



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EMERSON DOS SANTOS FERREIRA**

**DESEMPENHO DE *Eriopis connexa* (GERMAR) (COLEOPTERA:  
COCCINELLIDAE) RESISTENTE À LAMBDA-CIALOTRINA**

Rio Largo  
2012

**EMERSON DOS SANTOS FERREIRA**

**DESEMPENHO DE *Eriopis connexa* (GERMAR) (COLEOPTERA:  
COCCINELLIDAE) RESISTENTE À LAMBDA-CIALOTRINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr<sup>o</sup>. Jorge Braz Torres

Rio Largo  
2012

## TERMO DE APROVAÇÃO

### DESEMPENHO DE *Eriopis connexa* (GERMAR) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) RESISTENTE À LAMBDA-CIALOTRINA

EMERSON DOS SANTOS FERREIRA

Matrícula: 10130183

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado em Agronomia (Área de Concentração em “Proteção de Plantas”), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Agronomia, tendo sido aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Drº. Jorge Braz Torres  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE  
Orientador  
(Presidente)

---

Drª. Christian Sherley Araújo da Silva Torres  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE  
(Membro)

---

Drº. Elio Cesar Guzzo  
Embrapa Tabuleiros Costeiros  
(Membro)

---

Prof. Drª. Roseane Cristina Predes Trindade  
CECA-UFAL  
(Membro)

RIO LARGO

2012

*Aos meus pais, Cleonildo Soares Ferreira e Elisa dos Santos Ferreira, por todo o carinho, apoio e incentivo em mais um conquista em minha vida, à minha irmã Emanuelly dos Santos Ferreira pela dedicação e ajuda e à minha família de Pernambuco que me recebeu com o maior carinho quando eu precisei.*

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

*À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), pela oportunidade concedida, de concluir mais objetivo em minha vida.*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de mestrado.*

*À coordenação do curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal e Proteção de Plantas), em pessoa Prof. Gaus Silvestre pelo auxílio e atenção.*

*A meu orientador, Prof. Jorge Braz Torres por ter me aceito como orientando e por toda a sua dedicação, empenho e apoio durante toda a minha Dissertação, muito agradecido.*

*Aos professores que passaram todo conhecimento e aprendizagem, prof. Ivanildo Soares de Lima, Laurício Endres, Sônia Maria Forti Broglio, Paulo Vanderlei Ferreira, Vilma Marques Ferreira, Christian Torres, Jorge Torres.*

*Aos Srs. Geraldo Lima e Rinaldo Barros, secretários do curso de Mestrado pela atenciosidade, cordialidade e disponibilidade.*

*Ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em pessoa Prof. Jorge Braz Torres pela autorização e liberação do Laboratório de Controle Biológico para a realização do experimento.*

*Aos colegas de laboratório Felipe Batista, Eduardo Carneiro, Roberta Leme, Itílio Vanny, Ézio Pinto, Christian Torres, Robério Neves, Martin Duarte, Rodrigo Silva, Daniel Petrovitch, Aline Spíndola pela ajuda no trabalho e em especial Agna Rodrigues pela ajuda imensa na realização do meu trabalho.*

*Ao meu grande amigo Cláudio Jorge pela companhia, atenção, ajuda e pelas boas conversas, muito obrigado.*

*A todos aqueles que fizeram parte direta ou indiretamente de toda a minha dissertação e ajudaram para que a mesma fosse realizada, a todos vocês muito obrigado.*

## RESUMO

O desempenho de populações de insetos resistentes a inseticidas pode diferir daquelas susceptíveis caracterizando um custo adaptativo. Assim, este estudo investigou o desempenho de uma população resistente de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) à lambda-cialotrina, bem como sua taxa de predação sobre *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae). Os insetos resistentes empregados nos estudos foram criados em laboratório a  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo de 12:12h (L:E) e alimentados com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). A população de campo de *E. connexa* resistente (RR) foi mantida sob pressão de seleção com tratamento tópico do adulto com 0,5  $\mu\text{L}$  da concentração 0,25 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico correspondente a  $\text{DL}_{50}$  determinada na 12<sup>a</sup> geração após sucessivas seleções em laboratório. A população susceptível (SS) foi criada sob as mesmas condições sem exposição ao inseticida. Fêmeas RR não tratadas e fêmeas RR recuperadas (RRr) do *knockdown* após tratamento tópico com lambda-cialotrina nas concentrações 0,05; 0,10 e 0,25 mg de i.a./mL produziram em média 50% menos ovos, comparada as fêmeas SS independente da concentração usada do inseticida. As demais características da fase adulta não diferiram entre fêmeas SS, RR e RRr. Entre as características do desenvolvimento da progênie oriunda de fêmeas SS, RR e RRr observou-se menor viabilidade de larvas e peso de machos para descendentes de fêmeas RRr. Fêmeas submetidas à condição de escassez de presas do 3<sup>o</sup> ao 13<sup>o</sup> dia de vida apresentaram sobrevivência similar entre as populações SS, RR e RRr variando de 48 a 63 dias. Porém, a produção de ovos foi maior para fêmeas SS (290 ovos), seguida de fêmeas RR (180 ovos) e RRr (50 ovos) neste período. O consumo médio de pulgões durante cinco dias de observação foi significativamente superior para joaninhas SS que joaninhas RR e RRr, comportando-se desta maneira até o terceiro dia de observação. A partir do quarto dia, no entanto, não é detectada diferença na taxa diária de predação de pulgão entre as três populações SS, RR e RRr. Os resultados mostraram que fêmeas RR apresentam menor desempenho reprodutivo comparado a fêmeas SS, independente da ação *knockdown*, mas que o custo da recuperação do *knockdown* interfere na produção de ovos após escassez de alimento, na viabilidade larval e na taxa de predação. Estes resultados mostram que *E. connexa* possui um custo devido à resistência à lambda-cialotrina, e que o mesmo é aumentado em situações de escassez de presas.

**Palavras-chave:** Joaninha. Resistência. Custo adaptativo. Predação.

## ABSTRACT

Fitness of insecticide resistant insect populations can be different to susceptible insect populations regarding adaptive costs. Therefore, this study investigated the fitness of *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccnelliidae) population resistant to lambda-cyhalothrin, as well as its predation rate on *Aphis gossypi* (Glover) (Hemiptera: Aphididae). The insects used to run the bioassays were reared under laboratory conditions of  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  and 12:12h (L:D) photoperiod and fed with *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. The field resistant population of *E. connexa* (RR) was maintained under selection pressure at each adult generation in the laboratory by exposing them to the LD<sub>50</sub>-dose (0.25 mg a.i./mL of lambda-cyhalothrin at technical grade) determined after 12 successive generations of selections in the laboratory. The susceptible population (SS) was reared at the same condition; however, without exposing the insects to the insecticide. Non-treated RR females and treated recovered females (RRr) after lambda-cyhalothrin topic treatment with 0.05, 0.10 and 0.25 mg a.i./mL produced on average 50% less eggs than SS females. All other adult life history characteristics were similar among SS, RR and RRr populations. Among the developmental characteristics for offspring produced by SS, RR, and RRr females was observed lower larval viability and weight of adult males for RRr offspring. Furthermore, females from SS, RR and RRr populations exposed to prey shortage between 3rd- and 13th-day in the adult stage exhibited statistically similar survival ranging from 48 to 63 days. However, egg production was significantly higher for females SS (average = 290 eggs), followed by females RR (180 eggs), and RRr (50 eggs) during this period. The average consumption of cotton aphid during five consecutive days was significantly higher for ladybeetles SS, followed by RR and RRr up to the third day of observation. However, after the fourth day, there was no difference in the aphid consumption among the three populations SS, RR, and RRr. The results show that females RR have lower reproductive output in comparison to females SS, and it is not related to the *knockdown* effect; however, the costs of recovering from *knockdown* interferes with egg production under food shortage, with larval viability and adults predation rate. Thus, we can conclude that *E. connexa* population resistant to the lambda-cyhalothrin exhibits adaptive costs which is increased when subjected to prey shortage.

**Key-words:** Ladybeetle. Resistance. Adaptive cost. Predation.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Fecundidade de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (SS), resistente (RR) e resistente recuperada do *knockdown* após tratamento (RRr) com 0,25 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico, submetidas a condição de escassez de alimento durante 10 dias na fase adulta entre 3<sup>o</sup> ao 13<sup>o</sup> dia de vida..... 32
- Figura 2 -** Sobrevivência de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (SS), resistente (RR) e resistente recuperada do *knockdown* após tratamento (RRr) com 0,25 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico, submetidas a condição de escassez de alimento durante 10 dias na fase adulta entre 3<sup>o</sup> ao 13<sup>o</sup> dia de vida..... 33



## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - | Características de adultos resistentes (RR0) e susceptíveis (SS0) de <i>Eriopis connexa</i> sem tratamento, e de RR submetidos ao tratamento tópico com três concentrações de lambda-cialotrina em grau técnico (0,05; 0,10; 0,25 mg i.a./mL).....                                                         | 30 |
| Tabela 2 - | Duração Larval, viabilidade larval, viabilidade pupal e peso de adultos de <i>Eriopis connexa</i> oriundos de fêmeas susceptível (SS), resistente (RR) e fêmeas resistentes recuperadas do <i>knockdown</i> (RRr) após o tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico a 0,25 mg de i.a./mL..... | 31 |
| Tabela 3 - | Predação do pulgão do algodoeiro, <i>Aphis gossypii</i> por diferentes populações de <i>Eriopis connexa</i> entre o 5º e o 10º dia de vida adulta.....                                                                                                                                                     | 34 |

## SUMÁRIO

|            |                                                                                                                      |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                               | <b>10</b> |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                    | <b>12</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Desempenho de <i>Eriopis connexa</i> (GERMAR) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) resistente à Lambda-cialotrina.....</b> | <b>17</b> |
|            | <b>RESUMO.....</b>                                                                                                   | <b>17</b> |
|            | <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                 | <b>18</b> |
| <b>3</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                               | <b>19</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Material e Métodos.....</b>                                                                                       | <b>22</b> |
| 3.1.1      | Descrição das populações de <i>E. connexa</i> estudadas.....                                                         | 22        |
| 3.1.2      | Criação das populações resistentes e suscetíveis.....                                                                | 22        |
| 3.1.3      | Desempenho biológico de adultos das populações RR e SS de <i>E. connexa</i> .....                                    | 23        |
| 3.1.4      | Desempenho da progênie das populações RR e SS de <i>E. connexa</i> .....                                             | 25        |
| 3.1.5      | Resistência e condição de disponibilidade de alimento no desempenho de <i>E. connexa</i> .....                       | 26        |
| 3.1.6      | Predação do pulgão do algodoeiro, <i>Aphis gossypii</i> , por diferentes populações de <i>E. connexa</i> .....       | 27        |
| <b>3.2</b> | <b>Resultados.....</b>                                                                                               | <b>29</b> |
| 3.2.1      | Desempenho biológico de adultos das populações RR e SS de <i>E. connexa</i> .....                                    | 29        |
| 3.2.2      | Desempenho da progênie das populações RR e SS de <i>E. connexa</i> .....                                             | 31        |
| 3.2.3      | Resistência e condição de disponibilidade de alimento no desempenho de <i>E. connexa</i> .....                       | 32        |
| 3.2.4      | Predação do pulgão do algodoeiro, <i>Aphis gossypii</i> , por diferentes populações de <i>E. connexa</i> .....       | 33        |
| <b>3.3</b> | <b>Discussão.....</b>                                                                                                | <b>35</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Conclusões.....</b>                                                                                               | <b>39</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                              | <b>40</b> |
|            | <b>ANEXO.....</b>                                                                                                    | <b>47</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O agroecossistema do algodoeiro, geralmente, constitui um ambiente desfavorável para os agentes de controle biológico, principalmente pela elevada frequência de aplicações inseticidas (BLEICHER, 1990; RAMALHO, 1994; FITT, 2000; BASTOS E TORRES, 2006). Os inseticidas usados para o controle de pragas do algodoeiro podem causar vários problemas, tais como a seleção de populações de pragas resistente (SILVA et al., 2011), contaminação ambiental, aumento do custo de controle de pragas (RICHETTI et al., 2004) e, principalmente, a redução da população de inimigos naturais (BASTOS E TORRES, 2006).

