ , bem como os respectivos intervalos de confiança ( $IC_{95\%}$ ), foram calculadas pelo método descrito por Robertson *et al.* (2007), considerando as estimativas significativas quando o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0.

**Seleção da Superfície Para Oviposição.** Adultos de ambas as populações foram confinados em gaiolas contendo áreas tratadas e não tratadas com lambda-cialotrina, permitindo-se a seleção do local para a oviposição.

As gaiolas empregadas no estudo foram similares as da criação de adultos. Contudo, o substrato oferecido para oviposição no interior das gaiolas foi de acordo com o tratamento proposto, e placas de Petri de 17 cm de diâmetro foram utilizadas como suporte para parte inferior e fechamento da parte superior das gaiolas. O substrato para oviposição (papel) foi pulverizado com calda inseticida do produto comercial Karate Zeon 50CS na diluição 400 mL/ha em 150L de água (Agrofit 2015). Uma pulverização de  $\sim 15\text{mL/m}^2$  da calda inseticida foi feita utilizando o equipamento Airbrush set (Paasche Airsbush Co, Harwood Heights, IL, USA) regulado a 15 lbs/pol de pressão. As folhas de papel pulverizadas foram deixadas 2h em condições de laboratório para evaporar o excesso de umidade e, em seguida, estabelecidos os respectivos tratamentos: i) toda a superfície de oviposição tratada; ii) toda a superfície não tratada (testemunha negativa) e; iii) tratamento de escolha entre superfície tratada e não tratada (50% tratada e 50% não tratada). Em *i* e *iii*, metade da placa de Petri ou a placa por inteira foram também pulverizadas.

No interior de cada gaiola foi liberada uma fêmea de *C. externa* com 12 a 15 dias de idade demonstrando grande dilatação do abdome. Um total de 15 fêmeas por tratamento foi observado

durante três dias consecutivos quanto à seleção da superfície para oviposição. A cada 24h, as fêmeas foram transferidas para outras gaiolas do respectivo tratamento, permitindo a quantificação da oviposição realizada naquele período. Os papéis contendo ovos foram recortados e colocados em placas de Petri 8,5 x 2,5cm (diâmetro x altura) para a quantificação da taxa de eclosão e sobrevivência das larvas, durante três dias após a eclosão. Em relação a sobrevivência de larvas após eclosão foi monitorado um mínimo de 100 ovos depositados nas superfícies tratadas e não tratadas, obtidos ao acaso de diferentes gaiolas e para cada dia de oviposição. Assim, após a eclosão, as larvas foram quantificadas e em seguida, alimentadas com ovos de *A. kuehniella*. A porcentagem de eclosão de larvas foi comparada entre ovos depositados nas superfícies tratada e não tratada na arena com chance de escolha, empregando-se o teste de *t* para dados não pareados. Já as porcentagens de eclosão de larvas para arenas sem chance de escolha (totalmente tratada e não tratada), e a média acumulada de sobrevivência dessas larvas aos três dias após a eclosão e mantidas no mesmo ambiente, foram submetidas aos testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e de homogeneidade (Lavene) e transformados em arcoseno de  $x/100$  para atender os requisitos da análise de variância (ANOVA). Em seguida, os resultados foram submetidos à ANOVA fatorial, seguindo o delineamento experimental 2x2 (população e tratamento) pelo Proc ANOVA do SAS, e interpretados pelo teste de Fisher da ANOVA para efeito de populações e tratamento.

A partir dos dados de oviposição diária, foi calculada a proporção de ovos depositados em cada superfície e, comparada entre tratamentos em cada intervalo (dia) e durante os três dias de observação. Com estes resultados, a hipótese de igualdade de seleção para oviposição da superfície tratada e não tratada foi testada mediante teste de frequência (Proc Freq do SAS; SAS Institute 2002) e interpretada no nível de 5% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado. Para averiguar se há comportamento de repelência na oviposição em superfície tratada ou não, e se a preferência pode variar com o tempo de exposição, também foi comparado o número médio de ovos



depositados pelas fêmeas diariamente, ao longo dos três dias, entre tratamentos e entre populações. Cada fêmea foi considerada uma repetição em delineamento inteiramente casualizado, e utilizou-se teste de comparação de médias através do procedimento de medidas repetidas no tempo (três dias) empregando o Proc GLM do SAS (SAS Institute 2002).

**Comportamento de Larvas em Superfície Tratada e não Tratada com Lambda-cialotrina.** O bioensaio de caminhamento foi conduzido com larvas de seis dias de idade de ambas as populações, criadas isoladamente conforme descrito anteriormente.

O comportamento de caminhamento das larvas foi avaliado empregando-se três tratamentos: i) arenas não tratadas (tratamento testemunha); ii) arenas tratadas e; iii) arenas parcialmente tratadas (metade tratada e outra metade não tratada) com lambda-cialotrina na concentração de 0,133 g i.a./L (400 mL de Karate Zeon 50 SC em 150 L de calda; AGROFIT 2015). Como arena foi empregada uma superfície plástica circular de 12,5 cm diâmetro, contendo uma parte central contínua de 10,5 cm de diâmetro circundada por uma cavidade de 5 mm de profundidade, que foi preenchida com 13 mL de uma solução de água e detergente neutro a 5% para evitar a fuga das larvas. Na parte central da arena foi fixado papel filtro de mesmo diâmetro (10,5 cm) e sobre este aplicado homogeneamente 2 mL da diluição inseticida, que compôs as arenas totalmente tratadas. Para compor arenas parcialmente tratadas (50% tratada e 50% não tratada), o papel filtro tratado foi cortado ao meio e fixado ao lado de outra metade do papel filtro não tratado. Já para a arena representando o tratamento testemunha (arena não tratada), o papel filtro recebeu aplicação de 2mL de água destilada.

Os testes foram conduzidos observando um mínimo de 20 larvas das populações *Ce-Sel* e *Ce-NSel* para cada tratamento. Assim, o experimento constou de três tratamentos e duas populações de *C. externa*. A movimentação das larvas foi monitorada continuamente por 10 minutos usando o sistema de monitoramento por vídeo ViewPoint™ (ViewPoint Life Sciences

Inc., Montreal, Canadá). O monitoramento por meio de gravação somente iniciou após um minuto desde a liberação das larvas na arena, a fim de permitir a aclimatação no ambiente, devido a que as larvas permaneciam imóveis após a liberação. Cada arena foi utilizada para observar uma larva.

As variáveis anotadas foram: tempo de caminhada (seg), distância de caminhada (cm), velocidade média de caminhada ( $\text{cm seg}^{-1}$ ), e número de paradas. No teste com arenas parcialmente tratadas, também se determinou o tempo de residência em cada área da arena (seg). Foi considerado como repelência quando o tempo de permanência foi menor que 1 seg na metade da área tratada, embora aqueles que ficaram menos que 50% do tempo total na área tratada foram considerados que exibiram irritabilidade (Cordeiro *et al.* 2010). Os resultados foram analisados por MANOVA usando PROC GLM do SAS (SAS Institute 2002). A comparação entre o tempo de residência nas áreas tratadas e não tratadas foi realizada usando o teste de t pareado através do **Proc t test** do SAS (SAS Institute 2002). Para determinar a ocorrência de repelência ou irritabilidade, os dados foram analisados através do teste não paramétrico de Wilcoxon, usando PROC NPAR1WAY do SAS (SAS Institute 2002).

**Predação em Ambiente Contaminado.** Neste estudo foram utilizadas larvas de seis dias de *C. externa* de ambas as populações submetidas ou não a superfícies tratadas com a dosagem recomendada de lambda-cialotrina (0,133 g i.a./L; 400 mL de Karate Zeon 50 SC em 150 L de calda).

