



**RAFAELLA RIBEIRO SÂMIA**

**SELETIVIDADE DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE  
SEMENTES DO ALGODOEIRO PARA OS PREDADORES**

***Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (NEUROPTERA:  
CHRYSOPIDAE) e *Harmonia axyridis* (PALLAS, 1773)  
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

**LAVRAS-MG  
2017**

**RAFAELLA RIBEIRO SÂMIA**

**SELETIVIDADE DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES DO  
ALGODOEIRO PARA OS PREDADORES *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) e *Harmonia axyridis* (PALLAS, 1773)  
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Sâmia, Rafaella Ribeiro.

Seletividade de tiametoxam em tratamento de sementes do  
algodoeiro para os predadores *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)  
(Neuroptera: Chrysopidae) e *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773)  
(Coleoptera: Coccinellidae) / Rafaella Ribeiro Sâmia. - 2017.  
61 p.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.  
Bibliografia.

1. Algodão. 2. Seletividade. 3. Tratamento de sementes. I.  
Carvalho, Geraldo Andrade. . II. Título.

**RAFAELLA RIBEIRO SÂMIA**

**SELETIVIDADE DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES DO  
ALGODOEIRO PARA OS PREDADORES *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) e *Harmonia axyridis* (PALLAS, 1773)  
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

**SELECTIVITY OF THIAMETHOXAM IN TREATMENT OF COTTON SEEDS FOR  
THE PREDATORS *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (NEUROPTERA:  
CHRYSOPIDAE) and *Harmonia axyridis* (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA:  
COCCINELLIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 10 de março de 2017.

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza - UFLA

Dra. Lenira Viana Costa Santa Cecília - EPAMIG Lavras

Dr. Luís Cláudio Paterno da Silveira- UFLA

Dr. Maurício Sérgio Zacarias - Embrapa Café

Dr. Geraldo Andrade Carvalho  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2017**

*Aos meus pais Giovanni e Maria Regina e à minha irmã Jéssica pelo amor incondicional, carinho, atenção, compreensão e por todo incentivo.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade concedida para realização do Doutorado.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho pela orientação, paciência, amizade, dedicação, compreensão e seus ensinamentos que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Aos colegas de laboratório pela harmoniosa convivência.

Àqueles que ajudaram na condução dos experimentos, Dyrson, Thaís, Lara e Brenda, sem a ajuda de vocês nada disso seria possível.

Ao Pablo pela preciosa ajuda nas análises estatísticas.

Ao Rodrigo pela amizade e companheirismo, também pela imensurável ajuda e parceria na condução dos ensaios. Rod nada seria possível sem seu apoio, muito obrigada!

Às amigas Amanda, Ana Luiza e Erika pela linda amizade, companheirismo, cumplicidade e por todos os momentos felizes que passamos nesses quatro anos.

À minha amiga Erika por simplesmente tudo. Muito obrigada!

À Eliana pelo suporte dado na realização dos experimentos.

A todos os colaboradores do Departamento de Entomologia, em especial à Elaine por toda ajuda e prontidão no fornecimento dos insetos utilizados nos experimentos.

À minha família por todo apoio, amor e carinho.