A tendência atual no manejo de pragas é aumentar a utilização de programas integrados que combinem o uso de inseticidas com outras táticas de controle, especialmente o controle biológico. A eficácia de tais programas pode ser grandemente reforçada com informações sobre a toxicidade de inseticidas em uso para insetos benéficos (GRAVES et al., 1978; DESNEUX et al., 2007).

O uso incorreto de inseticidas e suas consequências têm sido os principais fatores do interesse no MIP. Isto é bastante apropriado, uma vez que o conceito do MIP procura minimizar as desvantagens do uso de inseticidas (METCALF, 1980). Assim, o MIP oferece uma solução prática para o dilema do aparecimento de novas pragas, surtos de pragas secundárias e surgimento de pragas resistentes aos inseticidas, advindo do uso irracional destes.

A resistência de artrópodes a pesticidas é um fenômeno associado à presença de variação genética da espécie, e da prática do uso contínuo de pesticidas, ocasionando a seleção de populações resistentes. A resistência a pesticidas em artrópodes é uma característica pré-adaptativa, genética e hereditária (DOBZHANSKY, 1951). Sendo definida como a habilidade herdada de um organismo em tolerar ou evitar doses de um produto tóxico que seriam letais para a maioria dos indivíduos da mesma espécie em condições similares (WHO, 1957).

Diferente da resistência de pragas aos pesticidas, a resistência em inimigos naturais pode ser vista como benéfica. Isto porque resultará na sobrevivência do inimigo natural no agroecossistema após a pulverização de inseticida voltada ao controle da praga, em especial, se a praga alvo da aplicação não for a presa/hospedeiro do inimigo natural resistente.

Entre os relatos de inimigos naturais resistentes a pesticidas, a maioria são de ácaros predadores, incluindo populações com seleção realizada em laboratório (HOY, 1990; JOHNSON E TABASHNIK, 1999).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo investigar o efeito da lambda-cialotrina no desempenho de imaturos e adultos de uma população resistente de *E. connexa* (Ec-Vi) em relação a uma população susceptível (Ec-FM). Assim, estudos foram conduzidos para determinar o desenvolvimento e reprodução de *E. connexa*, bem como a predação de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) quando os adultos são submetidos ao tratamento com a lambda-cialotrina.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os sistemas de produção, em especial aqueles referentes às grandes culturas do agronegócio, tem o uso de inseticidas, como o principal método de controle de pragas. Entretanto, a preservação e o aumento da ação de agentes de controle biológico são táticas essenciais para o sucesso do manejo integrado de pragas nesses agroecossistemas (BELARMINO, 1998).

O agroecossistema do algodoeiro, geralmente, constitui um ambiente desfavorável para os agentes de controle biológico, principalmente pela elevada frequência de aplicações inseticidas (BLEICHER, 1990; RAMALHO, 1994; FITT, 2000; BASTOS E TORRES, 2006). Os inseticidas usados para o controle de pragas do algodoeiro podem causar vários problemas, tais como a seleção de populações de pragas resistente (SILVA et al., 2011), contaminação ambiental, aumento do custo de controle de pragas (RICHETTI et al., 2004) e, principalmente, a redução da população de inimigos naturais (BASTOS E TORRES, 2006).

O controle biológico de pragas é uma ferramenta importante para a composição de agroecossistemas sustentáveis. Entre os inimigos naturais, os predadores são reconhecidos como reguladores de populações de pragas, e no agroecossistema algodoeiro destacam-se os predadores Pentatomidae, Reduviidae, Geocoridae, Nabidae, Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae, Carabidae, Formicidae, Forficulidae e Araneae (GRAVENA E CUNHA, 1991; BASTOS E TORRES, 2006; TORRES et al., 2009). Sobretudo, espécies de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) são frequentemente encontradas no algodoeiro. As joaninhas são vorazes predadoras de pulgões, de cochonilhas, e de ovos e larvas de primeiro instar de coleópteros e lepidópteros (HAGEN, 1962; OBRYCKI et al., 2009). As principais espécies de joaninhas predadoras presentes na cultura do algodoeiro são *Cycloneda sanguinea* (L.), *Eriopis connexa* (Germar), *Hippodamia convergens* Guérin Méneville, *Coleomegilla maculata* (De Geer), *Olla v-nigrum* (Mulsant), *Hyperaspis festiva* (Mulsant) e *Scymnus* spp. (IPERTI, 1999; SILVIE et al., 2001; BASTOS E TORRES, 2006).

Um eficiente controle biológico de pragas com subsequente eliminação do uso de inseticidas não tem sido sempre alcançado nos agroecossistemas, pela necessidade de aplicação de inseticidas para o controle de pragas não controladas pelos predadores. Em agroecossistemas compostos por um complexo de pragas, o controle biológico bem sucedido

de uma espécie, muitas vezes requer desenvolvimento de programas para controlar as espécies de pragas que não estão adequadamente controlados por inimigos naturais (BATRA, 1982).

A tendência atual no manejo de pragas é aumentar a utilização de programas integrados que combinem o uso de inseticidas com outras táticas de controle, especialmente o controle biológico. A eficácia de tais programas pode ser grandemente reforçada com informações sobre a toxicidade de inseticidas em uso para insetos benéficos (GRAVES et al., 1978; DESNEUX et al., 2007).

O uso incorreto de inseticidas e suas consequências têm sido os principais fatores do interesse no MIP. Isto é bastante apropriado, uma vez que o conceito do MIP procura minimizar as desvantagens do uso de inseticidas (METCALF, 1980). Assim, o MIP oferece uma solução prática para o dilema do aparecimento de novas pragas, surtos de pragas secundárias e surgimento de pragas resistentes aos inseticidas, advindo do uso irracional destes.

Pesquisas sobre a utilização de inseticidas de amplo espectro com uma idéia de solução para todos os problemas de pragas, estão em desacordo entre os entomologistas. Isto pode ser uma resposta ao potencial de perturbação do meio ambiente, resultado da introdução massiva de inseticidas para o controle de pragas. Existem pesquisas interessadas em inseticidas mais específicos que controlem as pragas, que minimizem a seleção de populações de pragas resistentes, e o efeito adverso sobre os organismos benéficos, os quais incluem os inimigos naturais (PLAPP, 1976).

O desenvolvimento de resistência em espécies de insetos resulta geralmente da contínua utilização de um mesmo inseticida. Por exemplo, anteriormente utilizava-se oito ou mais aplicações de um mesmo inseticida anualmente, para a supressão de várias pragas do algodoeiro (GRAVES et al., 1978). Atualmente, entre 14 e 16 pulverizações são realizadas com vários inseticidas para o controle de pragas do algodoeiro no Brasil (RICHETTI et al., 2004).

Atualmente, os piretróides são muito usados em diversas culturas, incluindo o algodoeiro demonstrando a necessidade de rotação de modos de ação de inseticidas em programas proativos contra o aparecimento de resistência (IRAC, 2012). Usualmente, pelo

menos uma aplicação de piretróide é utilizada durante o cultivo de qualquer grande lavoura no Brasil.

Em algodoeiro, a utilização dos piretróides visa o controle de pragas desfolhadoras e das partes reprodutivas. Os piretróides surgiram como uma alternativa aos inseticidas organofosforados, carbamatos e clorados, os quais são altamente tóxicos e de grande impacto ambiental (ELLIOTT, 1971; NISHIZAWA, 1971). Os piretróides por sua vez possuem propriedades desejáveis, incluindo a toxicidade alta para os insetos, baixa toxicidade para os mamíferos, rápida degradação e eficácia em baixas doses. O interesse por estes inseticidas ocorreu naturalmente, resultando no desenvolvimento de muitos piretróides sintéticos que mostram uma vasta gama de atividade. Por outro lado, os piretróides são inseticidas que facilmente selecionam populações de pragas para a resistência (DONG, 2007) e possuem alta toxicidade para inimigos naturais (BROZA, 1986; CROFT, 1990; KIDD E RUMMEL, 1997; LONGLEY, 1999; DESNEUX et al., 2007) e, assim, precisam ser cuidadosamente utilizados.

As primeiras pesquisas sobre a resistência a piretrinas salientou repetidamente a estreita relação entre a resistência para DDT (resistência do tipo *knockdown*) e a resistência para piretrinas em moscas domésticas (BUSVINE, 1953; FINE, 1961), carrapatos (WHITEHEAD, 1959), piolhos de humanos (COLE E CLARK, 1961), e outros insetos. Pontos-chave para compreender esta relação entre as piretrinas e o DDT incluem o coeficiente de temperatura negativo para piretrinas (BLUM E KEARNS, 1956), tal como é o caso do DDT, bem como a diminuição da sensibilidade nervosa ao envenenamento pelo DDT em linhagens que combinam resistência ao DDT e piretrinas (TSUKAMOTO et al., 1965).

Apesar das diferenças aparentes em estrutura química, os piretróides e DDT exercem ações semelhantes sobre o sistema nervoso do inseto através da modulação da função dos canais de sódio voltagem-dependentes (NARAHASHI, 2001). Os piretróides podem ser divididos em dois grupos (Figura 1): o tipo I onde piretróides que possuem um grupo ciano na posição 1, e os seus sintomas de envenenamento são caracterizados por hiperexcitação, ataxia, convulsões e paralisia; piretróides do tipo II têm um grupo ciano, e causa hipersensibilidade, coreoatetose, tremores e paralisia.

A detoxicação oxidativa é a principal via metabólica para a maioria dos piretróides, naturais e sintéticos (CHANG E KEARNS, 1964; YAMAMOTO E CASIDA, 1966; YAMAMOTO et al., 1969). Tal metabolismo pode ser bloqueado em grande parte por

agentes antioxidantes sinérgicos. Por outro lado, determinados piretróides derivados de álcoois primários são metabolizados por esterases (ABERNETHY E CASIDA, 1973; ABERNETHY et al., 1973).

Entre os inseticidas piretróides, a lambda-cialotrina é amplamente recomendada para o controle de pragas desfolhadoras em diversas culturas no Brasil (AGROFIT, 2012), expondo os inimigos naturais ao contato com este produto no dossel das plantas, especialmente as joaninhas que buscam alimento. O impacto de piretróides em vários grupos de inimigos naturais, tais como ácaros, crisopídeos e himenópteros parasitóides, foi resumido por Croft (1990). Entre os piretróides, a lambda-cialotrina é considerada pouco seletiva a inimigos naturais, ocasionando geralmente efeitos letais para joaninhas predadoras (RUBERSON e TILLMAN, 1999; COSME et al., 2007, LEITE et al., 2010).

A contínua exposição de artrópodes a inseticidas pode acarretar na seleção de indivíduos resistentes na população, como uma característica funcional de resistência devido ao uso destes, associado com as características biológicas e genéticas da população exposta (GEORGHIOU E TAYLOR, 1977a; 1977b; RODRIGUES, 2012). Desta forma, populações de joaninhas predadoras forrageando no dossel das plantas estarão continuamente expostas às aplicações da lambda-cialotrina nas diversas culturas, e podem assim ser selecionadas para a resistência.