O impacto do tratamento inseticida na taxa de predação foi estudado empregando diferentes densidades de presas visto que o predador pode alterar o comportamento de predação em função da disponibilidade de presas ofertadas (Tavares *et al.* 2013). Assim, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado adotando um esquema fatorial, sendo considerado como tratamentos principais: populações *Ce-Sel* e *Ce-NSel*, inseticida (superfície e presa contaminados

ou não contaminadas) e cinco densidades de presas totalizando 20 tratamentos com 10 repetições por tratamento.

Os tratamentos consistiram em discos de folhas de algodão de 8 cm de diâmetro, submersos por 30 segundos na diluição de lambda-cialotrina. Após a evaporação do excesso de água da diluição inseticida (~2h em condições de laboratório), os discos foliares foram inseridos em placas de Petri de vidro de 11 cm de diâmetro forradas com papel filtro. Em seguida, ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) foram transferidos para os discos nas densidades de 10, 25, 50, 100 e 200 ovos. Como a postura de *S. frugiperda* é realizada em camadas, estas foram suavemente tocadas com pincel umedecido para a separação dos ovos. Para os tratamentos com inseticida, a transferência foi feita com auxílio de um pincel umedecido na diluição inseticida, enquanto os ovos transferidos para o tratamento sem inseticida, o pincel foi umedecido em água destilada.

Posteriormente, uma larva de seis de dias de idade de *C. externa*, privada de alimentação por 24h para igualar o nível de saciação e estimular a predação, foi liberada no interior da placa de Petri. Após 24h a liberação, a mortalidade de larvas foi quantificada e as larvas sobreviventes foram transferidas para os recipientes de criação e monitoradas até a pupação. Subsequentemente com auxílio de estereomicroscópio de 10-50x de aumento (Motic SMZ168, São Paulo, SP), foram contabilizados o número de ovos remanescentes sem predação e ovos predados (murchos). O número de ovos predados foi submetido aos testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e de homogeneidade (Lavene) e transformados em  $\log(x+1)$  para atender os requisitos da análise de variância (ANOVA). Em seguida, os resultados foram submetidos à ANOVA fatorial, seguindo o delineamento experimental 2x2x5 (população, inseticida e densidades de ovos) e interpretados pelo teste de Fisher da ANOVA para efeito principais de populações e inseticida. Análise de regressão foi adotada para comparar a predação em função da densidade de ovos pelo Proc Reg do SAS. A

diferença de predação entre populações, em função da densidade de ovos ofertados, foi comparada através do coeficiente linear das equações empregando o Proc Mixed do SAS (SAS Institute 2002).

## Resultados

**Curvas Dose-Mortalidade.** Os resultados de mortalidade (DLs) obtidos nos bioensaios assumiram o modelo de Probit ( $P > 0,05$ ) e estão descritos na Tabela 1. A DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub> de lambda-cialotrina para larvas da população *Ce-Sel*, após 48h da aplicação e independente da geração foi superior à obtida para larvas da população *Ce-NSel*, apresentando razões de resistência (RR) variando de 2,6 a 9,37 (Tabela 1). Após sete gerações de seleção (F<sub>8</sub>) com lambda-cialotrina, as DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub> para larvas de *Ce-Sel* aumentaram aproximadamente 1,93 e 4,61 vezes, respectivamente. Já a população *Ce-NSel*, após as mesmas gerações e ausência de seleção ao produto, não apresentou modificações nas DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub>.

Ao considerar a sobrevivência de larvas tratadas atingindo a fase adulta, nota-se uma redução na sobrevivência resultando em menores DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub> para adultos oriundos de larvas tratadas para ambas as populações. Ainda assim, a população *Ce-Sel* apresentou razões de resistência significativamente maior em relação à *Ce-NSel* (Tabela 1).

Para os indivíduos tratados na fase adulta, o inseticida lambda-cialotrina acarretou toxicidade consideravelmente superior à observada em larvas, com menores valores para as DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub> para ambas as populações, para suas respectivas gerações avaliadas (Tabela 1). A DL<sub>50</sub> para adultos foi semelhante para as duas populações na F<sub>1</sub>. Contudo, na oitava geração a população *Ce-Sel* apresentou maiores valores de DLs e razões de resistência de até 3,38 vezes em relação à *Ce-NSel* (Tabela 1). De forma semelhante às larvas, os adultos tratados da população *Ce-Sel* apresentaram aumento de 3,23 e 4,22 vezes na oitava geração de seleção para as DL<sub>50</sub> e DL<sub>90</sub>, respectivamente.

**Seleção da Superfície para Oviposição.** A média de oviposição de fêmeas das populações *Ce-Sel* e *Ce-NSel* confinadas em gaiolas parcialmente, totalmente ou não tratadas com lambda-cialotrina variou entre populações e tratamentos. Porém, não ocorreu interação entre esses fatores (Fig.1). As populações *Ce-Sel* e *Ce-NSel* reduziram em 16,1% e 33,7% a oviposição em arenas totalmente tratadas em relação a arena não tratada, respectivamente (Fig. 1). Em condições de escolha nas arenas parcialmente (50:50) tratadas com lambda-cialotrina, fêmeas da população *Ce-Sel* apresentaram similar oviposição em ambas as superfícies, enquanto que fêmeas da população *Ce-NSel* apresentaram menor oviposição na superfície tratada (Fig. 2).

A eclosão de larvas variou de  $80,1 \pm 7,01$  a  $91,5 \pm 2,37\%$  (média  $\pm$  EP) para posturas realizadas durante três dias consecutivos em superfície tratada ou não tratada com a lambda-cialotrina e, portanto, não diferindo entre populações ( $F_{1,36} = 0,01$ ;  $P = 0,9984$ ) e tratamentos ( $F_{1,36} = 1,85$ ;  $P = 0,1817$ ). Ainda, não houve interação significativa entre esses fatores ( $F_{1,36} = 1,60$ ;  $P = 0,2126$ ). Da mesma forma, a sobrevivência de larvas (média  $\pm$  EP=  $95,8 \pm 2,34$  a  $97,9 \pm 1,01\%$ ) mantidas por três dias na mesma superfície onde os ovos foram depositados, não diferiu entre populações ( $F_{1,36} = 0,02$ ;  $P = 0,9844$ ) e tratamentos ( $F_{1,36} = 1,61$ ;  $P = 0,2124$ ), bem como não foi observado interação significativa entre esses dois fatores ( $F_{1,36} = 0,12$ ;  $P = 0,8126$ ).

**Comportamento de Caminhamento de Larvas em Superfície Tratada e não Tratada com Lambda-cialotrina.** O tratamento com lambda-cialotrina resultou em respostas comportamentais diferentes entre larvas das populações *Ce-Sel* e *Ce-NSel*. Em arenas totalmente tratadas com o inseticida, larvas de *Ce-NSel* apresentaram menores valores para distância caminhada (DC) e velocidade de caminhada (VC), sendo apenas o tempo de caminhada (TC) e número de paradas (NP) similar a larvas avaliadas em arenas não tratadas (Tabela 2). Por outro lado, larvas da população *Ce-Sel* teve um aumento no tempo de caminhada (TC) quando avaliadas em arenas totalmente tratadas. Já quando comparadas ambas as populações em arena totalmente

tratada, larvas da *Ce*-NSel apresentaram menores valores para distância caminhada (DC), tempo de caminhada (TC) e velocidade de caminhada (VC), sendo apenas o número de paradas (NP) similar entre as populações (Tabela 2).

Nas arenas parcialmente tratadas, larvas de *Ce*-Sel também apresentaram maiores DC e VC, porém, menor NP e TC e igual à população *Ce*-NSel. De forma oposta, quando confinadas em arenas não tratadas, larvas de ambas as populações apresentaram resultado similar para todos os parâmetros determinados (Tabela 2).