## RESUMO GERAL

Tiametoxam é um inseticida pertencente ao grupo dos neonicotinoides e tem sido utilizado no tratamento de sementes de algodoeiro *Gossypium hirsutum* para controle de pragas de solo e parte aérea nos seus estádios iniciais de desenvolvimento. Esse composto apresenta alta sistemicidade, podendo translocar por toda a planta e contaminar o pólen, néctar floral e extrafloral, e causar prejuízos aos inimigos naturais que se alimentam desses recursos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam sobre os predadores *Chrysoperla externa* e *Harmonia axyridis* quando larvas e adultos se alimentaram de néctar extrafloral de plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas ou não com esse composto. Foram realizados ensaios onde larvas ou adultos dos predadores foram acondicionados em gaiolas contendo uma planta de algodoeiro no estágio V2. Às larvas dos predadores foram ofertados ovos de *Ephesia kuehniella* e aos adultos, dieta artificial contendo levedo de cerveja e mel e como fonte de alimento complementar o néctar extrafloral das plantas de algodoeiro. Foram avaliados a sobrevivência, desenvolvimento e variáveis reprodutivas dos insetos expostos e de sua progênie. Das larvas de *C. externa* expostas (F0) ao néctar extrafloral contaminado ocorreu maior porcentagem de adultos faratos, sendo que os sobreviventes tiveram maior porcentagem de ovos inviáveis. Larvas da geração seguinte (F1) apresentaram maior tempo de desenvolvimento e deram origem a uma maior quantidade de adultos faratos, sendo que os sobreviventes também tiveram menor porcentagem de ovos viáveis. Adultos de *C. externa* expostos (F0) ao tiametoxam apresentaram menor viabilidade dos ovos; as larvas de sua progênie (F1) tiveram maior tempo de desenvolvimento e os adultos gerados a partir delas apresentaram menores médias de fecundidade e viabilidade dos ovos. Nos ensaios com *H. axyridis*, quando larvas (F0) foram expostas, observou-se apenas efeitos negativos transgeracionais, com menor sobrevivência das pupas da geração seguinte (F1). Fêmeas provenientes dos adultos expostos (F1) apresentaram menor peso e sua progênie (larvas) menor sobrevivência. Verificou-se que o tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam foi prejudicial para ambos os predadores. Foram observadas alterações no desenvolvimento e reprodução de *C. externa* tanto dos insetos que se alimentaram do néctar extrafloral contaminado com o inseticida como também nos insetos da geração seguinte, sendo que esses efeitos foram mais pronunciados na sua reprodução. Para *H. axyridis*, somente o desenvolvimento dos insetos foi prejudicado pelo tiametoxam, sendo que não foram observadas alterações na reprodução dos insetos expostos ao tratamento, nem mesmo em sua progênie. Salienta-se a necessidade de se investigar em condições de campo se tais efeitos se repetem e se são capazes de alterar a dinâmica populacional desses predadores.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L., inimigo natural, desenvolvimento e reprodução, inseticida sistêmico, manejo integrado de pragas.

## GENERAL ABSTRACT

Thiamethoxam is an insecticide belonging to the group of neonicotinoids and has been used in the treatment of cotton seeds *Gossypium hirsutum* to control soil and shoot pests in their early stages of development. This compound presents high systemicity, being able to translocate throughout the plant and contaminate the pollen, floral and extrafloral nectar and cause damage to the natural enemies that feed on these resources. The objective of this work was to evaluate the effect of the treatment of cotton seeds with thiamethoxam on the predators *Chrysoperla externa* and *Harmonia axyridis* when larvae and adults fed on extrafloral nectar of cotton plants from seeds treated or not treated with this compound. Tests were performed where larvae or adults of the predators were housed in cages containing a cotton plant in the V2 stage. Adults were fed on *Ephestia kuehniella* eggs and artificial diet containing beer yeast and honey, the insects also had extrafloral nectar from cotton plants as food supplement. Survival, development and reproductive variables of exposed insects and their progeny were evaluated. From the *C. externa* larvae exposed (F0) to contaminated extrafloral nectar, there was a higher percentage of adult farats, and the survivors had a higher percentage of nonviable eggs. Larvae of the next generation (F1) presented longer development time and gave rise to a larger number of adult farats, with the survivors also having a lower percentage of viable eggs. Adults of *C. externa* exposed (F0) presented lower egg viability; the larvae of their progeny (F1) showed longer development time and adults generated from them showed lower fecundity and egg viability. In the experiments with *H. axyridis*, when larvae (F0) were exposed, only transgenerational negative effects were observed, with lower survival of pupae of the next generation (F1). Females from exposed adults (F1) presented lower weight and their progeny (larvae) had lower survival. It has been found that the treatment of cotton seeds with thiamethoxam has been detrimental to both predators. Alterations were observed in the development and reproduction of *C. externa* of both, those that fed on extrafloral nectar contaminated with insecticide as well as the insects of the next generation, being these effects more pronounced in their reproduction. For *H. axyridis*, only the development of the insects was harmed by thiamethoxam, and no changes were observed in the reproduction of the insects exposed to the treatment, not even in their progeny. It is necessary to investigate under field conditions if such effects are repeated and if they are capable of changing the population dynamics of these predators.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., natural enemy, development and reproduction, systemic insecticide, integrated pest management.

## SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE .....	11
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Importância econômica e algumas características associadas ao algodoeiro .....	13
3.2 Controle de pragas do algodoeiro .....	14
3.3 Neonicotinoides: modo de ação e utilização no controle de pragas .....	15
3.4 Tratamento de sementes com neonicotinoides e suas implicações sobre inimigos naturais	17
3.5 Aspectos bioecológicos de <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)	18
3.6 Aspectos bioecológicos de <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae)	19
REFERÊNCIAS .....	20
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	26
ARTIGO 1 – SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES PARA O PREDADOR <i>Chrysoperla externa</i> (HAGEN, 1861) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE).....	26
RESUMO.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	32
4 RESULTADOS .....	33
5 DISCUSSÃO .....	36
6 CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS .....	40
ARTIGO 2 – SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES DE ALGODOEIRO PARA <i>Harmonia axyridis</i> (PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELIDAE) .....	44
RESUMO.....	44
1 INTRODUÇÃO.....	45
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	47

3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	50
4 RESULTADOS .....	50
5 DISCUSSÃO .....	54
6 CONCLUSÕES .....	57
REFERÊNCIAS .....	58
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L., pertence à família Malvaceae, apresentando-se como uma das mais importantes culturas de fibras no mundo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA, 2016). Plantas de algodoeiro apresentam cinco diferentes tipos de nectários que produzem secreções açucaradas, responsáveis pela atração de diversos organismos que as utilizam como fonte de alimento (GONTIJO et al., 2014; MONNERAT et al., 2000; MOSCARDINI et al., 2015; WÄCKERS; BONIFAY, 2004). Segundo Free (1970) e Stewart et al. (2010), o algodoeiro possui um nectário floral localizado na base interna do cálice floral e quatro nectários extraflorais, sendo que estão localizados na base externa do cálice da flor, na base do pedicelo logo abaixo das brácteas, na página inferior da folha próximo aos principais feixes de transporte de seiva, e finalmente, nectários diminutos localizados sobre os pedúnculos florais e em pecíolos foliares jovens.

Por apresentar abundância de recursos atrativos a diversos organismos, o algodoeiro sofre ataque de inúmeros insetos-praga que causam danos e exige a intervenção do produtor para promover a redução de suas populações a fim de se evitar prejuízos econômicos. Dentre as principais pragas que atacam a cultura, destacam-se o bicudo-do-algodoeiro, considerado praga-chave da cultura, pulgões, o curuquerê-do-algodoeiro, a lagarta-rosada e também o complexo de lagartas-das-maçãs (TORRES, 2008). Vale ressaltar também, a elevada incidência de outro lepidóptero, *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) que vem causando sérios danos à cultura nos últimos anos (LUONG et al., 2016).

Uma das principais táticas de controle dessas pragas é o uso de inseticidas químicos via pulverização, aplicação no solo e/ou tratamento de sementes. O desenvolvimento de novos produtos com modo de ação diferente daqueles convencionais é essencial para o manejo da resistência das pragas. Nos últimos anos destaca-se a utilização dos neonicotinoides, inseticidas de grande importância econômica mundial, que são aplicados em larga escala na agricultura, desde sua introdução no mercado na década de 1990 (SIMON-DELSO et al., 2015). Apresentam atividade sistêmica e alta eficiência no controle de insetos-praga, incluindo-se aqueles que desenvolveram resistência a outros grupos químicos de inseticidas como carbamatos, piretroides,

organofosforados dentre outros (JESCHKE et al., 2011; SIMON-DELISO et al., 2015; SPARKS, 2013).

Na cultura do algodoeiro destaca-se o tratamento de sementes com o neonicotinoide tiametoxam, utilizado de maneira profilática contra insetos-praga de solo. Além disso, por apresentar elevada sistemicidade, controla também insetos que atacam a parte aérea das plantas em seus estágios iniciais de desenvolvimento, como alguns sugadores e desfolhadores (SALAMA et al., 2006; SIMON-DELISO et al., 2015). A elevada sistemicidade do tiametoxam deve-se às suas características físico-químicas de alta solubilidade em água (4,1 g/L a 25<sup>0</sup> C) e baixo coeficiente de partição (log K<sub>ow</sub> de - 0,13 em pH de 6,8). Estas características permitem sua entrada na planta e sua perfeita translocação pelos tecidos. O tiametoxam atua no sistema nervoso central dos insetos como agonista de receptores nicotínicos pós-sinápticos da acetilcolina, causando a morte dos insetos por hiperexcitação (NAUEN et al., 2001; SIMON-DELISO et al., 2015).