Entre 28 populações de oito espécies de joaninhas, algumas de grande importância no controle biológico de pragas do algodoeiro, uma população de *H. convergens* e quatro populações de *E. connexa* destacaram-se com níveis de resistência de até 37 vezes à lambda-cialotrina (RODRIGUES, 2012). Da mesma forma, no passado, populações de *C. maculata* oriundas de campos de algodão foram citadas como resistentes à parationa metílica na ordem de 11,2 vezes (HEAD et al., 1977), e aos inseticidas DDT, parationa metílica e monocrotofós na ordem de 14,6; 28,9; e 12 vezes, respectivamente (GRAVES et al., 1978).

A detecção de resistência à lambda-cialotrina em joaninhas predadoras possui aspecto de interesse, visto que ambas as joaninhas e a lambda-cialotrina, podem atuar de forma aditiva no controle de pragas, ou seja, joaninhas predando pulgões, moscas-brancas e outros insetos pequenos não alvos direto da lambda-cialotrina, a qual é recomendada especialmente para controle de lepidópteros e coleópteros desfolhadores. Desta forma, a resistência em joaninhas permitirá a verdadeira utilização integrada entre agentes de controle biológico e químico no



MIP, fato este almejado visto que a utilização conjunta de inseticidas e inimigos naturais é incompatível em sua maioria (HOY, 1990, TABASHNIK E JOHNSON, 1999).

Baseado no processo de detoxificação metabólica da lambda-cialotrina na joaninha predadora *E. connexa* (RODRIGUES, 2012), é esperado a possibilidade de ocorrência de custos adaptativos, usualmente detectado através de menor sobrevivência e reprodução na população resistente em relação à população susceptível (PATHAN, 2010). O custo adaptativo com menor reprodução é um resultado que pode explicar o fato de baixa ocorrência de inimigos naturais resistentes a inseticidas e, portanto, sendo de interesse para o entendimento do fenômeno. De acordo com Georghiou (1972), falhas na reprodução da espécie resistente estão entre as causas que acarretam a diminuição das chances de manutenção da população resistente no ambiente.

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo investigar o efeito da lambda-cialotrina no desempenho de imaturos e adultos de uma população resistente de *E. connexa* (Ec-Vi) em relação a uma população susceptível (Ec-FM). Assim, estudos foram conduzidos para determinar o desenvolvimento e reprodução de *E. connexa*, bem como a predação de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) quando os adultos são submetidos ao tratamento com a lambda-cialotrina.

## 2.1 Desempenho de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina

### RESUMO

Este estudo investigou o desempenho de uma população resistente de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) à lambda-cialotrina (Ec-Vi), bem como sua taxa de predação sobre *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae). Fêmeas resistentes (RR) não tratadas e fêmeas RR recuperadas (RRr) após tratamento tópico com o lambda-cialotrina nas concentrações 0,05; 0,10 e 0,25 mg de i.a./mL produziram em média 50% menos ovos comparado a fêmeas susceptíveis (SS), independente da concentração usada do inseticida, enquanto que os demais parâmetros da fase adulta foram similares. Quanto ao desenvolvimento da progênie, a viabilidade de larva e peso de machos foram inferiores para fêmeas RRr. Fêmeas submetidas à condição de escassez de presas do 3<sup>o</sup> ao 13<sup>o</sup> dia de vida apresentaram sobrevivência similar entre as populações SS, RR e RRr, porém com maior produção de ovos para fêmeas SS (média = 290 ovos), seguida de fêmeas RR (180 ovos) e RRr (50 ovos) durante este período. Considerando-se o consumo médio de pulgões durante cinco dias joaninhas SS consumiu significativamente maior número de pulgões que das joaninhas RR e RRr após o tratamento, se comportando desta maneira até o terceiro dia de observação. A partir do quarto dia, no entanto, não foi detectada diferença na taxa diária de predação de pulgão entre fêmeas SS, RR e RRr. Os resultados mostraram que fêmeas RR apresentam menor desempenho reprodutivo comparado a fêmeas SS, independente da ação *knockdown*, mas que o custo da recuperação do *knockdown* interfere na produção de ovos após escassez de alimento, na viabilidade larval e na taxa de predação. Estes resultados mostraram que *E. connexa* possui um custo adaptativo da resistência à lambda-cialotrina e que o mesmo é aumentado em situações de escassez de presas.

**Palavras-chave:** Joaninha. Resistência. Custo adaptativo. Predação.

## ABSTRACT

This study investigated the fitness of a lambda-cyhalothrin resistant *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccnelliidae) population, as well as its predation rate on *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae). Non-treated RR females and treated recovered females (RRr) after lambda-cyhalothrin topic treatment with 0.05, 0.10 and 0.25 mg a.i./mL produced on average 50% less eggs than SS females. All other adult life history characteristics were similar among SS, RR and RRr populations. Among the developmental characteristics for offspring produced by SS, RR, and RRr females was observed lower larval viability and weight of adult males for RRr offspring. Furthermore, females from SS, RR and RRr populations exposed to prey shortage between 3rd- and 13th-day in the adult stage exhibited statistically similar survival ranging from 48 to 63 days. However, egg production was significantly higher for females SS (average = 290 eggs), followed by females RR (180 eggs), and RRr (50 eggs) during this period. The average consumption of cotton aphid during five consecutive days was significantly higher for ladybeetles SS, followed by RR and RRr up to the third day of observation. However, after the fourth day, there was no difference in the aphid consumption among the three populations SS, RR, and RRr. The results show that females RR have lower reproductive output in comparison to females SS, and it is not related to the *knockdown* effect; however, the costs of recovering from *knockdown* interferes with egg production under food shortage, with larval viability and adults predation rate. Thus, we can conclude that *E. connexa* population resistant to the lambda-cyhalothrin exhibits adaptive costs which is increased when subjected to prey shortage.

**Key words:** Ladybeetle. Resistance. Adaptive cost. Predation.

### 3 INTRODUÇÃO

A resistência de artrópodes a pesticidas é um fenômeno associado à presença de variação genética da espécie, e da prática do uso contínuo de pesticidas, ocasionando a seleção de populações resistentes. A resistência a pesticidas em artrópodes é uma característica pré-adaptativa, genética e hereditária (DOBZHANSKY, 1951). Sendo definida como a habilidade herdada de um organismo em tolerar ou evitar doses de um produto tóxico que seriam letais para a maioria dos indivíduos da mesma espécie em condições similares (WHO, 1957).

Entre os artrópodes-praga, a resistência aos pesticidas é considerada prejudicial para o manejo integrado de pragas, devido às diversas consequências negativas de sua ocorrência, tais como: a perda da produção pelo ataque de pragas resistentes não controladas; perda de produtos químicos anteriormente eficientes no controle de pragas e com características de seletividade para organismos não alvo e de baixo impacto ao ambiente. Também, outras de caráter indireto como o abandono de atividade agrícola e o uso de concentrações mais elevadas do pesticida acarretando efeitos adversos ao ambiente. Estas consequências têm sido cada vez mais comuns considerando que a resistência de pragas a pesticidas é relatada para mais de 600 espécies (WHALON et al., 2011). Por outro lado, relatos de resistência de inimigos naturais a pesticidas são escassos (CROFT, 1990; JOHNSON E TABASHNIK, 1999).

Diferente da resistência de pragas aos pesticidas, a resistência em inimigos naturais pode ser vista como benéfica. Isto porque resultará na sobrevivência do inimigo natural no agroecossistema após apulverização de inseticida voltada ao controle da praga, em especial, se a praga alvo da aplicação não for a presa/hospedeiro do inimigo natural resistente. Entre os relatos de inimigos naturais resistentes a pesticidas, a maioria são de ácaros predadores, incluindo populações com seleção realizada em laboratório (HOY, 1990; JOHNSON E TABASHNIK, 1999).

Em se tratando de insetos predadores resistentes a inseticidas, maior enfoque tem sido dado aos crisopídeos (FLAPP E BULL, 1978; PREE et al., 1989; PATHAN et al., 2008; 2010; SAYYED et al., 2010). Também, espécies de joaninhas predadoras são caracterizadas como resistentes a inseticidas. Uma população da joaninha *Coleomegilla maculata* (De Geer), coletada em campos de algodão, foi determinada como sendo 11,2 vezes mais resistente a

parationa metílica (HEAD et al., 1977). Da mesma forma, GRAVES et al. (1978) relataram razões de resistência para *C. maculata* na ordem de 14,6; 28,9; e 12 vezes aos inseticidas DDT, parationa metílica e monocrotofós, respectivamente. Recentemente, uma população de *Stethorus gilvifrons* (Muls.) foi determinada com razão de resistência de 10,9 vezes à bifentrina (KUMRAL et al., 2011), enquanto Rodrigues (2012) encontrou razões de resistência variando de 10,5 a 37,7 vezes ao lambda-cialotrina (Karate Zeon 50CS) para quatro populações de *Eriopis connexa* (Germar) e uma população de *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae).

A joaninha *Eriopis connexa* (Germar) é uma espécie comum em vários agroecossistemas sendo predadora principalmente de pulgões, mas também ácaros, cochonilhas e ovos de lepidópteros.

Após pulverização em campo, adultos resistentes recuperados podem ser submetidos a condições variáveis de disponibilidade de alimento. Assim, a disponibilidade abundante de presas antes de uma pulverização, seguido de escassez de presa em um determinado período após pulverização e encontro de presa novamente seja pela recolonização da área ou por migração para áreas adjacentes (+Presa-Presa+Presa) pode ser comum nos agroecossistemas. No entanto, entre os alimentos, joaninhas podem consumir itens alternativos como pólen e néctar, o que auxiliará em sua manutenção (LUNDGREEN, 2009). Em algodoeiro, a alimentação em nectários pode ser uma fonte de sustentação temporária dos adultos de joaninhas após sobreviverem a uma aplicação inseticida

A baixa frequência de constatação de insetos predadores resistentes a inseticidas pode estar associada a três hipóteses: (i) falta de documentação (TABASHNIK E JOHNSON, 1999) visto que surtos de predadores ocorrem usualmente ao final da safra e não estão associados a falhas de controle; (ii) pré-adaptação diferencial entre herbívoros e inimigos naturais relativa à detoxificação enzimática, a qual é tida como sendo superior nos herbívoros, pode ser adquirida durante a evolução para a quebra da defesa de plantas à herbivoria, favorecendo os insetos herbívoros em relação aos inimigos naturais (CROFT E MORSE, 1979), embora esta hipótese tem sido desmistificada (THEILING E CROFT, 1988; RODRIGUES, 2012) e; (iii) escassez de alimento e falha na reprodução (GEORGHIOU, 1972).

Esta última hipótese aborda a falta de presas após a aplicação do inseticida, dificultando a sobrevivência e, conseqüentemente, a reprodução da população resistente remanescente na área. Neste caso, vale ressaltar o papel da escassez da presa no balanço energético, em que o animal direciona energia para a sobrevivência em detrimento à reprodução (STEARNS, 1992).

Genes responsáveis pela resistência são considerados com potencial de alterar componentes básicos da fisiologia da espécie e, conseqüentemente, interferir em características de sua história de vida (GAZAVE et al., 2001). As alterações na história de vida de populações da mesma espécie, como por exemplo, menor desempenho quando resistente ou mantida sob pressão de seleção, são denominados de custo adaptativo à resistência. A primeira menção ao fato de que indivíduos resistentes estariam em desvantagem aos seus pares sem pressão de seleção, foi realizada por Crow (1957).