Em relação ao tempo de residência (TR), larvas de ambas as populações apresentaram similar tempo de permanência nas áreas, indicando ausência de repelência quando confinadas em arenas parcialmente tratadas com o inseticida. Contudo, a população *Ce*-NSel teve maior porcentagem de indivíduos apresentando comportamento de irritabilidade, o que não ocorreu na população *Ce*-Sel (Fig. 3).

**Predação em Ambiente Contaminado.** A predação de ovos de *S. frugiperda* por larvas de seis dias de *C. externa* foi variável em função da população (*Ce*-Sel x *Ce*-NSel) ( $F_{1, 189} = 68,73$ ;  $P < 0,0001$ ), do tratamento com e sem lambda-cialotrina ( $F_{1, 189} = 4460,67$ ;  $P < 0,0001$ ), e da densidade de ovos ( $F_{4, 189} = 1072,88$ ;  $P < 0,0001$ ). Além disso, foi observada interação significativa entre populações e densidade de ovos ( $F_{4, 189} = 4,05$ ;  $P = 0,0036$ ) e tratamento e densidade de ovos ( $F_{4, 189} = 503,40$ ;  $P < 0,0001$ ). Contudo, não houve interação entre populações e tratamento ( $P = 0,089$ ), e entre populações, tratamento e densidade ( $P = 0,1166$ ).

Larvas da população *Ce*-Sel predaram, em média,  $47,9 \pm 5,52$  ovos e da população *Ce*-NSel  $39,6 \pm 4,92$  ovos, independente do tratamento. Em média, larvas não expostas à lambda-cialotrina, independente da população, predaram significativamente mais ovos ( $79,3 \pm 5,89$  ovos) do que larvas expostas ( $11,5 \pm 1,03$  ovos). Ao considerar a densidade de ovos ofertada, a predação exibida por ambas as populações na ausência da lambda-cialotrina foi de 100% nas densidades 10,

25, 50 e 100 ovos (Fig. 4). Por outro lado, a taxa de predação em função das diferentes densidades de ovos com exposição a lambda-cialotrina foi reduzida nas duas populações (*CeSel*:  $t_{1, 98} = 39,41$ ;  $P < 0,0001$ ; e *CeNSel*:  $t_{1, 103} = 28,90$ ;  $P < 0,0001$ ; Fig. 4). Além disso, a predação em função da densidade foi superior para a população *Ce-Sel* (Proc Mixed;  $t_{1, 105} = 3,75$ ;  $P = 0,0003$ ; Fig. 4). Por fim, independente da população, tratamento e efeito na taxa de predação, todas as larvas de ambas as populações sobreviveram à exposição e consumo de presas tratadas e não tratadas durante 24h de confinamento, e formaram pupas após três a quatro dias após o confinamento.

### Discussão

As populações de *C. externa* estudadas apresentaram respostas diferenciadas quanto à suscetibilidade a lambda-cialotrina. Verifica-se que é necessário maior dose de lambda-cialotrina para matar larvas e adultos da população *Ce-Sel*. Assim, com base nas razões de resistência ( $RR_s$ ) obtidas podemos inferir que indivíduos da população *Ce-Sel* são menos suscetíveis à lambda-cialotrina que os da *Ce-NSel*. Além disso, as DLs determinadas para a população *Ce-Sel*, determinadas para larvas e adultos via tratamento tópico sugere que a maioria dos indivíduos sobreviverão às aplicações de lambda-cialotrina na maior dosagem recomendada de campo do produto comercial, resultando assim em uma seletividade fisiológica.

A população *Ce-Sel* apresentou razões de resistência significativas  $RR_s$ , porém esses valores podem ser considerados relativamente baixos. Isto porque, a razão de resistência em espécies de insetos-praga pode variar em centenas de vezes, não sendo considerada resistência quando inferior a 10 vezes (Croft & Theiling 1990, Torres-Vila *et al.* 2002). No entanto, as doses recomendadas dos inseticidas devem controlar a praga-alvo em cerca de 80%, independente da densidade populacional (Knipling 1979). Desta forma, a tolerância diferencial entre a praga e o inimigo

natural não precisa ser de grande valor numérico, mas sim o suficiente para garantir a sobrevivência do inimigo natural. Fato este observado em nossos resultados, em especial com a população *Ce-Sel* que apresentou baixa suscetibilidade à lambda-cialotrina e que, embora apresentando alterações de comportamento e redução na taxa de predação em ambiente contaminado, realizou oviposição em áreas tratadas originando descendentes viáveis, o que se espera contribuir para a sua conservação no ambiente e ação de controle sobre a praga.

Larvas de ambas as populações, *Ce-Sel* e *Ce-NSel*, apresentaram  $DL_{50}$  e  $DL_{90}$  superiores à maior concentração de lambda-cialotrina recomendada para controle de pragas do algodoeiro no Brasil (0,133 g de i.a. lambda-cialotrina/L). Por exemplo, para larvas *Ce-Sel* foi estimada dose de 13,099 g de i.a. lambda-cialotrina/L, 98,5 vezes superior a dose de campo para ocasionar 90% de mortalidade de larvas após sete gerações de seleção. Ao contrário, os valores da  $DL_{50}$  para adultos de *Ce-NSel* foram inferiores ou muito próximos à dosagem recomendada. Desta forma, estes resultados sugerem que pulverizações com lambda-cialotrina para controle de insetos-praga, na respectiva dosagem recomendada, permitirá a sobrevivência das duas populações do inimigo natural. No entanto, é esperada maior sobrevivência de larvas e adultos na população selecionada. Nestas condições, apesar da sobrevivência de indivíduos da população não selecionada, esta taxa seria em menor proporção para larvas, bem como cerca de 50% dos adultos seriam mortos.

Vale salientar, que a toxicidade da lambda-cialotrina à população *Ce-Sel* foi menor quando aplicada em larvas do que diretamente em adultos. Isto pode estar relacionado a diferenças na taxa de detoxificação entre larvas e adultos para inseticidas piretroides; no caso da baixa suscetibilidade ser devido à detoxificação metabólica (Ishaaya & Casida 1981). Medina *et al.* (2004), também, verificaram que a fase larval do crisopídeo *Chrysoperla carnea* (Stephens) foi mais resistente a inseticidas de outros grupos químicos, como fipronil (Pirazol) aplicado de forma tópica.



Diante das diferenças comportamentais apresentadas pelas populações é possível que adultos e larvas da população *Ce*-NSel apresentem irritabilidade após o contato com superfícies tratadas com lambda-cialotrina (Figs. 1 a 3), preferindo ovipositar em locais sem o inseticida e se deslocar para áreas no dossel da planta ou para outros locais sem o inseticida. Por outro lado, alterações significativas desses comportamentos não foram observadas para larvas e adultos da população *Ce*-Sel. Assim, os resultados sugerem que indivíduos apresentando baixa suscetibilidade à lambda-cialotrina como aqueles da população *Ce*-Sel ao entrar ou estar presente em áreas pulverizadas, a reprodução e predação poderá ser menor nesta área, mas será mantida e superior ao resultado obtidos com indivíduos suscetíveis. Assim, independente da característica intrínseca da população é importante salientar que áreas de escape sem pulverização serão importantes visando favorecer a oviposição e permanência da espécie no agroecossistema.