Outro ponto a favor do tratamento de sementes como método de controle é a dose de inseticida utilizada. Nesse tipo de aplicação utiliza-se uma quantidade muito menor de inseticida compostos quando comparada à pulverização na parte aérea das plantas. O tratamento de sementes reduz o impacto negativo ao ambiente, o custo de produção e causa o mínimo de impacto sobre os insetos benéficos, uma vez que não há exposição direta desses organismos ao inseticida como ocorre nos métodos convencionais de aplicação. Esses fatos juntos colocam o tratamento de sementes como compatível com programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), podendo também, propiciar seletividade ecológica aos inimigos naturais (ALTMANN, 1990; DEGRANDE et al., 2002; HEATHERINGTON; BOLTON, 1992). Porém, poucos estudos têm sido realizados para avaliar o efeito do tratamento de sementes com neonicotinoides sobre os organismos não-alvo via exposição indireta, haja vista que esses compostos translocam-se pela planta, contaminando os recursos vegetais que são utilizados como fontes de alimento por muitos desses organismos (SAEED; RAZAQ; HARDY, 2016; SIMON-DELISO et al., 2015).

Insetos predadores como *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), constantemente encontrados na cultura do algodoeiro, são onívoros, alimentando-se tanto de presas quanto de recursos vegetais. O néctar extrafloral é um importante recurso para esses predadores, sendo consumido para suplementar a dieta, ou até mesmo como única fonte de alimento na ausência de suas presas no campo

(LIMBURG; ROSENHEIM, 2001; MOSER; OBRYCKI, 2009). Dessa forma, muitos predadores são expostos a inseticidas mesmo que de forma indireta por meio da alimentação de exsudatos contaminados, podendo ser afetados negativamente pela ação desses compostos (GONTIJO et al., 2014; 2015; MOSCARDINI et al., 2015). Com base no exposto acima, este trabalho objetivou avaliar os efeitos do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam sobre os predadores *C. externa* e *H. axyridis* quando estes têm como fonte complementar de alimento o néctar extrafloral de plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas com o inseticida.

## **2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar os efeitos do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam sobre *C. externa* e *H. axyridis* quando larvas e adultos (geração F0) foram expostos às plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas e tendo como fonte de alimento complementar o néctar extrafloral das plantas.
- Avaliar os efeitos do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam no desenvolvimento e reprodução da geração F1 dos predadores que foram expostos às plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas e tiveram como fonte de alimento complementar o néctar extrafloral dessas plantas.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Importância econômica e algumas características associadas ao algodoeiro**

A cotonicultura tem grande importância econômica mundial, uma vez que o algodão representa mais de 40% das fibras utilizadas para a fabricação de roupas, e mais de 60% dos insumos têxteis no Brasil e 65% nos Estados Unidos. Vale destacar também a importância econômica de subprodutos dessa cultura, como o caroço do algodão, utilizado na alimentação animal (REETZ et al., 2014). O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de algodão e a estimativa de produção de grãos para a safra 2016/17 é de 215,3 milhões de toneladas. O

crescimento deverá ser de 15,3% em relação à safra anterior, o que representa 28,6 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

Plantas de algodoeiro apresentam cinco diferentes tipos de nectários que produzem secreções açucaradas. Segundo Free (1970) e Stewart et al. (2010), o algodoeiro possui um nectário floral localizado na base interna do cálice da flor e cinco nectários extraflorais localizados na base externa do cálice da flor, na base do pedicelo logo abaixo das brácteas, na parte abaxial da folha próximo aos principais feixes de transporte de seiva e finalmente, nectários diminutos localizados sobre os pedúnculos florais e em pecíolos foliares jovens. A presença de nectários produzindo substâncias açucaradas é responsável pela atração de diversos organismos que as utilizam como fonte de alimento (MONNERAT et al., 2000).