O menor desempenho tem sido encontrado em espécies de insetos fitófagos apresentando resistência (BIANTAO et al., 2009; FENG et al., 2009), o que deve ser esperado também para os inimigos naturais. Por exemplo, uma população do parasitóide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae), resistente ao carbaril, apesar de apresentar similar parâmetro de desenvolvimento entre os susceptíveis e resistentes, declinou após algumas gerações nas condições de laboratório (SPOLLEN E HOY, 1992). Por outro lado, resultados superiores de desenvolvimento e predação para população resistente de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) em comparação à população susceptível de laboratório foi encontrado por Pathan et al. (2010); bem como, o parasitóide *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) apresenta similar desempenho entre populações susceptíveis e resistentes à malationa (BAKER et al., 1998). Desta forma, a resposta do custo adaptativo é variável e parece ser dependente da espécie e, possivelmente, governada pelo modo de detoxificação e herdabilidade da resistência.

Dois métodos podem ser empregados para investigar o custo adaptativo da resistência, de acordo com Crow (1957): (i) mudança na proporção de indivíduos resistentes ao longo de gerações em campo sem pressão de seleção e, (ii) a comparação de características da história de vida entre populações susceptível e resistente. Assim, neste estudo foi investigado se uma população de *E. connexa*, resistente à lambda-cialotrina mantida em laboratório sob pressão de seleção com base na  $DL_{50}$  determinada para a população de campo, apresenta desempenho diferenciado em relação à população sem pressão de seleção para resistência.

### 3.1 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1.1 Descrição das populações de *E. connexa* estudadas

Duas populações da joaninha *E. connexa* (Ec-Vi e Ec-FM) foram mantidas no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Estas populações foram originalmente coletadas em plantio de repolho, em Viçosa, MG (20° 45' S e 42° 51' W), e plantio de algodão em Frei Miguelinho, PE (07° 55' S e 35° 51' W). Adultos com 5 a 8 dias de idade de ambas as populações foram submetidos ao tratamento tópico com a lambda-cialotrina comercial (Karate Zeon 5% w/v - 50 g/L SC, Syngenta S.A., Brasil) visando determinar a curva de resposta dose-mortalidade.

O resultado demonstrou uma razão de resistência ( $DL_{50}$  Ec-Vi/ $DL_{50}$  Ec-FM) de 36,7 vezes em favor da população Ec-Vi. O mesmo bioensaio foi repetido, empregando-se o produto lambda-cialotrina em grau técnico (99,5%, Chem Service, West Chester, PA, USA). O resultado demonstrou uma razão de resistência de 21,9 vezes em favor da população Ec-Vi (Ec-Vi;  $DL_{50}$  = 0,213 mg i.a. de lambda-cialotrina/mL e; Ec-FM,  $DL_{50}$  = 0,009 mg i.a. de lambda-cialotrina/mL) após 10 gerações de seleção em laboratório (RODRIGUES, 2012).

A partir destes resultados, a população Ec-Vi foi considerada como resistente e sendo mantida sobre contínua pressão de seleção com a concentração de 0,25 mg de i.a. de lambda-cialotrina/mL do produto em grau técnico, enquanto a população Ec-FM, considerada como referência de susceptibilidade, foi mantida sem exposição ao inseticida.

#### 3.1.2 Criação das Populações Resistente e Suscetível

A criação das populações resistente (RR) e susceptível (SS), bem como os bioensaios, foram conduzidos sob condições controladas de laboratório a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 12h e, umidade relativa variando entre 60 e 75%, registradas a cada 30 minutos com Datalogger HOBO (Onset Computer, Bourne, MA).

Segundo metodologia de Rodrigues (2012), a população de *E. connexa* possuindo razão de resistência de 36,7 vezes à lambda-cialotrina (produto comercial Karate Zeon 50CS) coletada em repolho (Ec-Vi) sendo mantida em laboratório sobre subsequente pressão de

seleção utilizando a  $DL_{50}$ . Posteriormente, esta mesma população foi mantida sobre pressão de seleção empregando a lambda-cialotrina em grau técnico, a qual é administrada em adultos de 3 a 5 dias de idade e os insetos empregados nos nossos estudos estavam entre a 13<sup>a</sup> e 20<sup>a</sup> gerações em laboratório, nestas condições, dependendo do estudo realizado.

A criação das joaninhas de ambas as populações foi mantida separadamente. Adultos de cada população foram criados em potes plásticos transparentes de 1000mL, com a tampa contendo uma abertura circular, coberta com tela para permitir a ventilação no interior do recipiente. Entre 5 a 8 casais foram mantidos por recipiente contendo pedaços de papel toalha como substrato de oviposição. A alimentação dos adultos foi feita com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) produzidos no mesmo laboratório e suplementados com uma dieta à base de levedura de cerveja e mel (50%:50%).

As posturas foram coletadas diariamente e transferidas para potes de 500mL até a eclosão das larvas, onde são mantidas por mais 24h com alimento em abundância. Após este período, as lavas eram transferidas para recipientes plásticos de 80 mL com tampa em rosca (J. Prolab), na densidade de duas larvas por recipiente. No interior destes recipientes foi adicionado um pedaço de papel toalha como substrato para pupação, embora a pupação também possa ocorrer na tampa e nas paredes dos recipientes.

O alimento, ovos de *A. kuehniella*, foi ofertado a vontade de acordo com o instar. A partir da pupação, o alimento era retirado e a emergência monitorada. Os insetos obtidos foram mantidos na criação ou utilizados na instalação dos experimentos. Adultos da população Ec-Vi, foram submetidos ao tratamento tópico com o inseticida aos 3-4 dias de idade para então as posturas oriundas das fêmeas sobreviventes serem utilizadas para o início da próxima geração.

### 3.1.3 Desempenho de Adultos das Populações RR e SS de *E. connexa*

Este experimento foi conduzido objetivando determinar o desempenho reprodutivo e a longevidade de adultos fêmeas resistentes (Ec-Vi = RR) em comparação às fêmeas susceptíveis (Ec-FM = SS). Os adultos obtidos foram mantidos isolados por três dias de idade quando então foram estabelecidos cinco tratamentos com os adultos RR e SS iniciando na 13<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> gerações, respectivamente: população SS sem tratamento inseticida (SS0); população



RR sem tratamento inseticida (RR0); população RR tratada com lambda-cialotrina em grau técnico nas concentrações de 0,05 (RR0,05); 0,10 (RR0,10) e 0,25 (RR0,25) mg de i.a./mL, respectivamente. Adultos com três dias de idade foram tratados com a lambda-cialotrina em grau técnico nas respectivas concentrações ou quando não tratados compuseram as testemunhas (SS0 e RR0).

A aplicação do inseticida nas concentrações previamente determinadas, foi realizada com a deposição de 0,5µl da respectiva concentração na parte ventral do tórax dos insetos, utilizando uma seringa de Hamilton 25µL. As concentrações eram obtidas depois de diluídas em acetona. Após serem tratados, os insetos foram acondicionados em placas de Petri (12 x 1,5cm), forradas com papel filtro.

No interior da placa foram oferecidos, ovos de *A. kuehniella* e dieta complementar composta de uma pasta de levedura de cerveja mais mel de abelha (50%:50%). O efeito *knockdown* foi observado após 2-3h. Após 24h da aplicação, foi contabilizado o número de indivíduos sobreviventes para determinar a taxa de recuperação, bem como estabelecer os casais para o acompanhamento da sua longevidade e reprodução. Neste momento, também foram estabelecidos o acasalamento dos indivíduos que compuseram os tratamentos RR0 e SS0 sem exposição ao inseticida. Desta forma, considerando-se os três dias de pré-tratamento, mais 24h de tratamento, o pareamento foi realizado com indivíduos aos quatro dias de idade.

Os casais foram mantidos em recipientes plásticos transparentes de 80mL (J. Prolab). No interior do recipiente foi ofertado um pedaço de ~4cm<sup>2</sup> de papel toalha e ovos de *A. kuehniella* como presa a vontade. Diariamente, os recipientes eram observados para quantificar a postura, reposição de alimento e anotar a mortalidade. Posturas depositadas no papel eram transferidas para outros recipientes, e quando realizadas no recipiente, essas eram mantidas e o casal transferido para outro recipiente objetivando evitar a destruição mecânica dos ovos. Essas posturas eram avaliadas quanto à eclosão de larvas.

A partir dos resultados obtidos do número de adultos sobreviventes (caminhando normalmente após 24h do tratamento), foi determinada a porcentagem de recuperação do tratamento. A proporção de indivíduos RR sofrendo *knockdown* e recuperados após 24h foram comparados entre os tratamentos RR0,05; RR0,10 e RR0,25 adotando a hipótese de igualdade (33,3%) através do PROC FREQ do SAS (SAS INSTITUTE, 2002) e interpretados pelo teste de qui-quadrado por pares de comparações. Os resultados do período para oviposição após o

tratamento, número médio de ovos por fêmea e porcentagem de eclosão de larvas foram submetidos aos testes de normalidade (Kolmogorov D: normal) e homogeneidade (Bartlett) e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA), realizando transformação de dados quando necessário para atender os requerimentos de normalidade e homogeneidade de variância. As médias foram comparadas entre tratamentos pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ). A sobrevivência de adultos foi comparada entre tratamentos empregando o método Kaplan-Meier para estimar a sobrevivência e teste Log-Rank para a comparação das curvas de sobrevivência (PROC LIFETEST do SAS) (SAS INSTITUTE, 2002).

#### 3.1.4 Desempenho da Progenie das Populações RR e SS de *E. connexa*

Este experimento foi instalado objetivando investigar o desenvolvimento larval e pupal de indivíduos de ambas as populações RR e SS iniciando na 14<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> gerações, respectivamente, bem como o peso dos adultos emergidos. Para tanto, foram estabelecidos três tratamentos com larvas neonatas (<12h de idade) provenientes da terceira ou quarta postura coletadas das populações susceptíveis (SS0) e resistentes (RR0) sem exposição ao inseticida e com larvas oriundas de posturas obtidas de casais resistentes após recuperação do tratamento inseticida (RR0,25).

O tratamento dos adultos RR0,25 foram similares ao estudo anterior. Um total de 50 larvas (repetições) foram monitoradas para cada tratamento. Essas larvas foram criadas individualizadas e receberam ovos de *A. kuehniella* como alimento e em quantidade abundante de acordo com a idade da larva.

A avaliação procedeu com anotações de mortalidade, dia da pupação, dia da emergência de adultos e peso de adultos no dia da emergência. Os adultos foram mantidos separados durante quatro dias para facilitar a sexagem. A partir de três ou quatro dias de vida adulta, é possível observar a dilatação do abdome das fêmeas. A partir desses dados, foram calculadas a duração e viabilidade do período larval e pupal e do período da eclosão da larva à emergência de adultos, bem como o peso de adultos na emergência.

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (Kolmogorov D: normal) e homogeneidade (Bartlett) e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA), realizando transformação de dados quando necessário para atender os

requerimentos de normalidade e homogeneidade de variância. As médias foram comparadas entre tratamentos pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ) (SAS INSTITUTE, 2002).

### 3.1.5 Resistência e Condição de Disponibilidade de Alimento no Desempenho de *E. connexa*

Este estudo estabeleceu três tratamentos para avaliar a sobrevivência comparando fêmeas das populações susceptíveis (SS) e resistentes (RR), na 14<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> gerações, respectivamente. Fêmeas RR também foram investigadas quando recuperadas após *knockdown* com tratamento de 0,25 mg i.a./mL da lambda-cialotrina em grau técnico (RRr). Após 2-3 h, os indivíduos permaneciam paralisados e de pernas para cima eram contabilizados como apresentando *knockdown*. Os adultos foram tratados para compor o tratamento RRr de forma similar aos experimentos anteriores, com aplicação tópica e recuperação após 24h de sofrer *knockdown*.