Como esperado, indivíduos de ambas as populações apresentaram comportamento de caminamento semelhante em arenas não tratadas com lambda-cialotrina. Por outro lado, o contato direto com o resíduo do inseticida nas arenas totalmente ou parcialmente tratadas induziu resposta diferenciada entre as populações. Deste modo, a população *Ce*-NSel parece sofrer uma depressão na velocidade e duração do caminamento, o que pode estar associado ao efeito "Knockdown" ocasionado por piretroides. Algumas larvas *Ce*-NSel ao final do período de observação se tornavam mais lentas, bem como demonstravam retorcimento do corpo, similar ao comportamento observado para larvas entrando em "knockdown". Por outro lado, larvas *Ce*-Sel não apresentaram tais variações no comportamento de caminamento em arenas tratadas. Larvas *Ce*-Sel expostas ao resíduo da dosagem aplicada nas arenas não exibem efeito "knockdown", bem como o maior caminamento pode ser um comportamento adaptativo que permite menor exposição direta do predador ao resíduo tóxico. Resultados semelhantes foram observados por Chareonviriyaphap *et al.* (1997) com *Anopheles albimanus* Wiedemann (Diptera: Culicidae)

resistentes à permetrina, que tendiam a escapar de áreas tratadas com o produto mais do que indivíduos suscetíveis. Outros inseticidas também têm sido relatados causando mudanças no comportamento de insetos predadores, exercendo efeitos estimulantes ou depressivos nestes (Haynes 1988). Em áreas pulverizadas, essas alterações podem levar a uma redução significativa na eficiência da captura de pragas (Cordeiro *et al.* 2010, Biondi *et al.* 2012a,b, He *et al.* 2012). No caso de inseticidas piretroides, alterações no comportamento estão relacionadas à sua ação no sistema nervoso periférico (Bloomquist & Miller 1985).

Independente do grau de suscetibilidade das populações estudadas, as larvas não evitaram totalmente a área tratada. Estudos conduzidos por Cordeiro *et al.* (2010), indicaram ausência de repelência para *C. externa* e *Chrysoperla cubana* (Hagen) a permetrina. Porém, ambas as espécies apresentaram alta irritabilidade a este piretroide. Apesar de que estudos mostram que piretroides tem propriedades repelentes para ácaros fitófagos e predadores (Penman & Chapman 1983, Riedl & Hoying 1983), em abelhas (Delabie 1985, Rieth & Levin 1988), coleópteros (Moore 1980) e lepidópteros (Ruscoe 1977, Gist & Pless 1985), a repelência parece não ser um resultado comum para as espécies de Chrysopidae estudadas.

A ausência do efeito de repelência indica que as populações de *C. externa*, não conseguiriam detectar as áreas pulverizadas sem contato prévio. Dessa forma, o controle de pragas em áreas pulverizadas não é desfavorecido, pois o contato com o produto não afetou a sobrevivência das larvas, embora a taxa de predação seja reduzida após o contato e ingestão de presas contaminadas durante o intervalo avaliado. Contudo, indivíduos suscetíveis poderá apresentar maior dispersão da área pulverizada.

A predação envolve vários comportamentos desde o deslocamento para a localização visual e química da presa, sua captura e aceitação. Comportamentos esses que envolvem sofisticadas atividades do sistema nervoso (Haynes 1988), os quais podem ser afetados por inseticidas

neurotóxicos. Embora os resultados não nos permita uma direta comparação devido a diferenças nas metodologias e espécies envolvidas, dados na literatura relatam redução no consumo de presas por artrópodes predadores após exposição a inseticidas neurotóxicos. Aplicações do imidacloprido em dose subletal diminuiu a eficácia de procura e taxa de consumo de pulgões por *Harmonia axyridis* (Palla) (Coleoptera: Coccinellidae) (Wang & Shen 2002), e de ovos de ácaros por *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) (Poletti *et al.* 2007), bem como o tiacloprido reduziu significativamente a taxa de predação de *Macrolophys pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae) (Martinou *et al.* 2014). Assim, embora apresentando 100% de sobrevivência em contato com a superfície tratada e ingestão de presa contaminada, as larvas de *C. externa* exibiram redução significativa de consumo de presas. Ainda, a diferença no número de presas entre larvas não expostas e larvas expostas ao inseticida pode ter sido maximizada em função do período de oferta. A oferta de 12h até 12h do dia seguinte permitiu 6h de predação contínua, mais 12h de escuro para digestão e, novamente, 6h de luz, o que permitiu predação em dois ciclos de fotofase. A oferta alternada com período de escotafase permitiu digestão da presa consumida e oportunamente consumo até a saciação no dia seguinte.

Com base nos resultados obtidos, podemos inferir que a lambda-cialotrina produz irritabilidade em fêmeas e larvas do terceiro instar de *C. externa*, e diminui a velocidade de caminamento e duração do caminamento, bem como a taxa de predação. No entanto quando *C. externa* apresenta menor grau de suscetibilidade, esses efeitos são reduzidos. Neste estudo, mostramos que a seleção para resistência a lambda-cialotrina em populações de *C. externa*, em condições de laboratório, é possível, embora não tenhamos obtido um aumento elevado nos níveis de resistência após sete gerações. Porém, é importante salientar que com pressão do tratamento de larvas uma vez em cada geração foi possível manter e ganhar resistência. Assim, como obtido em laboratório, é de se esperar que a seleção aconteça em campo quando as larvas forem expostas a

este inseticida. Esta seleção permitirá a manutenção de *C. externa* em campo e com isso contribuir para evitar o ressurgimento de pragas como resultado da redução da população de inimigos naturais (Kidd & Rummel 1997, Longley 1999), tal como evitar surtos populacionais de pulgões em áreas tratadas com lambda-cialotrina (Broza 1986, Hardin *et al.* 1995, Kidd & Rummel 1997, Deguine *et al.* 2000). Assim, a existência de populações de *C. externa* com menor grau de suscetibilidade, o suficiente para sobreviver à lambda-cialotrina em campo, torna possível a sua conservação e permitirá o uso associado deste predador e inseticida em programas de controle de pragas, especialmente em agroecossistemas onde *C. externa* se apresenta como predador-chave.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do PPGEA pelo suporte com bolsa de Mestrado a R.F.L. e ao suporte obtido pelo projeto PROCAD CAPES NF.

### Literatura Citada

- Abbas, N., M.M. Mansoor, S.A. Shad, A.K. Pathan, A. Waheed, M. Ejaz, M. Razaq & M.A Zulfiqar. 2014.** Fitness cost and realized heritability of resistance to spinosad in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. Entomol. Res. 104: 707-715.
- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). 2015.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons.](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.)> Acesso em 15/06/2015.
- Barros, E.M. 2015.** Suscetibilidde do bicudo-do-algodoeiro e inimigos naturais chave para o manejo de pragas do algodoeiro a inseticidas. Tese de Doutorado, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 85p.
- Biondi, A., N. Desneux, G. Siscaro & L. Zappalà. 2012a.** Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. Chemosphere 87: 803–812.

- Biondi, A., V. Mommaerts, G. Smagghe, E. Viñuela, L. Zappalà & N. Desneux. 2012b.** The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Manage. Sci.* 68: 1523–1536.
- Bloomquist, J. R. & T.A Miller. 1985.** Carbofuran triggers flight motor output in pyrethroid-blocked reflex pathways of the house fly. *Pestic. Biochem. Physiol.* 23: 247-255
- Bortoli, S.A., R.J. Ferreira, J.E. Miranda & J.E.M. Oliveira. 2002.** Suscetibilidade de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) a Karate® (Lambda-cialotrina) em Condições de Laboratório. *Bol. San. Veg. Plagas* 28: 577-584.
- Broza, M. 1986.** An aphid outbreak in cotton fields in Israel. *Phytoparasitica* 14: 81–85.
- Chareonviriyaphap, T., D.R. Roberts, R.G. Andre, H. Harlan & M.J. Bangs. 1997.** Pesticide avoidance behaviour in *Anopheles albimanus* Wiedemann. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 13: 171–183.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioural avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352–1357.
- Croft, B.A. & K.M. Theiling. 1990.** Pesticide effects on natural enemies: a database summary, p. 17–46. In B.A. Croft (Ed.), *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York: John Wiley & Sons, 723p.
- Deguine, J.P., E. Gozé & F. Leclant. 2000.** The consequences of late outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* in cotton growing in Central Africa: towards a possible method for the prevention of cotton stickiness. *Int. J. Pest Manage.* 46: 86–89.
- Delabie, J., C. Bos, C. Fonta & C. Masson. 1985.** Toxic and repellent effects of cypermethrin on the honeybee: laboratory, glasshouse and field experiments. *Pestic. Sci.* 16: 409–415.
- Desneux, N., A. Decourye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Desneux, N., E. Wajnberg, X. Fauvergue, S. Privet & L. Kaiser. 2004.** Sublethal effects of a neurotoxic insecticide on the oviposition behavior and the patch-time allocation in two aphid parasitoids, *Diaeretiella rapae* and *Aphidius matricariae*. *Entomol. Exp. Appl.* 112: 227–235.
- Figueira, L.K. & F.M. Lara. 2004.** Relação predador: presa de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera) para o controle do pulgão-verde em genótipos de sorgo. *Neotrop. Entomol.* 33: 447–450.
- Finney, D.J. 1971.** *Probit Analysis*. London: Cambridge Univ. Press, 333p.
- Freitas, S. 2001.** Criação massal de crisopídeos (bicho lixeiro) em laboratório. Jaboticabal: Funep, 20 p.