Levantamentos de fauna realizados na cultura do algodoeiro mostram que o número de espécies associadas a essa cultura varia de centenas a pouco mais de mil, podendo chegar a 60 o número de insetos considerados pragas (COSTA et al., 2010; LUTTREL et al., 1994). O grande número de insetos pragas associados à cultura é capaz de causar danos diversos durante todo o crescimento da planta, uma vez que o algodoeiro é susceptível em quase todos os seus estádios de desenvolvimento. O ataque de pragas pode causar desde a redução na produtividade como também afetar diretamente as sementes e fibras, prejudicando sua comercialização (SANTOS, 1999; TORRES, 2008). Dentre as pragas associadas à cultura do algodoeiro destacam-se o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae), considerado praga-chave da cultura; pulgões, *Aphis gossypii* (Glover, 1877) e *Myzus persicae* (Sulzer, 1778) (Hemiptera: Aphididae); o curuquerê, *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta-rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae) e o complexo de lagartas-das-maçãs composto pelas espécies *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (TORRES, 2008). Salienta-se que nas últimas safras o algodoeiro têm sofrido ataques de outros lepidópteros, como *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808), *Spodoptera eridania* (Stoll, 1782) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) (LUONG et al., 2016).

### **3.2 Controle de pragas do algodoeiro**

Devido ao grande número de artrópodes pragas que atacam a cultura do algodoeiro, um conjunto de medidas de controle deve ser implementado com o objetivo de manter suas populações abaixo do nível de dano econômico. Normalmente, utilizam-se diferentes métodos de controle, como a manipulação genética de cultivares utilizando-se, por exemplo, cultivares transgênicas; controle biológico com a utilização de parasitoides, predadores e entomopatógenos; controle cultural, onde se realiza a destruição dos restos da cultura ao final do ciclo de cultivo; controle legislativo, onde é necessário respeitar o tempo de vazio sanitário; e por fim, o controle químico feito por meio de inseticidas e acaricidas, apresentando-se como uma das principais táticas de controle (ALMEIDA; DOMINGUES; RAMALHO, 2013). O grande número de aplicações de inseticidas necessárias para controlar pragas faz com que a cotonicultura seja uma das atividades agrícolas com maior custo de produção. Na safra de 2016/17, de todo o gasto com insumos agrícolas, 30,23% destinaram-se à compra de inseticidas (INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA - IMEA, 2017).

O algodoeiro abriga diversas espécies de artrópodes benéficos que desempenham papel importante no controle natural de populações de artrópodes pragas. Esses organismos podem ser divididos em dois grupos, predadores e parasitoides, os quais são de suma importância para a manutenção do equilíbrio populacional de pragas em lavouras (ALMEIDA; DOMINGUES; RAMALHO, 2013); entretanto, o método químico é necessário e muito utilizado na cultura algodoeira, devendo desta forma, ser compatibilizado com o controle biológico.

Nesse contexto, com a utilização constante de inseticidas visando ao controle de grande diversidade de artrópodes pragas, a seleção de populações resistentes aos produtos fitossanitários, bem como fenômenos de ressurgência de pragas e aparecimento de pragas secundárias tornam-se problemas constantes na cultura algodoeira. Assim, o desenvolvimento e utilização de novos produtos com modos de ação diferentes dos inseticidas convencionais tornam-se necessários para o manejo mais adequado de pragas em algodoeiro. Dentre as moléculas recentemente lançadas no mercado para o controle de pragas do algodoeiro destacam-se os neonicotinoides (JESCHKE et al., 2011).

### **3.3 Neonicotinoides: modo de ação e utilização no controle de pragas**

Os inseticidas pertencentes ao grupo químico dos neonicotinoides são considerados os mais importantes desde o surgimento dos piretroides sintéticos. Os neonicotinoides têm grande importância econômica, sendo registrados e comercializados em mais de 120 países. Nesse grupo químico estão os inseticidas mais efetivos no controle de insetos sugadores como pulgões, mosca-branca e tripes, além de gafanhotos, lepidópteros e vários coleópteros (JESCHKE; NAUEN, 2008). Das diversas culturas em que os neonicotinoides são utilizados, destacam-se os cultivos de algodão, soja, milho e arroz. A eficiência dos neonicotinoides no controle de pragas de diversas culturas deve-se ao seu modo de ação, suas propriedades físico-químicas e aos diferentes métodos de aplicação em que são utilizados (JESCHKE et al., 2011). No Brasil, são utilizados no tratamento de sementes das culturas de algodão, amendoim, arroz, batata, feijão, milho, soja e trigo (MAPA, 2017)

Esses inseticidas atuam no sistema nervoso central dos insetos, agindo como agonistas dos receptores nicotínicos de acetilcolina pós-sinápticos, mimetizando os neurotransmissores, interferindo na transmissão nervosa, causando morte dos insetos por hiperexcitação (JESCHKE et al., 2011; SIMON-DELSO et al., 2015). Sete neonicotinoides estão disponíveis no mercado, apresentando pequenas variações em suas moléculas: tiametoxam, imidacloprid, tiacloprid, nitempiram, acetamiprid, clotianidina e dinotefuran (JESCHKE et al., 2011). As moléculas de neonicotinoides comercializadas, tanto as cíclicas como as não cíclicas, apresentam excelente foto-estabilidade, fator significativo para o melhor desempenho desses inseticidas no campo, principalmente quando utilizados em aplicações foliares (ELBERT et al., 2008).