Na tentativa de simular a falta de presa em condições de campo e alimentação apenas em nectários extraflorais após a redução de presas com o uso do inseticida lambda-cialotrina, os adultos foram alimentados com uma solução de mel de abelha a 10% diluído em água, durante o período de 10 dias de escassez de presas. A oferta da solução de mel a 10% foi realizada em recipientes plásticos de 5mL contendo um pedaço de algodão embebido com a solução. Para evitar fermentação, o recipiente e a solução eram substituídos a cada 48h.

Os tratamentos (RR0, RR0,25 e SS0) iniciaram com fêmeas de 3 dias de idade, sendo que durante este período que antecedeu o experimento, elas receberam como presa ovos de *A. kuehniella* em abundância (+Presa). No terceiro dia de vida, parte das fêmeas da população RR foi submetida ao tratamento tópico com o inseticida e aquelas recuperando do *knockdown* compuseram o tratamento RRr. Assim, insetos compondo todos os tratamentos, a partir do 3<sup>o</sup> dia de vida foram submetidos à condição sem presa (-Presa).

Os insetos de todos os tratamentos foram mantidos na densidade de uma fêmea por recipiente plástico de 80mL, sendo colocado no fundo do pote, um recipiente contendo a solução de mel. Após 10 dias sem alimentação em presas, foi retornada a oferta abundante de ovos de *A. kuehniella*, caracterizando o retorno da disponibilidade de alimento no 13<sup>o</sup> dia de vida adulta (+Presa). Assim, fêmeas SS, RR e RRr foram submetidas à condição de +Presa-

Presa+Presa, e monitoradas diariamente para a coleta de postura e determinação do número de ovos produzidos, bem como registro da mortalidade.

O número de ovos produzidos por fêmeas RR, SS e RRr foi submetido à ANOVA após transformação em raiz ( $x+0,5$ ) e comparado entre tratamentos pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ). As curvas de sobrevivência das fêmeas RR, SS e RRr foram estimadas pelo método Kaplan-Meier e comparadas pelo teste Log-Rank ( $p = 0,05$ ), usando o PROC LIFETEST do SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

### 3.1.6 Predação do pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii*, por diferentes populações de *E. connexa*

A predação do pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) provenientes de plantas de algodão da variedade BRS Rubi infestadas naturalmente no campus da UFRPE por fêmeas de *E. connexa*, foi quantificada a partir do quinto ao décimo dia de vida das fêmeas. As fêmeas de *E. connexa* foram alimentadas até esta idade com ovos de *A. kuehniella* em abundância. No quinto dia de vida, os adultos foram sexados através da dilatação do abdome das fêmeas.

Fêmeas das populações SS e RR estavam na 19<sup>a</sup> e 21<sup>a</sup> gerações em laboratório, sendo que a população RR, foi sempre submetida ao tratamento com a DL<sub>50</sub> do lambda-cialotrina aos 3-4 dias da fase adulta a cada geração. No quarto dia de vida adulta, as fêmeas RR foram, então, separadas em dois grupos, sendo um grupo submetido ao tratamento tópico com a lambda-cialotrina a 0,25 mg i.a./mL, enquanto o outro grupo de fêmeas RR não foi submetido ao tratamento com a lambda-cialotrina (n= 20 fêmeas) e utilizado para comparação. Um total de 23 fêmeas RR recuperaram do tratamento com a lambda-cialotrina após 24h e compuseram o tratamento fêmeas RRr. Um terceiro tratamento foi estabelecido com fêmeas SS sem exposição ao inseticida (n = 20 fêmeas).

Assim, o experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos correspondentes às fêmeas susceptíveis (SS0 = 20 fêmeas), resistentes sem tratamento (RR0 = 20 fêmeas) e fêmeas resistentes submetidas à lambda-cialotrina e que se recuperaram do *knockdown* 24h após o tratamento (RR0,25 = 23 fêmeas). As fêmeas dos tratamentos SS0 e RR0 ficaram sem alimentação durante o quinto dia, correspondente ao

período em que as fêmeas do tratamento RR0,25 estavam em recuperação do efeito *knockdown*, fornecendo assim uma fonte de estresse para estas populações.

As fêmeas foram individualizadas em placas de Petri de 1,5x5cm contendo 80 ninfas do pulgão cada. Durante o período do quinto ao décimo dia de vida, as joaninhas eram transferidas para novas placas contendo 80 ninfas do pulgão e era contabilizado o número de pulgões consumidos, bem como a mortalidade de joaninhas.

Folhas infestadas eram colhidas e retirados discos de folhas de 3cm de diâmetro e contabilizado o número de pulgões, sendo adicionados ou retirados indivíduos para se ter a disponibilidade de 80 pulgões/disco/fêmea. O número de pulgões consumidos diariamente pela fêmea da joaninha durante cinco dias de avaliação foi submetido à análise de variância através do método de medidas repetidas no tempo (datas de avaliação) e tratamento (populações) e as médias de predação foram comparadas entre populações em cada data de avaliação pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 2002).

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Desempenho de Adultos das Populações RR e SS de *E. connexa*

A porcentagem de joaninhas que sofreram efeito *knockdown* foi crescente em função das concentrações de lambda-cialotrina aplicadas ( $\chi^2 = 6,69$ ;  $P = 0,0352$ ;  $GL = 2$ ), variando de 55 a 100% (Tabela 1). Por outro lado, aconteceu o oposto com a taxa de recuperação dos indivíduos que sofreu *knockdown* havendo maior proporção de indivíduos recuperados na menor concentração, porém sem diferença estatística ( $\chi^2 = 1,28$ ;  $P = 0,2332$ ;  $GL = 2$ ) (Tabela 1).

O período para iniciar a oviposição não variou entre as populações sendo de 1,3 a 2,2 dias após o tratamento com a lambda-cialotrina, além dos 3 dias de idade que todas as fêmeas possuíam ao serem submetidas ao tratamento. Quanto à fecundidade, no entanto, foi observado efeito significativo do status de resistência ou de suscetibilidade da população ( $F_{4,82} = 5,54$ ;  $P = 0,0005$ ).

O número médio de ovos depositados por fêmeas SS foi de ~50% superior ao das fêmeas das populações RR e RRr (Tabela 1). Fêmeas resistentes recuperando-se do *knockdown* (RRr) após exposição a crescentes concentrações da lambda-cialotrina (0,05; 0,10 e 0,25 mg i.a./mL) mantiveram fecundidade similar à das fêmeas RR sem exposição ao inseticida, independente da concentração e da taxa de recuperação (Tabela 1).

Da mesma forma, a porcentagem de eclosão de larvas que variou de 22,2 a 38,3%, bem como a longevidade média de fêmeas que variou de 54,9 a 71,5% não foram diferentes entre as populações SS, RR e RRr (Tabela 1).

**Tabela 1 - Características de adultos resistentes (RR0) e susceptíveis (SS0) de *Eriopis connexa* sem tratamento, e de RR submetidos ao tratamento tópico com três concentrações de lambda-cialotrina em grau técnico (0,05; 0,10; 0,25 mg i.a./mL).**

| Populações | <i>Knockdown</i><br>(%) <sup>1</sup> | Recuperação<br>(%) <sup>1</sup> | Período para<br>oviposição <sup>2, 3</sup> | Número médio de<br>ovos/fêmea <sup>3</sup> | Eclosão de larvas<br>(%) <sup>3</sup> | Longevidade média<br>de fêmeas (dias) <sup>4</sup> |
|------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| SS0        | -                                    | -                               | 1,9 ± 0,12 a                               | 738,8 ± 106,51a                            | 22,5 ± 5,47 a                         | 71,5 ± 5,01 a                                      |
| RR0        | -                                    | -                               | 1,3 ± 0,15 a                               | 390,6 ± 73,66b                             | 22,2 ± 5,85 a                         | 66,8 ± 6,39 a                                      |
| RR0,05     | 55,0 b                               | 100,0 a                         | 1,5 ± 0,17 a                               | 383,6 ± 61,15b                             | 24,7 ± 5,09 a                         | 54,9 ± 3,16 a                                      |
| RR0,10     | 73,2 a                               | 96,4 a                          | 2,2 ± 0,41 a                               | 356,1 ± 60,98b                             | 27,7 ± 4,94 a                         | 62,1 ± 7,25 a                                      |
| RR0,25     | 100,0 a                              | 78,8 a                          | 2,0 ± 0,19 a                               | 334,6 ± 50,43b                             | 38,3 ± 5,98 a                         | 64,0 ± 8,73 a                                      |

<sup>1</sup>Medias (%) seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente similares pelo teste de qui-quadrado ( $P > 0,05$ ) para a hipótese de igualdade de proporção esperada.

<sup>2</sup>Período pós-tratamento para iniciar oviposição (dias) ( $\pm$ EP).

<sup>3</sup>Médias ( $\pm$ EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ).

<sup>4</sup>Médias ( $\pm$ EP) de sobrevivência seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Log-Rank do Proc lifetest do SAS ( $P > 0,05$ ), e médias determinadas pelo método de Kaplan-meier.

Fonte: Autor desta dissertação, 2012.

### 3.2.2 Desempenho da Progenie das Populações RR e SS de *E. connexa*

Larvas de *E. connexa* oriundas de posturas depositadas por fêmeas susceptíveis (SS), resistentes (RR) e de fêmeas resistentes após a recuperação do *knockdown* (RRr) apresentaram similar período de desenvolvimento tanto para larvas originando machos, quanto fêmeas (Tabela 2).

A duração da fase de pupa foi de 3 dias para todas as populações não gerando variação entre as descendências. Da mesma forma, a viabilidade da fase de pupa (% de emergência de adultos) variou de 95 a 97,5%, sendo semelhante entre os descendentes oriundos de fêmeas SS, RR e RRr (Tabela 2). Por outro lado, a viabilidade larval e o peso de machos variaram significativamente, dependendo da condição da população RR. Larvas oriundas de fêmeas RRr apresentaram, em média, 28,4 e 20,9% menor viabilidade, comparadas a larvas oriundas de fêmeas SS e RR sem exposição à lambda-cialotrina (Tabela 2). Da mesma forma, o peso de descendentes machos da população RRr foi significativamente menor em 20% e 25% do peso, quando comparado aos machos de SS e RR sem exposição à lambda-cialotrina. O peso de fêmeas, no entanto, foi similar independente da condição da população RR e SS e sempre superior ao peso dos machos (Tabela 2).