- Freitas, S. 2002.** O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas, p. 209–224. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Correa-Ferreira, & J.M. Bento (Eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Piracicaba: Manole, 587p.
- Gist, G.L. & C.D. Pless. 1985.** Ovicidal activity and ovipositional repellent properties of synthetic pyrethroids to the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. Fla. Entomol. 68: 462–466.
- Godoy, M.S., G.A. Carvalho, J.C. Morales, L.V. Cosme, M.M. Goussain, C.F. Carvalho & A.A. Moraes. 2004.** Seletividade de seis inseticidas utilizados em citros a pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotrop. Entomol. 33: 359–364.
- Hajek, A.E. 2004.** Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 378p.
- Hardin, M.R., B. Benrey, M. Coll, W.O. Lamp, G.K. Roderick & P. Barbosa. 1995.** Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. Crop Prot. 14: 3–18.
- Haynes, K.F. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. Annu. Rev. Entomol. 33: 149–68.
- 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.
- Hodge, S. & M. Longley. 2000.** The irritant and repellent effects of organophosphates on the Tasmanian lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). Pest Manage. Sci. 56: 916–920.
- Ishaaya, I. & J.E. Casida. 1981.** Pyrethroid esterase(s) may contribute to natural pyrethroid tolerance of larvae of the common green lacewing. Environ. Entomol. 10: 681–684.
- Kidd, P.W. & D.R. Rummel. 1997.** Effect of insect predators and a pyrethroid insecticide on cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, population density. Southwest. Entomol. 22: 381–393.
- Knipling, E.F. 1979.** The basic principles of insect population suppression and management, p. 577–623. In USDA (ed.), Agriculture Handbook n. 512. Washington, D.C.: USDA, 659p..
- Landis, D.A., S.D. Wratten & G.M. Gurr. 2000.** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annu. Rev. Entomol. 45: 175–201.
- Little, E.E. 1990.** Behavioral toxicology: stimulating challenges for a growing discipline. Environ. Toxicol. Chem. 9: 1–2.
- Longley, M. 1999.** A review of pesticide effects upon immature aphid parasitoids within mummified hosts. Int. J. Pest Manage. 45: 139–145.

- Mansoor, M.M., N. Abbas, A. S. Shad, K.A. Pathan & M. Razaq. 2013.** Increased fitness and realized heritability in emamectin benzoate resistant *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ecotoxicology* 22: 1232-1240.
- Martinou, A. F., N. Seraphides & M.C. Stavrinos. 2014.** Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. *Chemosphere* 96: 167–173.
- Medina, P., A. Adán, P. Del Estal, F. Budia & E. Viñuela. 2008.** Integración del control biológico con otros métodos de control, p. 469–476. In J. Jacas & A. Urbaneja (Eds.), *Control biológico de plagas agrícolas*. Valencia: Phytoma España, 448p..
- Medina, P., F. Budia, P. del Estal., A. Adán & E. Viñuela. 2004.** Toxicity of fipronil to the predatory lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Biocontrol Sci. Techn.* 14: 261–268.
- Moore, R.F. 1980.** Behavioral and biological effects of NRDC-161 factors in control of the boll weevil. *J. Econ. Entomol.* 73: 265–267.
- Pathan, A. K., A.H. Sayyed, M. Aslam, M. Razaq, G. Jilani & M.A. Saleem. 2008.** Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 1676-1684.
- Penman, D.R. & R.B. Chapman. 1983.** Fenvalerate induced distributional imbalances of two-spotted spider mite on bean plants. *Entomol. Exp. Appl.* 33: 71–78.
- Pessoa, L.G.A., B. Souza & M.G. Silva. 2004.** Aspectos bioecológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) criado em quatro cultivares de algodoeiro. *Arqu. Inst. Biol.* 71–197-202.
- Poletti, M., A.H.N. Maia & C. Omoto. 2007.** Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biol. Control* 40: 30–36.
- Pree, D. J., D. E. Archibald & R.K. Morrison. 1989.** Resistance to insecticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) in Southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* 82: 29–34.
- Resende, A.L.S., E.E. Silva, J.G.M. Guerra & E.L. Aguiar-Menezes. 2007.** Ocorrência de insetos predadores de pulgões em cultivo orgânico de couve em sistemas solteiro e consorciado com adubos verdes. *Seropédica*, Rio de Janeiro, Embrapa Agrobiologia, 6p. (Comunicado Técnico 101).
- Riedl, H. & S.A Hoying. 1983.** Toxicity and residual activity of fenvalerate to *Typhlodromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on pear. *Can. Entomol.* 115: 807–813.

- Rieth, J.P. & M.D. Levin. 1988.** The repellent effect of two pyrethroid insecticides on the honey bee. *Physiol. Entomol.* 13: 213–18
- Robertson, J.L., N.E. Savin, H.K. Preisler & R.M. Russel. 2007.** Bioassays with arthropods. 2nd ed., Boca Raton: CRC Press, 224p.
- Ruscoe, C.N.E. 1977.** The new NRDC pyrethroids as agricultural insecticides. *Pestic. Sci.* 8: 236–242.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's guide, version 9.0, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sayyed, A.H., A.K. Pathan & U. Faheem. 2010.** Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pestic. Biochem. Physiol.* 98: 325–332.
- Schuster, D.J. & P.A. Stansly. 2000.** Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticides. *Phytoparasitica* 28: 297-304.
- Senior, L.J. & P.K. McEwen. 2001.** The use of lacewings in biological control, p. 296–302. In P.K. McEwen, T.R. New & A.E. Whittington (Eds.), *Lacewings in the crop environment*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 564p.
- Spindola, 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.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003.** Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 505–519.
- Tabashnik, B.E. & M.W. Johnson. 1999.** Evolution of pesticide resistance in natural enemies, p. 673–689. In T.S. Bellows & T.W. Fisher (Eds.), *Handbook of biological control*. San Diego: Academic Press, 1046p.
- Tavares, A.M., J.B. Torres, C.S.A. Silva-Torres & A.M. Vacari. 2013.** Behavior of *Montandoniola confusa* Streito & Matocq (Hemiptera: Anthocoridae) preying upon gall-forming thrips *Gynaikothrips ficorum* Marchal (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Biol. Control* 67: 328–336.
- Torres, J.B. 2012.** Insecticide resistance in natural enemies - seeking for integration of chemical and biological controls. *J. Biofert. Biopest.* 3:e104.
- Torres, J.B., A.R.S. Rodrigues, E.M. Barros & 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.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodriguez-Molina, A. Lacasa-Plasencia & P. Bielza-Lino. 2002.** Insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* to endosulfan, carbamates and



organophosphates: the Spanish case. *Crop Prot.* 21: 1003–1013.