A eficiência dos neonicotinoides no controle de pragas relaciona-se também aos diferentes modos de aplicação em que podem ser utilizados. Parte dos produtos comercializados é utilizada em aplicações via pulverizações, porém, 60% são destinados ao tratamento de sementes e aplicação direta no solo (ELBERT; NAUEN, 2004). O que garante a eficácia dos neonicotinoides no controle de insetos sugadores por meio dessas técnicas de aplicação é a facilidade com que são absorvidos pelas raízes e por apresentarem boa distribuição translaminar (JESCHKE et al., 2011).

Dentre os neonicotinoides disponíveis no mercado, o tiametoxam é o segundo mais comercializado mundialmente, sendo aplicado no tratamento de sementes (JESCHKE et al., 2011). Na cultura do algodoeiro, o tratamento de sementes com essa molécula é realizado de maneira profilática contra artrópodes-praga de solo, controlando também aqueles que atacam a parte aérea nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas (SALAMA et al., 2006; SIMON-

DELISO et al., 2015). É muito eficiente no controle de pragas por possuir características físico-químicas que permitem sua entrada na planta e translocação pelos tecidos, uma vez que apresentam baixo peso molecular (291,7 g/mol), alta solubilidade em água (4,1 g/L a 25<sup>o</sup> C) e baixo coeficiente de partição (log K<sub>ow</sub> de -0,13 em pH de 6,8), conferindo ao tiametoxam elevada sistemicidade (NAUEN et al., 2001; SIMON-DELISO et al., 2015; YU, 2008). Em plantas de algodão, o tiametoxam após ser absorvido pelas folhas ou raízes e quando ingerido pelos insetos é rapidamente convertido em clotianidina, um neonicotinoide de cadeia aberta com propriedades diferentes, aumentando sua toxicidade (KARMAKAR; KULSHRESTHA, 2009; NAUEN et al., 2013; OHKAWARA et al., 2002).

### **3.4 Tratamento de sementes com neonicotinoides e suas implicações sobre inimigos naturais**

Os neonicotinoides podem ser utilizados nas culturas por meio de diferentes técnicas de aplicação, apresentando grande versatilidade de uso no campo (JESCHKE et al., 2011). No tratamento de sementes existem diferentes tecnologias de utilização dos neonicotinoides, podendo ser utilizado na forma de peletização das sementes, como revestimento em uma camada fina formada de sólidos dissolvidos ou suspensos em água (*film coating*) ou também em várias camadas (*multilayer coating*) (ELBERT et al., 2008). Essas tecnologias podem se apresentar como protetoras ao meio ambiente, uma vez que é utilizado um volume muito pequeno de inseticidas por unidade de área visando à proteção das plântulas contra o ataque de artrópodes pragas (ALTMANN, 2003; ELBERT et al., 2008). Dentre os inseticidas mais aplicados no tratamento de sementes de algodoeiro, cereais, dentre outras, destacam-se tiametoxam, imidacloprid e clotianidina (JESCHKE et al., 2011).

Em função da boa eficiência do tratamento de sementes com neonicotinoides no controle de pragas e devido à sua grande utilização pelos agricultores brasileiros, estudos visando avaliar os efeitos de compostos pertencentes a esse grupo químico sobre inimigos naturais vêm sendo realizados (GONTIJO et al., 2014; MOSCARDINI et al., 2014, 2015). Como apresentam elevada sistemicidade, os inseticidas utilizados no tratamento de sementes podem ser translocados até o pólen e néctar das plantas. Estes recursos alimentares são muito utilizados como fonte de água e nutrientes por polinizadores e inimigos naturais, podendo causar prejuízos ao seu desenvolvimento, contradizendo relatos a respeito do benefício da seletividade ecológica que o