**Tabela 2 - Duração Larval, viabilidade larval, viabilidade pupal e peso de adultos de *Eriopis connexa* oriundos de fêmeas susceptível (SS), resistente (RR) e fêmeas resistentes recuperadas do *knockdown* (RRr) após o tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico a 0,25 mg de i.a./mL.**

| Condição           | Duração Larval           |                          | Viabilidade Larval (%) <sup>1</sup> | Viabilidade Pupal (%) <sup>1</sup> | Peso de adultos (mg)     |                            |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                    | Machos                   | Fêmeas                   |                                     |                                    | Machos <sup>1</sup>      | Fêmeas <sup>1</sup>        |
| SS                 | 13,1 ± 0,19 a            | 13,0 ± 0,13 a            | 80,0 ± 14,7 a                       | 95,0 ± 3,41 a                      | 9,0 ± 0,26 a             | 10,2 ± 0,28 a <sup>2</sup> |
| RR                 | 12,8 ± 0,14 a            | 12,8 ± 0,16 a            | 72,5 ± 0,15 a                       | 97,5 ± 2,50 a                      | 9,6 ± 0,34 a             | 11,1 ± 0,37 a <sup>2</sup> |
| RRr                | 13,6 ± 0,24 a            | 12,8 ± 0,13 a            | 51,6 ± 23,9 b                       | 95,0 ± 3,41 a                      | 7,2 ± 0,60 b             | 11,0 ± 0,38 a <sup>2</sup> |
| <i>Estatística</i> | F=1,40 <sup>0,2623</sup> | F=0,65 <sup>0,5255</sup> | F =7,43 <sup>0,0025</sup>           | F = 0,16 <sup>0,8561</sup>         | F=6,40 <sup>0,0049</sup> | F=2,28 <sup>0,1100</sup>   |

<sup>1</sup>Médias (±EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

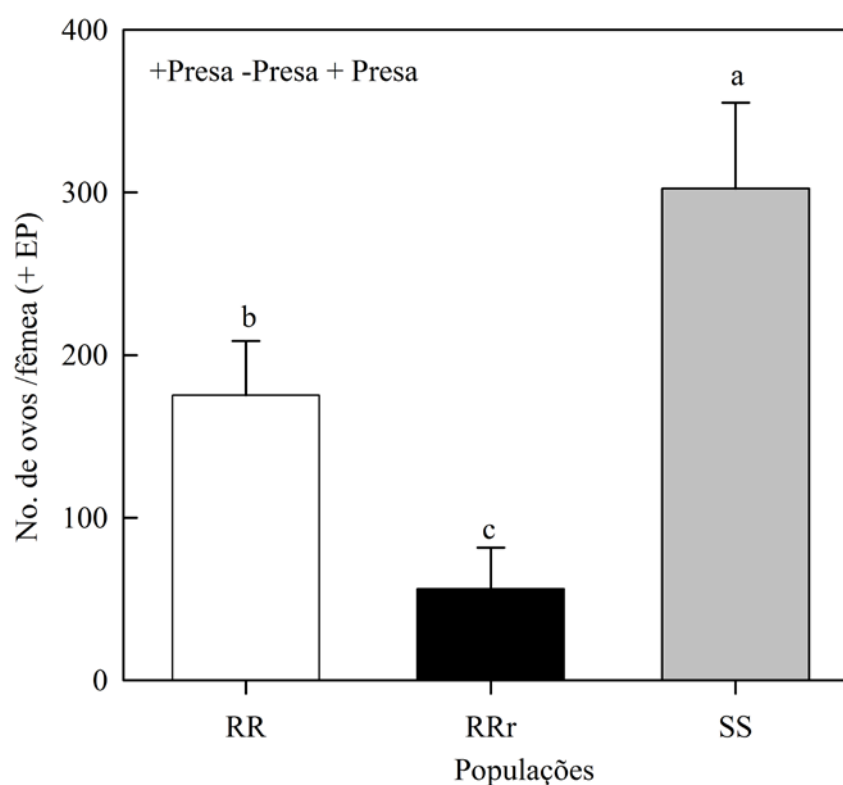
<sup>2</sup>Diferença significativa entre populações de mesmo sexo para peso de adultos pelo teste de F a 5% de probabilidade.



### 3.2.3 Resistência e Condição de Disponibilidade de Alimento no Desempenho de *E. connexa*

De forma similar ao resultado de oviposição em condição de abundância de presa, fêmeas susceptíveis apresentaram-se significativamente mais fecundas que fêmeas resistentes quando submetidas a escassez de alimento ( $F_{2, 28} = 6,45$ ;  $P = 0,005$ ). Fêmeas SS produziram aproximadamente 40% e 82% mais ovos que fêmeas resistentes RR e RRr, respectivamente. Também, fêmeas RR produziram aproximadamente 72% mais ovos que fêmeas RRr (fêmeas recuperadas do *knockdown* da aplicação tópica de 0,25 mg de i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico) (Figura 2).

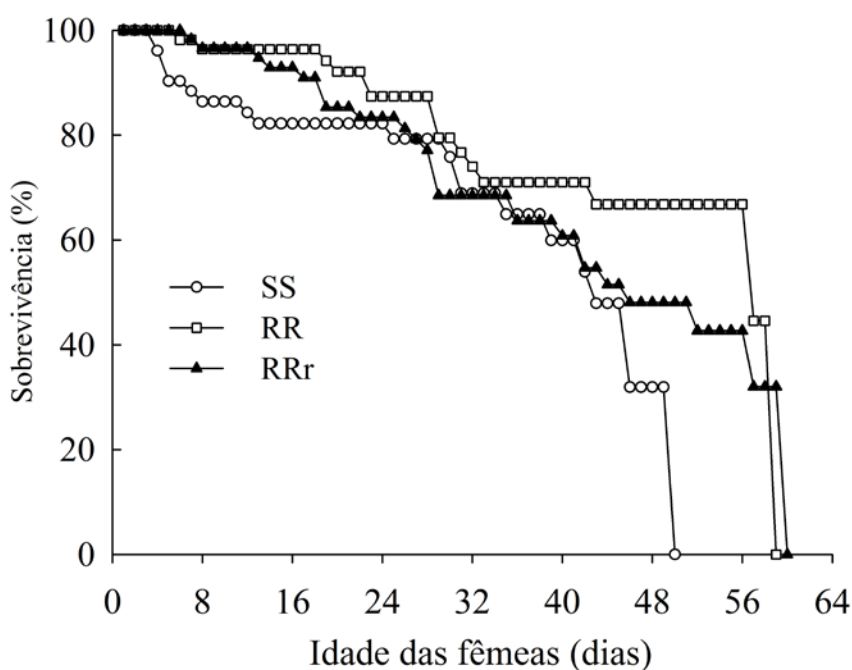
**Figura 1 - Fecundidade de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (SS), resistente (RR) e resistente recuperada do *knockdown* após tratamento (RRr) com 0,25 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico, submetidas a condição de escassez de alimento durante 10 dias na fase adulta entre 3<sup>a</sup> ao 13<sup>a</sup> dia de vida. Nota: Barras sob diferentes letras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ( $P < 0,05$ ).**



Fonte: Autor desta dissertação, 2012

Fêmeas de todas as populações submetidas à condição de escassez de presas entre o 3º e o 13º dia da fase adulta apresentaram similar sobrevivência ( $\chi^2 = 4,73$ ;  $P = 0,0936$ ;  $Gl = 2$ ). A sobrevivência média determinada pelo método de Kaplan-Meier variou de 48,0 a 63,0 dias (Figura 3).

**Figura 2 - Sobrevivência de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (SS), resistente (RR) e resistente recuperada do *knockdown* após tratamento (RRr) com 0,25 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico, submetidas a condição de escassez de alimento durante 10 dias na fase adulta entre 3º ao 13º dia de vida. Nota: Curvas de sobrevivência determinadas pelo método de Kaplan-Meier não diferem pelo teste de Log-Rank ( $\chi^2 = 4,7380$ ;  $P = 0,0936$ ;  $GL = 2$ ).**



Fonte: Autor desta dissertação, 2012

### 3.2.4 Predação do pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii*, por diferentes populações de *E. connexa*

A condição da população quanto à resistência de *E. connexa* à lambda-cialotrina interfere na taxa de predação de pulgões (Tabela 3). A população susceptível (SS), sem exposição à lambda-cialotrina, mostrou-se com taxa de predação não variável ao longo do tempo e superior as populações RR e RRr para o período de avaliação (MANOVA, Wilks' lambda,  $F = 74,05$ ;  $P < 0,0001$ ;  $gl = 2, 60$ ). Por outro lado, a taxa de predação exibida pelas

populações RR e RRr foi variável ao longo dos cinco dias de observação (MANOVA, Wilks' lambda,  $F = 45,78$ ;  $P < 0,0001$ ;  $gl = 4, 57$ ); fato que resultou em efeito significativo da interação população e tempo de observação (MANOVA, Wilks' lambda,  $F = 13,37$ ;  $P < 0,0001$ ;  $gl = 2, 114$ ). Assim, os resultados mostram que a predação de pulgão pela população SS foi similar durante o período de observação de cinco dias ( $P = 0,6443$ ); enquanto que o consumo foi inferior nos três primeiros dias de observação para fêmeas RRr ( $F_{4, 110} = 33,59$ ;  $P < 0,001$ ) e nos dois primeiros dias para fêmeas RRr ( $F_{4, 95} = 17,51$ ;  $P < 0,001$ ).

No geral, a predação média de pulgões durante os cinco dias de observação foi significativamente superior para joaninhas SS devido ao maior consumo inicial (Tabela 3). A partir do quarto dia, no entanto, não foi detectada diferença na taxa diária de predação com média acima de 55 pulgões por dia entre as três populações SS, RR e RRr.

**Tabela 3 - Predação do pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii* por diferentes populações de *Eriopsis connexa* entre o 5º e o 10º dia de vida adulta.**

| Dias  | Populações       |                 |                             |
|-------|------------------|-----------------|-----------------------------|
|       | Susceptível (SS) | Resistente (RR) | Resistente recuperada (RRr) |
| 1º    | 60,5 ± 2,64 Aa   | 37,1 ± 1,28 Bb  | 23,1 ± 3,12 Bc              |
| 2º    | 62,7 ± 2,55 Aa   | 47,0 ± 1,87 Bb  | 24,9 ± 4,12 Bc              |
| 3º    | 65,1 ± 2,35 Aa   | 44,9 ± 3,82 Bb  | 54,4 ± 3,54 Aab             |
| 4º    | 62,3 ± 2,35 Aa   | 55,3 ± 2,98 Aa  | 61,8 ± 2,71 Aa              |
| 5º    | 60,2 ± 2,47 Aa   | 57,7 ± 2,80 Aa  | 60,0 ± 2,70 Aa              |
| Média | 62,2 ± 1,10 a    | 48,5 ± 3,71 b   | 45,4 ± 2,15 b               |

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor desta dissertação, 2012

### 3.3 Discussão

A manutenção de inimigos naturais nos agroecossistemas associado a aplicações de inseticidas para o controle de pragas é um desafio para o manejo integrado de pragas (MIP), considerando-se que o impacto negativo desses inseticidas sobre os inimigos naturais é um resultado comumente esperado (THEILING E CROFT, 1988; CROFT, 1990; DEGRANDE et al., 2002). Portanto, torna-se necessário a seletividade dos inseticidas.

A exposição de joaninhas predadoras aos resíduos de inseticidas resulta, na sua maioria, em maior toxicidade para as joaninhas que para as pragas alvo (TILLMAN E MULROONEY, 2000; GUSMÃO et al., 2000; MICHAUD, 2002; PROVOST et al., 2003; COSME et al., 2007; LEITE et al., 2010). A resistência, em joaninhas predadoras, no entanto, busca oferecer seletividade fisiológica do inseticida ao predador, visto que praga alvo e inimigo natural serão expostos simultaneamente a uma determinada concentração do produto em campo, mas sendo esta mais tóxica à praga alvo do que à joaninha resistente.

Estudos em campo mostraram que cerca de 80% dos adultos de *E. connexa* provenientes da população resistente selecionada (Ec-Vi) utilizada neste estudo (geração F12), confinados em plantas de algodão pulverizadas com 1x e 5x a dose recomendada de campo da lambda-cialotrina, apresentaram sobrevivência similar àqueles confinados em plantas não pulverizadas, enquanto que o bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), principal praga do algodão no Brasil, e a população suscetível de *E. connexa* (Ec-FM), exibiram somente 20 e 0% de sobrevivência, respectivamente (SPÍNDOLA, 2011).