**Wang, X.Y. & Z.R. Shen. 2002.** Effects of sublethal doses of insecticides on predation of multicolored asian ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Ecol. Sin.* 22: 2278-2284.

Tabela 1. Toxicidade da lambda-cialotrina para populações de *Chrysoperla externa* após diferentes gerações de seleção (*Ce-Sel*) e ausência de seleção (*Ce-NSel*), em laboratório. Nota: n, número de insetos testados; GL, grau de liberdade; EP, erro padrão; IC<sub>95</sub>, intervalo de confiança a 95%; RR, razão de resistência;  $\chi^2$ , qui-quadrado e, respectivo valor de P-estatístico.

Populações/ Gerações	n (G.L.)	Inclinação ± EP	DL <sub>50</sub> (IC95%) <sup>1</sup>	RR <sub>50</sub> (IC95%)	DL <sub>90</sub> (IC95%) <sup>1</sup>	RR <sub>90</sub> (IC95%)	$\chi^2$	Valor de P
Tratamento de larvas aos 6 dias de idade								
<i>Ce-Sel</i> F1	200 (5)	2,519 ± 0,327	0,880 (0,73 - 1,07)	4,16* (3,17 - 5,46)	2,841 (2,09 - 4,584)	2,60* (2,14 - 3,16)	3,18	0,5275
<i>Ce-Sel</i> F7	198 (5)	1,449 ± 0,258	1,699 (1,18 - 2,79)	5,85* (4,02 - 8,55)	13,099 (6,32 - 48,85)	9,37* (4,98 - 17,65)	3,31	0,6515
<i>Ce-NSel</i> F1	224 (4)	1,799 ± 0,275	0,211 (0,14 - 0,28)	-	1,092 (0,73 - 2,11)	-	1,29	0,8620
<i>Ce-NSel</i> F7	189 (4)	1,878 ± 0,290	0,290 (0,22 - 0,37)	-	1,39 (0,91 - 2,89)	-	3,62	0,4602
Adultos emergindo do tratamento de larvas aos 6 dias de idade								
<i>Ce-Sel</i> F1	148 (5)	2,228 ± 0,456	0,409 (0,24 - 0,45)	5,04* (4,04 - 8,15)	1,538 (1,120 - 2,816)	4,70* (3,70 - 5,97)	0,94	0,9675
<i>Ce-Sel</i> F7 <sup>2</sup>	166 (5)	1,233 ± 0,251	0,437 (0,25 - 0,64)	3,27* (2,63 - 6,12)	4,774 (2,495 - 19,246)	9,47* (6,19 - 13,12)	5,93	0,3123
<i>Ce-NSel</i> F1	184 (4)	1,993 ± 0,284	0,081 (0,05 - 0,11)	-	0,356 (0,248 - 0,595)	-	5,49	0,2398
<i>Ce-NSel</i> F7	178 (4)	2,220 ± 0,311	0,134 (0,09 - 0,17)	-	0,507 (0,383 - 0,767)	-	4,10	0,3921
Tratamento de adultos de 6-10 dias de idade								
<i>Ce-Sel</i> F1	174 (4)	2,102 ± 0,341	0,181 (0,14 - 0,23)	1,02 (0,84 - 1,24)	0,736 (0,49 - 1,53)	1,43* (1,24 - 1,65)	2,54	0,6374
<i>Ce-Sel</i> F7	166 (5)	1,766 ± 0,419	0,585 (0,41 - 0,79)	3,38* (2,31 - 4,95)	3,108 (1,87 - 9,18)	2,75* (2,01 - 3,76)	1,31	0,8593
<i>Ce-NSel</i> F1	135 (5)	2,770 ± 0,429	0,177 (0,14 - 0,22)	-	0,513 (0,37 - 0,87)	-	2,73	0,7406
<i>Ce-NSel</i> F7	129 (4)	1,571 ± 0,316	0,173 (0,12 - 0,26)	-	1,131 (0,58 - 2,87)	-	1,61	0,8074

<sup>1</sup>DL, dose calculada de lambda-cialotrina ( $\mu\text{g}$  i.a./inseto) para matar 50% ou 90% dos insetos tratados; <sup>2</sup>Sete gerações sob seleção (Sel) de larvas com a DL<sub>50</sub>; \*RR significativa (Robertson *et al.* 2007) entre *Ce-Sel* e *Ce-NSel* nas respectivas gerações (F<sub>1</sub>/F<sub>1</sub> ou F<sub>7</sub>/F<sub>7</sub>).

Tabela 2. Parâmetros comportamentais ( $\pm$  EP) avaliados para *Chrysoperla externa* de populações não selecionada (*Ce*-NSel) e selecionada (*Ce*-NSel) durante 10 minutos (600 seg) de observação contínua em arenas totalmente, parcialmente e não tratadas com o inseticida lambda-cialotrina.

Tratamentos	Distância caminhada (cm)	Tempo de caminhada (seg)	Número de paradas	Velocidade de caminhada (10 <sup>-2</sup> cm s <sup>-1</sup> )
Arena tratada <sup>1</sup>				
<i>Ce</i> -NSel	2413,7 $\pm$ 151,43 b	519,1 $\pm$ 11,87 b	474,3 $\pm$ 46,96 a*	4,7 $\pm$ 0,25 b
<i>Ce</i> -Sel	3145,5 $\pm$ 131,06 a	554,3 $\pm$ 4,55 a*	372,5 $\pm$ 28,90 a	5,7 $\pm$ 0,22 a
Estatística	F = 12,95; P = 0,0009	F = 6,86; P = 0,0123	F = 3,17; P = 0,0822	F = 8,56; P = 0,0056
Arena parcialmente tratada				
<i>Ce</i> -NSel	1200,1 $\pm$ 72,66 b	283,7 $\pm$ 11,60 a	314,4 $\pm$ 25,91 a	4,2 $\pm$ 0,15 b
<i>Ce</i> -Sel	1523,4 $\pm$ 125,18 a	290,8 $\pm$ 18,73 a	168,9 $\pm$ 22,46 b	5,3 $\pm$ 0,37 a
Estatística	F = 5,20; P = 0,0275	F = 0,11; P = 0,7441	F = 17,71; P < 0,001	F = 7,50; P = 0,0089
Arena não tratada				
<i>Ce</i> -NSel	3449,1 $\pm$ 232,13 a*	502,1 $\pm$ 12,79 a	412,8 $\pm$ 24,46 a	6,9 $\pm$ 0,35 a*
<i>Ce</i> -Sel	3311,9 $\pm$ 232,15 a	486,8 $\pm$ 13,28 a	434,7 $\pm$ 21,24 a	6,8 $\pm$ 0,36 a
Estatística	F = 0,17; P = 0,6798	F = 0,68; P = 0,4148	F = 0,44; P = 0,5086	F = 0,03; P = 0,8734

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre populações para a mesma variável e tipo de arena;

enquanto (\*) indica diferença entre arenas tratada e não tratada para cada população pelo teste de Fisher ( $\alpha = 0,05$ )..