tratamento de sementes proporciona aos organismos benéficos (JESCHKE et al., 2011; LAURENT; RATHAHAO, 2003; STONER; EITZER, 2012). Dessa forma, plantas de algodoeiro que desenvolvem a partir de sementes tratadas apresentam potencial fonte de exposição dos insetos benéficos aos inseticidas sistêmicos utilizados no tratamento de suas sementes. É conhecido que esses inseticidas podem estar presentes no néctar extrafloral das plantas, podendo causar efeitos negativos sobre organismos benéficos que os utilizam como fonte de alimento (DIVELY; KAMEL, 2012; EASTON; GOULSON, 2013; KRUPKE et al., 2012).

Estudos recentes já relataram uma série de efeitos negativos advindos da alimentação de exsudatos contaminados com inseticidas neonicotinoides provenientes do tratamento de sementes, sendo esses, não limitados apenas à mortalidade, mas também a efeitos subletais, que podem alterar a fisiologia e o desenvolvimento de organismos que sobrevivem à sua exposição (GONTIJO et al., 2014; MOSCARDINI et al., 2015). Os neonicotinoides podem influenciar negativamente também a reprodução, afetando a fertilidade, fecundidade, razão sexual, comportamento de alimentação (STARK; BANKS, 2003; STARK; RANGUS, 1994), capacidade de parasitismo (MOSCARDINI et al., 2014) e tempo para o reconhecimento do hospedeiro, bem como a longevidade e capacidade de locomoção dos inimigos naturais (WRIGHT; VERKERK, 1995).

### **3.5 Aspectos bioecológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**

Os crisopídeos têm ocorrência registrada nos mais diferentes agroecossistemas, sendo que o gênero *Chrysoperla* encontra-se difundido em áreas agrícolas cultivadas de quase todo o mundo (MONTES et al., 2007). O gênero abrange um grande número de espécies predadoras, destacando-se *C. externa* (FIGUEIRA; CARVALHO; SOUZA, 2000). As larvas desta espécie são predadoras vorazes durante todo o desenvolvimento, que consiste de três ínstaes. São generalistas, podendo se alimentar de grande variedade de presas como mosca-brancas, psilídeos, pulgões, cochonilhas, ovos e pequenas lagartas, além de alguns recursos vegetais como complemento nutricional (FONSECA; CARVALHO; SOUZA, 2000). Os adultos de *C. externa* não são predadores e utilizam recursos vegetais como pólen, néctar e néctar extrafloral como fontes de alimento. A presença desses recursos no campo é de grande importância para o desenvolvimento dessa espécie. Rosado (2007) verificou que a inclusão de néctar floral de trigo e

néctar extrafloral de mamona na dieta de *C. externa* propiciou considerável aumento na taxa de sobrevivência das larvas e adultos do predador.

O ciclo de vida de *C. externa* compreende as fases de ovo, de larva com três ínstaes, pupa e adulto. Cada fase de desenvolvimento, bem como as características reprodutivas e predatórias estão relacionadas com as condições de temperatura, umidade relativa, qualidade e quantidade de alimento (BEZERRA, 2004; MAIA et al., 2004; NUÑES, 1988). A duração do período embrionário é de 3,3 a 4,3 dias, variando de acordo com a temperatura (FIGUEIRA; CARVALHO; SOUZA, 2000; 2002; PRICIPI; CANARD, 1984). Larvas de *C. externa* criadas em laboratório e alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) sob condições controladas de temperatura a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas se desenvolveram em 11,46 dias (BONANI et al., 2009).

A fase de pré-pupa inicia-se quando a larva cessa a alimentação e inicia a construção de um casulo oval, formado por seda branca e amarelada, dentro do qual ocorre a última ecdise. Em seguida atinge o estágio de pupa, o qual tem duração média de 11,16 dias e termina com a emergência dos adultos. Estes normalmente apresentam vida longa, em torno de 90 dias, porém, sua longevidade pode ser influenciada diretamente por condições nutricionais e fatores ambientais que podem afetar também os períodos de pré-oviposição e oviposição (NUÑES, 1988).