A obtenção da seletividade mediante a manutenção de *E. connexa* resistente ao inseticida lambda-cialotrina em campo permitirá o uso simultâneo de ambos os controles químico e biológico. Neste contexto, busca-se o controle de pulgões, moscas- brancas, etc., através da conservação de *E. connexa* resistente na área e o controle de desfolhadores, especialmente larvas de lepidópteros e coleópteros, através da utilização da lambda-cialotrina. Piretróides, de modo geral, não são eficientes contra pulgões e a resistência a piretróides em pulgões, como é determinada para *A. gossypii*, pode atingir níveis consideráveis (RAVINDHRAN E ANNE, 1997; AHMAD et al., 2003). De fato, a utilização de piretróides como a lambda-cialotrina resulta geralmente em surtos de pulgões posteriores às aplicações (HARDIN et al., 1995; DEGUINE et al., 2000; GODFREY et al., 2000; DUTCHER, 2007;

OBRYCKI et al., 2009), os quais são usualmente relacionados à redução da população de predadores e parasitóides (BROZA, 1986; KIDD E RUMMEL, 1997; LONGLEY, 1999).

A dinâmica populacional de *E. connexa* resistente nos agroecossistemas, no entanto, será diferenciada em comparação às populações susceptíveis na ausência de pressão de seleção. Com base nos resultados apresentados, fêmeas resistentes apresentarão produção de ovos 50% menor que as fêmeas susceptíveis. Portanto, resultará em menor crescimento populacional de indivíduos resistentes e, conseqüentemente, invasão de genes para a susceptibilidade na população resistente, resultando na diluição da fração da resistência na população como um todo ao longo das gerações. Por outro lado, em condições de pressão exercida pelas pulverizações com a lambda-cialotrina, a população resistente de *E. connexa* será beneficiada, em comparação à susceptível. Os níveis de resistência apresentados por adultos de *E. connexa* à lambda-cialotrina permitem a sobrevivência de indivíduos RR e morte dos indivíduos SS. A maior dosagem recomendada de 0,4 mg de i.a./mL do produto comercial (AGROFIT, 2012), supostamente capaz de ocasionar efeito letal acima de 95% para a população da praga alvo independente da densidade populacional (KNIPLING, 1979), é 7,5 e 25,4 vezes menor que as  $DL_{50}$  e  $DL_{90}$  calculada para *E. connexa* (1, 45 e 5,09 mg i.a./mL do produto comercial) segundo Rodrigues (2012).

A menor produção de ovos por fêmeas RR em comparação a fêmeas SS sugere um custo adaptativo para fêmeas RR devido à resistência. O custo torna-se evidente quando se considera a sobrevivência de larvas e pupas, a qual foi inferior para a descendência oriunda de fêmeas RRr (recuperadas do *knockdown*). A redução da oviposição é um resultado comumente associado ao custo voltado à manutenção da sobrevivência do organismo sob condições adversas (STEARNS, 1992). Em *E. connexa*, é observado que apesar da menor produção de ovos para fêmeas RR e RRr, elas apresentaram sobrevivência similar as fêmeas SS seja na condição de abundância de presas (Tabela 1), ou quando simulando uma condição de escassez de presas por 10 dias consecutivos (Figura 3). O estresse da exposição ao inseticida e a recuperação do *knockdown* sugere que há um custo adicional na condição de escassez de alimento, além daquele apenas causado pelos genes responsáveis pela resistência. Este custo adaptativo pode exercer significativo atraso na evolução e manutenção da resistência de *E. connexa* em campo (CARRIÈRE et al., 1994; GOULD, 1998). No entanto, a herança da resistência à lambda-cialotrina em *E. connexa* é autossômica e incompletamente dominante (RODRIGUES, 2012). Isto sugere que ambos os parentais são doadores de genes

da resistência para a descendência e que a mortalidade da população resistente será dependente da dose e do genótipo da população. Assim, espera-se a mortalidade de todos os indivíduos homozigotos recessivos da população em exposição a uma alta dose do inseticida. Por outro lado, os indivíduos homozigotos dominantes e heterozigotos para a resistência sobrevivem a altas doses da lambda-cialotrina. De acordo com Rodrigues (2012), a população RR e F1 (RS e SR) de *E. connexa* somente apresenta mortalidade acima de 95% quando tratada topicamente com 0,5 mg de i.a./mL da lambda-cialotrina em grau técnico. Portanto, não é esperado que a resistência seja completamente revertida na ausência da pressão de seleção, visto que a mortalidade irá variar em função da dose de exposição, apesar do custo reprodutivo apresentado pelos indivíduos RR.

Em relação à predação do pulgão *A. gossypii*, é observado um efeito pós-recuperação do *knockdown* em fêmeas RR tratadas com a lambda-cialotrina (RRr) (Tabela 3). Estas fêmeas apresentaram menor predação durante dois dias subsequentes à recuperação do *knockdown*, porém igualando-se à predação diária de pulgões por fêmeas SS a partir do terceiro dia de avaliação. Fêmeas RR, também, apresentaram menor taxa de predação inicialmente, porém igualando-se a fêmeas SS a partir do quarto dia de observação. Em laboratório, a predação diária do pulgão gigante do pinus, *Cinara atlantica* (Wilson), foi de 31 pulgões/dia com a oferta de 50 pulgões (OLIVEIRA et al., 2004); de 25 a 35 pulgões/dia de *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) com a oferta de 40 pulgões (SARMENTO et al., 2007); e de 10 pulgões/dia de *Acyrtosiphon pisum* (Harris) com a oferta de 100 a 120 pulgões (GREZ et al., 2012). Isto demonstra que a predação de pulgões pode variar dependendo da espécie de pulgão. Baseado nos resultados, a condição de resistência interfere na predação inicialmente após a mudança da dieta de *A. kuehniella* para o pulgão do algodoeiro, em comparação a fêmeas SS, porém, esta diferença diária de predação deixa de existir após quatro dias e demonstra uma estabilização e igualdade na predação entre as populações (Tabela 3).

Baseado nos resultados pode-se concluir que a seleção para a resistência em *E. connexa* impõe custos à população com redução da fecundidade e, além disso, fêmeas resistentes após se recuperarem do *knockdown*, produzem descendentes com menor viabilidade larval. Também, fêmeas RR e fêmeas RRr após tratamento apresentaram menor predação diária de pulgões inicialmente, porém igualando-se à taxa diária de predação de fêmeas SS após 4 dias. Embora estes resultados de laboratório não demonstrem na totalidade

as condições reais de campo, espera-se que as condições extremas de contaminação via tratamento tópico em laboratório e diferentes doses do inseticida sejam superiores àquela que provavelmente acontecerá em campo, considerando a redução da eficácia biológica da lambda-cialotrina em campo, após aplicação (TILLMAN E MULROONEY, 2000; TORRES et al., 2000).

Também, ainda estão abertas questões de como se comportará a população resistente ao longo de gerações, em condições de campo, na presença e ausência da pressão de seleção, como um importante conhecimento quanto ao custo adaptativo da resistência (CROW, 1957). Além disso, é necessário entender como será a contribuição dos indivíduos heterozigotos, em relação ao custo adaptativo, comparando-se o desempenho de heterozigotos e homozigotos resistentes, bem como a resposta da população resistente às doses recomendadas de campo, que se tornarão subdoses devido ao nível de resistência apresentado pela população de *E. connexa*.

### 3.4 Conclusões

A seleção para a resistência em *E. connexa* impõe desvantagem a população resistente com menor fecundidade, porém independe da dose de exposição e do efeito *knockdown*;

Fêmeas resistente após recuperarem do *knockdown* produzem larvas com menor sobrevivência;

A escassez de presa após recuperação do *Knockdown* possui efeito adicional na fecundidade, porém a sobrevivência das fêmeas independe da condição de resistência;

Fêmeas de *E. connexa* resistente e resistente recuperadas do *knockdown* apresentam inicialmente menor consumo de pulgões, porém com consumo similar a partir do 4º dia.



## REFERÊNCIAS

- ABERNETHY, C. O.; CASIDA, J. E. Pyrethroid insecticides: esterase cleavage in relation to selective toxicity. **Science**, v. 179, p. 1235-1236, 1973.
- ABERNETHY, C.O.; UEDA, K.; ENGEL, J.L.; GAUGHAN, L.C.; CASIDA, J.E. Substrate-specificity and toxicological significance of pyrethroid hydrolyzing esterases of mouse liver microsomes. *Pestic. Biochem. Physiol.* 3: 300-311, 1973.
- AGROFIT. Disponível em: <<http://www.agrofit.com.br>> Acesso em fev. 2012.
- AHMAD, M.; ARIF, M.I.; DENHOLM, I. High resistance of field populations of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) to pyrethroid insecticides in Pakistan. *J. Econ. Entomol.* 96: 875-878, 2003.
- BAKER, J.E.; PEREZ-MENDOZA, J.; BEMAN, R.W.; THRONE, J.E. Fitness of a malathion-resistant strain of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Econ. Entomol.* 91: 50-55, 1998.
- BASTOS, C.S. e TORRES, J.B. Controle biológico e o manejo integrado de pragas do algodoeiro. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 63p. (Circular Técnica no. 72), 2006.
- BATRA, S.W.T. Biological control in agroecosystems. *Science* 215: 134-139, 1982
- BELARMINO, L.C. Aumento do controle biológico natural pelas boas práticas agrícolas e pelo gerenciamento ambiental. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 6., Rio de Janeiro, RJ. *Anais*, Rio de Janeiro: p.335, 1998.
- BIANTAO, J.; LIU, Y.; ZHU, Y.C.; LIU, X.; GAO, C.; SHEN, J. Inheritance, fitness cost and mechanism of resistance to tebufenozide in *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag. Sci.* 65: 996-1002, 2009.
- BLEICHER, E. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In: CROCOMO, W. B. (ed.), *Manejo Integrado de Pragas*. São Paulo: UNESP, p.271-291, 1990.
- BLUM, M.S. e KEARNS, C.W. Temperature and the action of pyrethrum in the American cockroach. *J. Econ. Entomol.* 49: 862-865, 1956.
- BROZA, M. An aphid outbreak in cotton fields in Israel. *Phytoparasitica* 14: 81-85, 1986.
- BUSVINE, I.R. Forms of insecticide- resistance in houseflies and body lice. *Nature* 171: 118-119, 1953.
- CARRIÈRE, Y.; DELAND, J.P.; ROFF, D.A.; VINCENT, C. Life-history costs associated with the evolution of insecticide resistance. *Proc. R. Soc. London B* 258: 35-40, 1994.
- CHANG, S.C. e KEARNS, C.W. Metabolism in vivo of C14-labelled pyrethrin I and cinerin I by house flies with special reference to the synergistic mechanism. *J. Econ. Entomol.* 57: 397-404, 1964.