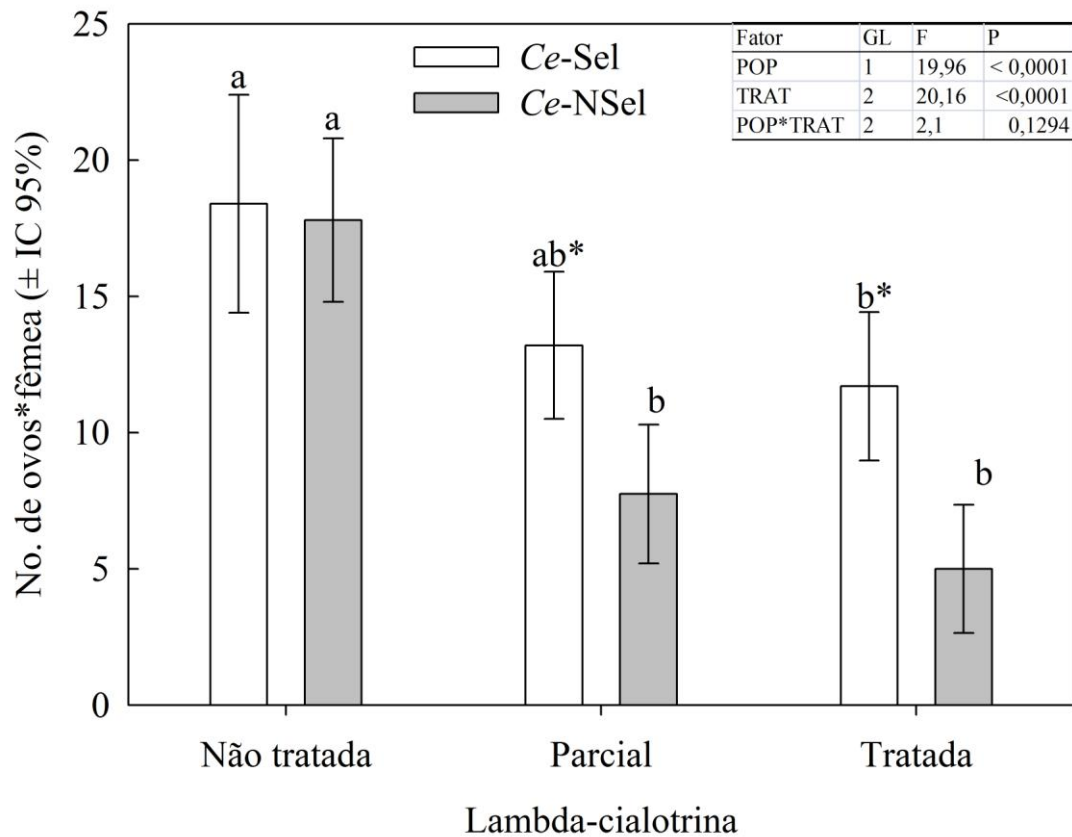


Figura 1. Média ( $\pm$  IC a 95%) da oviposição de duas populações de *Chrysoperla externa* selecionada (*Ce-Sel*) e não selecionada (*Ce-NSel*) para resistência à lambda-cialotrina, confinadas em gaiolas não tratadas, parcialmente tratadas e totalmente tratadas durante três dias consecutivos. Nota: Barras seguidas de mesma letra comparam a mesma população entre os tratamentos pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ), enquanto (\*) indica diferença entre as populações para o mesmo tratamento pelo teste de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ).

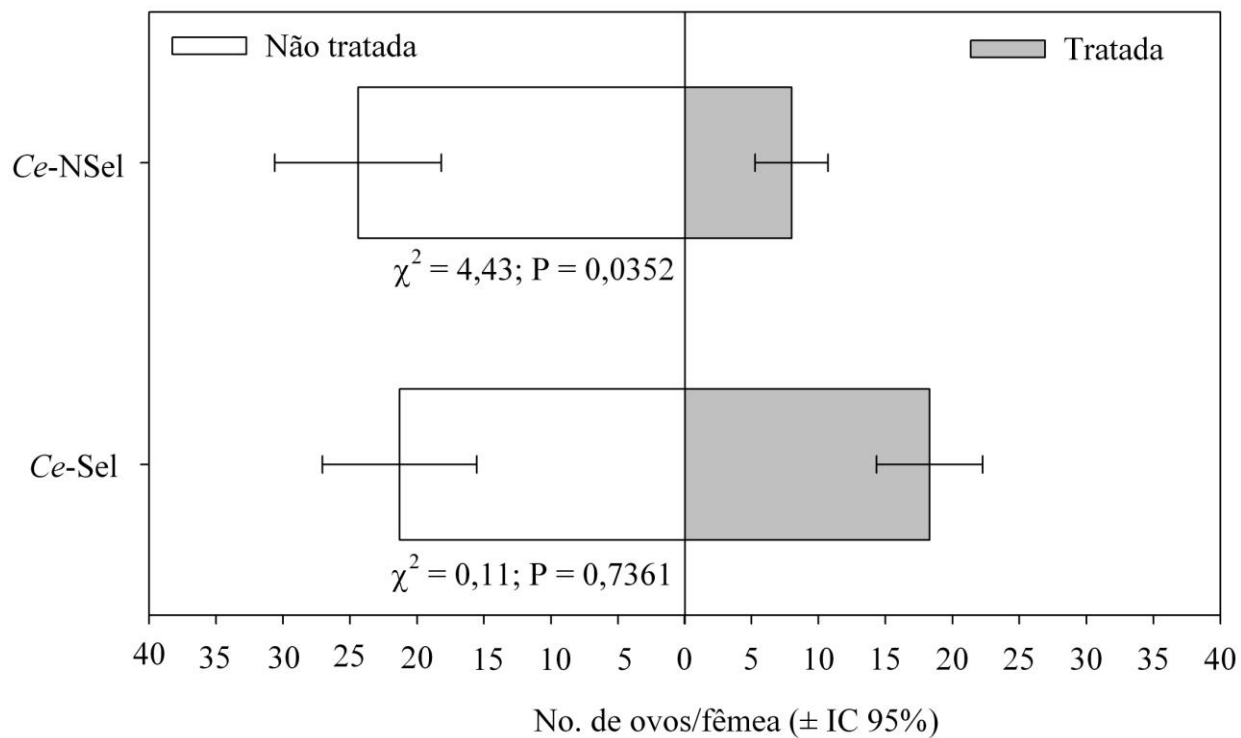


Figura 2. Preferência para oviposição entre superfície não tratada e tratada por duas populações de *Chrysoperla externa*, selecionada (*Ce-Sel*) e não selecionada (*Ce-NSel*) com lambda-cialotrina.