- COLE, M.M. e CLARK, P.H. Development of resistance to synergized. Pyrethrins in body lice and cross resistance to DDT. J. Econ. Entomol. 54: 649-651, 1961.
- COSME, L.V.; CARVALHO, G.A.; MOURA, A.P. Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em laboratório. Arq. Inst. Biol. 74: 251-258, 2007.
- CROFT, B.A. Arthropod biological control agents and pesticides. New York: John Wiley & Sons, 723p, 1990.
- CROFT, B.A. e MORSE, J.G. Recent advances in natural enemy-pesticide research. Entomophaga 24: 3-11, 1979.
- CROW, J.F. Genetics of insecticide resistance to chemicals. Annu. Rev. Entomol. 2:227-246, 1957.
- DEGRANDE, P.E.; REIS, P.R.; CARVALHO, G.A.; BELARMINO, L.C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais, p. 71-86. In: Parra, J.R.P., P.S. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (Eds.). Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 635p, 2002.
- DEGUINE, J.P.; GOZÉ, E.; LECLANT, F. 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 Manag. 46: 86-89, 2000.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52: 81-106, 2007.
- DOBZHANSKY, T. Genetics and the origin of species. 3<sup>rd</sup> ed., New York: Columbia University Press, 364p, 1951.
- DONG, K. Insect sodium channels and insecticide resistance. Invert. Neurosci. 7: 17-30, 2007.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM, p. 27-43. In A. Ciancio & K.G. Mukerji (eds.), General concepts in integrated pest and disease management. Dordrecht, Springer, 360p, 2007.
- ELLIOTT, M. The relationship between the structure and the activity of pyrethroids. Bull. WHO 44: 315-324, 1971.
- FENG, Y.T.; WU, Q.J.; XU, B.Y.; WANG, S.L.; CHANG, X.L.; XIE, W.; ZHANG, Y.J. Fitness costs and morphological change of laboratory-selected thiamethoxam resistance in the B-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 133: 466-472, 2009.
- FINE, B.C. Pattern of pyrethrin resistance in houseflies. Nature 191: 884-885, 1961.
- FITT, G.P. An Australian approach to IPM in cotton: integrating new technologies to minimize insecticide dependence. Crop Prot. 19: 793-800, 2000.

FLAPP, F.W. e BULL, D.L. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. *Environ. Entomol.* 7: 431-434, 1978.

GAZAVE, E.; CHEVILLON, C.; LENORMAND, T.; MARQUINE, M.; RAYMOND, M. Dissecting the cost of insecticide resistance genes during the overwintering period of mosquito *Culex pipiens*. *Heredity* 87:441-448, 2001.

GEORGHIOU, G.P. e TAYLOR, C.E. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 319-323, 1977a.

GEORGHIOU, G.P. e TAYLOR, C.E. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 653-658, 1977b.

GEORGHIOU, G.P. The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3: 133-168, 1972.

GODFREY, L.; ROSENHEIM, J.A.; GOODELL, P.B. Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54:26-29, 2000.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 701-726, 1998.

GRAVENA, S. e CUNHA, H.F. Antrópodos predadores na cultura algodoeira. Jaboticabal: CEMIP – Departamento de Entomologia e Nematologia, 120p. (Boletim 1), 1991.

GRAVES, J.B.; MOHAMAD, R.B.; CLOWER, D.F. Beneficial insects also developing “resistance”. *LA Agric.* 22: 10-11, 1978.

GREZ, A.A.; VIERA, B.; SOARES, A.O. Biotic interactions between *Eriopis connexa* and *Hippodamia variegata*, a native and an exotic coccinellid species associated with alfalfa fields in Chile. *Entomol. Exp. Appl.* 142: 36-44, 2012.

GUSMÃO, M.R.; PICANÇO, M.; LEITE, G.L.D.; MOURA, M.F. Seletividade de inseticidas a predadores de pulgões. *Hortic. Bras.* 18: 130-133, 2000.

HAGEN, K.S. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7: 289-326, 1962.

HARDIN, M.R.; BENREY, B.; COLL, M.; LAMP, W.O.; RODERICK, G.K.; BARBOSA, P. Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Prot.* 14: 3-18, 1995.

HEAD, R.; NEEL, W.W.; SARTOR, C.R.; CHAMBERS, H. Methyl parathion and carbaryl resistance in *Chrysomela scripta* and *Coleomegilla maculata*. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 17: 163-164, 1977.

HOY, M.A. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection, p. 203-236. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (eds.), *Pesticide resistance in arthropods*. New York, Chapman & Hall, 303p, 1990.

IPERTI, G. Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agri. Ecosys e Environm* 74: 323-342, 1999.

IRAC (Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas) Disponível em: <<http://www.irac-br.gov.br>> Acesso em fev. 2012.

JOHNSON, M.W. e TABASHNIK, B.E. Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In T.S. Bellows & T.W. Fisher (eds.), *Handbook of biological control*, San Diego: Academic Press, 1046p, 1999.

KIDD, P.W. e RUMMEL, D.R. Effect of insect predators and a pyrethroid insecticide on cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, population density. *Southwest. Entomol.* 22: 381-393, 1997.

KNIPLING, E.F. The basic principles of insect population suppression and management. p. 577-623. In USDA (ed.), *Agriculture Handbook n. 512*. Washington, D.C.: USDA, 659p, 1979.

KUMRAL, N.A.; GENCER, N.S.; SUSURLUK, H.; YALCIN, C. A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gilvifrons* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Int. J. Acarol.* 37: 255-268, 2011.

LEITE, M.L.S.; CARVALHO, G.A.; MAIA, J.B.; MAKIYAMA, L.; VILELA, M. Ação residual de inseticidas para larvas e adultos do predador *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Coccinellidae). *Arq. Inst. Biol.* 77: 275-282, 2010.

LONGLEY, M. A review of pesticide effects upon immature aphid parasitoids within mummified hosts. *Int. J. Pest Manag.* 45: 139-145, 1999.

LUNDGREEN, J.G. Relationships of natural enemies and non-prey foods. *Progress in biological control*, vol 7. Springer, New York, 453p, 2009.

METCALF, R.L. Changing role of pesticides in crop protection. *Annu. Rev. Entomol.* 25: 219-256, 1980.

MICHAUD, J.P. Relative toxicity of six insecticides to *Cycloneda sanguinea* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Entomol. Sci.* 37: 83-93, 2002.

NARAHASHI, T. Neurophysiological effects of insecticides. v. 1. Northwestern University Medical School. *Handbook of Pesticide Toxicology*: Academic Press. p. 335-351, 2001.

NISHIZAWA, Y. Development of new synthetic pyrethroids. *Bull. WHO* 44:325-336, 1971.

OBRYCKI, J.J.; HARWOOD, J.D.; KRING, T.J.; O'NEIL, R.J. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. *Biol. Control* 51: 244-254, 2009.

OLIVEIRA, N.; WILCKEN, C.F.; MATOS, C.A. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera, Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). Rev. Bras. Entomol. 48: 529-533, 2004.

PATHAN, A.K.; SAYYED, A.H.; ASLAM, M.; LIU, T.X.; RAZZAQ, M.; GILLANI, W.A. Resistance to pyrethroids and organophosphates increased fitness and predation potential of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 103: 823-834, 2010.

PATHAN, A.K.; SAYYED, A.H.; ASLAM, M.; RAZAQ, M.; JILANI, G.; SALEEM, M.A. Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 101: 1676-1684, 2008.

PLAPP, F. Biochemical genetics of insecticide resistance. Annu. Rev. Entomol. 21: 179-197, 1976.

PREE, D.J.; ARCHIBALD, D.E.; MORRISON, R.K. Resistance to insecticides in the common green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in Southern Ontario. J. Econ. Entomol. 82: 29-34, 1989.

PROVOST, C.; CODERRE, D.; LUCAS, E.; BOSTANIAN, N.J. Impact of lambda-cyhalothrin on intraguild predation among three mite predators. Environ. Entomol. 32: 256-263, 2003.

RAMALHO, F.S. Cotton pest management. Part 4. A Brazilian perspective. Annu. Rev. Entomol. 39: 563-578, 1994.

RAVINDHRAN, R. e ANNE, X. Effect of pyrethroids on resurgence of aphids (*Aphis gossypii* G.) and alteration of plant metabolism in cotton. Pestic. Res. J. 9: 79-85, 1997.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A.; LAMAS, F.M.; STAUT, L.A.; FABRÍCIO, A.C. Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, Embrapa Pecuária Oeste, 4p. (Comunicado técnico 91). 2004.

RODRIGUES, A.R.S. Caracterização da resistência de joaninhas predadoras ao lambda-cialotrina. Tese de Doutorado, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 177p, 2012.

RUBERSON, J.R. e TILLMAN, P.G. Effect of selected insecticides on natural enemies in cotton: a laboratory study. Proc. Beltwide Cotton Conf. 2: 1210-1213, 1999.

SARMENTO, R.A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SOUZA, O.F.F.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; OLIVEIRA, C.L. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. Braz. Arch. Biol. Technol. 50: 121-126, 2007.

SAS INSTITUTE. SAS User's guide: statistic version 9 for Windows. Cary, NC, USA, SAS Institute Co, 2002.

SAWICKI, R.M. Effects of sequential resistance on pesticide management. Crop Prot. 3: 799-811, 1975.

SAYYED, A.H.; PATHAN, A.K.; FAHEEM, U. Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. *Pestic. Biochem. Physiol.* 98: 325-332, 2010.

SILVA, R.B.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; LIMA, E.R.; FIGUEIREDO, M.L.C.; CRUZ, I. Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Phytoparasitica* 37: 115-123, 2011.

SILVA, T.B.M.; SIQUEIRA, H.A.A.; OLIVEIRA, A.C.; TORRES, J.B.; OLIVEIRA, J.V.; MONTARROYOS, P.A.V.; FARIAS, M.J.D.C. Insecticide resistance in Brazilian populations of the cotton leaf worm, *Alabama argillacea*. *Crop Prot.* 30: 1156-1161, 2011.

SILVIE, P.; LEROY, T.; MICHEL, B.; BOURNIER, J.P. Manual de identificação dos inimigos naturais no cultivo do algodão. Cascavel: CODETEC/CIRAD, 74p. (Boletim Técnico, 35), 2001.

SPÍNDOLA, A.F. Caracterização de uma população de *Eriopis connexa* resistente ao lambda-cialotrina. Monografia de graduação, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 37p, 2011.

SPOLEN, K.M. e HOY, M.A. Genetic improvement of an arthropod natural enemy: relative fitness of a carbaryl-resistant strain of the California red scale parasite *Aphytis melinus* DeBach. *Biol. Control* 2: 87-94, 1992.

STEARNS, S.C. The evolution of life histories. Oxford, Oxford University Press. 264p, 1992.

TABASHNIK, B.E. e JOHNSON, M.W. 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, 1999.

THEILING, K.M. e CROFT, B.A. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. *Agric. Ecosyst. Environ.* 21: 191-218, 1988.

TILLMAN, P.G. e MULROONEY, J.E. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 93: 1638-1643, 2000.

TORRES, J.B.; SILVA-TORRES, C.S.A.; SILVA, M.R.; FERREIRA, J.F. Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. *Neotrop. Entomol.* 31, 311-317, 2000.

TORRES, J.B.; BASTOS, C.S.; PRATISSOLI, D. Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores. *Inf. Agropec.* 30: 17-32, 2009.

TSUKAMOTO, M.; NARASHASHI, T.; YAMASAKI, T. Genetic control of low nerve sensitivity to DDT in insecticide-resistant houseflies. *Bochu Kagaku* 30: 128-132, 1965.

WHALON, M.E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M.; DUYNLAGER, L. Arthropod pesticide resistance database. Disponível em <<http://www.pesticideresistance.org/search/1>>, acessado em 14/06/2011.

WHITEHEAD, G.B. Pyrethrum resistance conferred by resistance to DDT in the blue tick. *Nature* 184: 378-379, 1959.

WHO (World Health Organization). Expert committee on insecticides: seventh report. Geneva, Technical report series 125, 31p, 1957.

YAMAMOTO, I. e CASIDA, J.E. 0- Demethyl Pyrethrin II analogs from oxidation of pyrethrin i, allethrin, dimethrin, and phthalthrin by a housefly enzyme system. *J. Econ. Entomol.* 59:1542-1543, 1966.

YAMAMOTO, I.; KIMMEL, E.C.; CASIDA, J.E. Oxidative metabolism of pyrethroids in houseflies. *J. Agric. Food Chem.* 17: 1227-1236, 1969.

## ANEXO

## Anexo 1. Estrutura química do lambda-cialotrina.