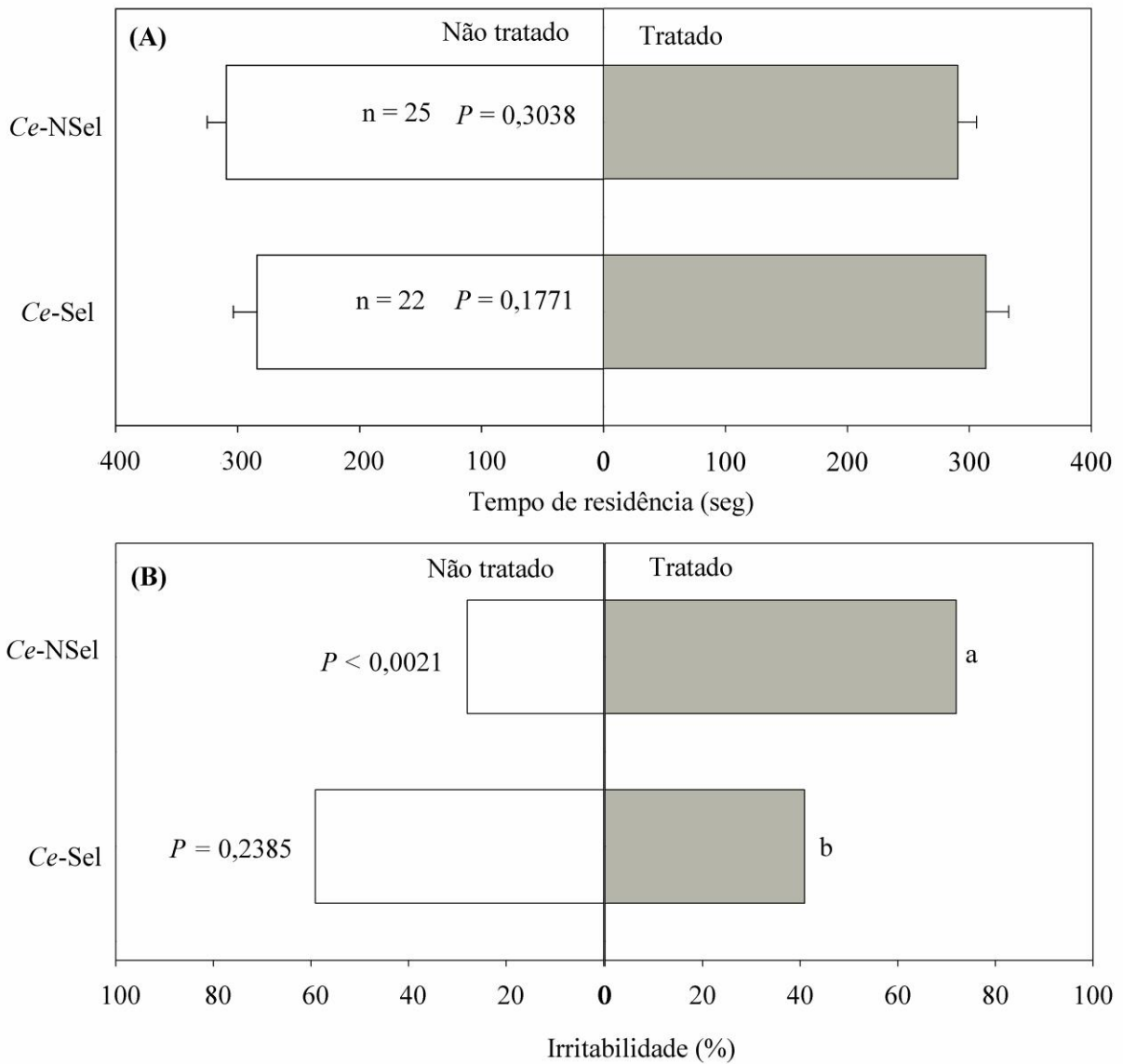


Figura 3. Tempo de residência (A) e porcentagem de irritabilidade (B) exibidos por larvas de *Chrysoperla externa* de populações selecionada (*Ce-Sel*) e não selecionada (*Ce-NSel*) em arena parcialmente tratada com o inseticida lambda-cialotrina. Nota: Valores de P para o teste de qui-quadrado comparando ambiente tratado e não tratado; enquanto letras indicam diferença no resultado entre populações pelo teste de Wilcoxon a 5% de probabilidade.

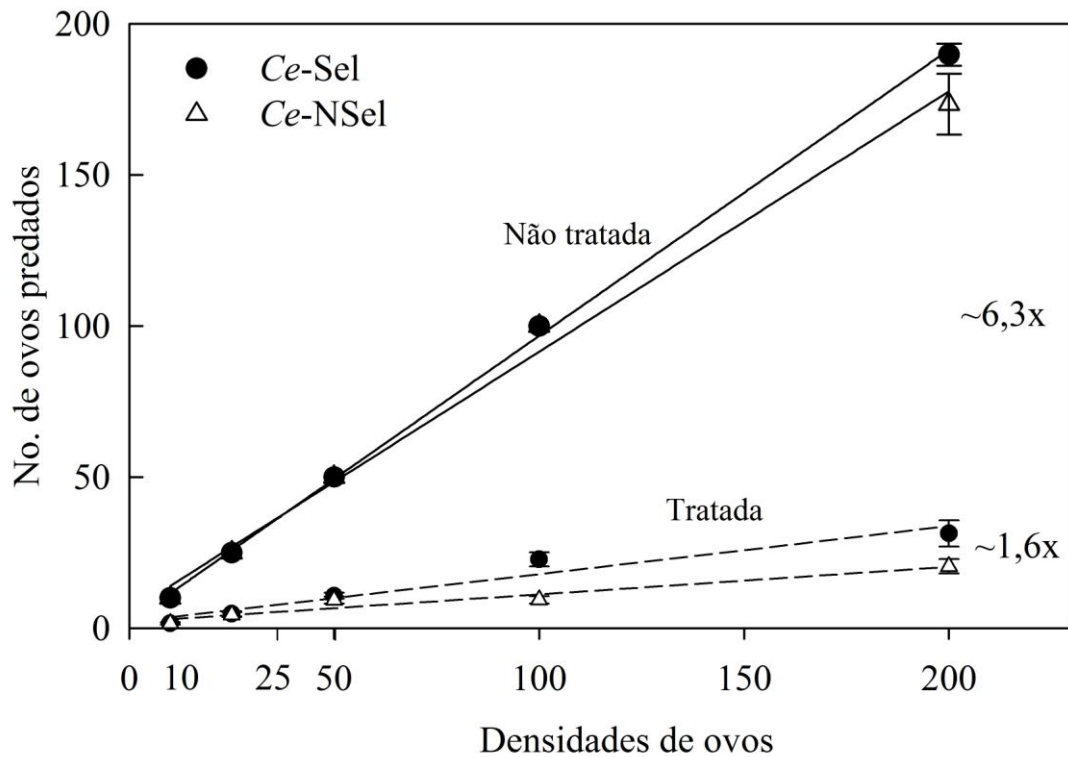


Figura 4. Predação média de ovos de *Spodoptera frugiperda* em diferentes densidades, por larvas de seis dias de idade de duas populações de *Chrysoperla externa*, selecionadas (*Ce-Sel*) e não selecionadas (*Ce-NSel*), em superfície não tratada e tratada com lambda-cialotrina. *Ce-Sel*,  $y = 2,49 + 0,95x$ ;  $F = 7501,02$ ;  $P < 0,0001$ ;  $r^2 = 0,99$ ; e *Ce-NSel*:  $y = 6,32 + 0,87x$ ;  $r^2 = 0,95$ ;  $F = 967,99$ ;  $P < 0,0001$ . *Ce-Sel*:  $y = 2,25 + 0,16x$ ;  $F = 93,29$ ;  $P < 0,0001$ ;  $r^2 = 0,66$ ; *Ce-NSel*;  $y = 1,82 + 0,09x$ ;  $r^2 = 0,62$ ;  $F = 93,75$ ;  $P < 0,0001$ .

### CAPÍTULO 3

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos experimentos indicam que populações de *C. externa* apresentam resposta diferenciada ao tratamento com o piretroide lambda-cialotrina, o segundo princípio ativo dos piretroides mais utilizado. Indivíduos da população de *C. externa* apresentando um menor grau de suscetibilidade a este inseticida não apresentaram irritabilidade ou repelência na oviposição e no caminhar, o que poderá favorecer a sua permanência em áreas de infestação de pragas pulverizadas com o inseticida. Em especial porque o nível de suscetibilidade da população selecionada garante sobrevivência quando esta for exposta às concentrações deste inseticida acima das dosagens recomendadas para aplicação nos agroecossistemas. Portanto, a sobrevivência das larvas e descendentes produzidos pelos adultos oriundos dessas larvas contribuirão para o controle de pragas alvo evitando assim os eventuais surtos de pulgões comumente encontrados em lavouras recebendo pulverização com lambda-cialotrina.

Para um melhor entendimento da interação da lambda-cialotrina e *C. externa* como medida de controle de pragas, ainda, é preciso realizar estudos fisiológicos e comportamentais mais detalhados. Em especial, sobre os efeitos do resíduo do produto em *C. externa*, que possam ou não resultar em impactos na história de vida desta espécie, como os estudos voltados a identificar os efeitos subletais. A partir desses conhecimentos podem-se recomendar com maior segurança, as formas de conservação ou liberação em massa deste predador em campo.