### **3.6 Aspectos bioecológicos de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae)**

A joaninha-asiática *H. axyridis* apresenta grande potencial predatório de artrópodes pragas em diferentes culturas, principalmente em função da sua alta capacidade de busca e consumo de presas variadas, alimentando-se principalmente de pulgões. Dessa forma, tem sido utilizada como agente de controle biológico em várias culturas na América do Norte e Europa (MICHAUD, 2000; LANDIS et al., 2004; BERKVEN, 2008). É considerada na Ásia como um dos principais predadores de pulgões na cultura do algodoeiro (ALMEIDA; SILVA, 2002). Além de alimentar de outros insetos, *H. axyridis* alimenta-se também de tecidos e exsudatos de plantas (MOSER; HARWOOD; OBRYCKI, 2008), sendo este comportamento muito importante, pois aumenta significativamente a fecundidade e reduz o tempo de desenvolvimento e o canibalismo entre os

insetos (MOSER; OBRYCKI, 2009). No Brasil, a presença desse coccinelídeo foi observada pela primeira vez em 2002, na região Sul do país (ALMEIDA; SILVA, 2002).

*Harmonia axyridis* é uma espécie holometábola, passando pelas fases de ovo, de larva com quatro ínstar, pupa e adulto (HODEK, 1973). A duração de cada fase é variável de acordo com a temperatura, disponibilidade e qualidade de alimento. A fase de ovo foi de 4,3 dias em condições de campo com temperatura média de 23,3°C quando alimentada com pulgão *Monellia caryella* (Fitch, 1855) (Hemiptera: Aphididae) (LANZONI et al., 2004). Quando alimentadas com adultos de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) e ovos de *E. kuehniella*, em temperatura de 27°C, *H. axyridis* completou o período larval em 8,62 dias (SANTOS et al., 2009); quando receberam diariamente ovos de *E. kuehniella* e pólen, em temperaturas acima de 18°C até 30°C, a duração da fase larval variou de 15,9 a 31,0 dias. O período de pupa é de cerca de cinco dias quando *H. axyridis* se alimenta de pólen e ovos de *E. kuehniella* em condições de 25°C (ZAZYCKI et al., 2015).

Adultos também apresentam longevidade muito variável, dependente da temperatura e alimentação. Diferenças morfológicas são encontradas entre machos e fêmeas, destacando-se o tamanho dos mesmos, onde geralmente as fêmeas são maiores. Foi registrado comprimento de 4,7 a 6,6 mm por 3,7 a 5,0 mm de largura para as fêmeas, enquanto para os machos foi de 4,2 a 5,2 mm de comprimento por 3,3 a 4,3 mm o que reflete também em um menor peso dos machos em relação às fêmeas (ARRUDA FILHO, 2005).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. P.; DOMINGUES, C. A.; RAMALHO, F. S. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013. 59 p.

ALMEIDA, L. M.; SILVA, V. B. First record of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): a lady beetle native to the Palaearctic region. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 19, n. 3, p. 941-944, 2002.

ALTMANN, R. NTN 33893 a novel systemic insecticide offering new possibilities for control of leaf and soil insects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PESTS IN AGRICULTURE, 2., 1990, Versailles. **Proceedings...** Versailles, 1990. p. 4-6.

ALTMANN, R. Poncho: a new insecticidal seed treatment for the control of major maize pests in Europe. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v. 56, p. 102-110, 2003.

ARRUDA FILHO, G. P. **Morfologia e aspectos biológicos da joaninha asiática multicolorida *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) predador do pulgão preto dos citros *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera, Aphididae).** 2005. 69p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2016.

BEZERRA, G. C. D. **Aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae).** 2004. 75 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BERKVEN, N.; BONTE, J.; D.; TIRRY, L.; DE CLERCQ, P. Influence of diet and photoperiod on development reproduction European populations *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). In: ROY, H.E.; WAJNBURG, E. (Eds.). **From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species.** The Netherlands: Springer, 2008. p.211-221.

BONANI, J. P. et al. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 31-38, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** v. 4, safra 2016/17, quarto levantamento. Brasília: Conab, 2017. 160 p.

COSTA, L. L. et al. Diversidade e abundância de artrópodes predadores associados a diferentes cultivares de algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 483-490, 2010.

DEGRANDE, P. E. et al. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P. et al. (Eds.). **Controle biológico no Brasil.** São Paulo: Manole, 2002. p. 71-93.

DIVELY, G. P.; KAMEL, A. Insecticide residues in pollen and nectar of a cucurbit crop and their potential exposure to pollinators. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 18, p. 4449-4456, 2012.

EASTON, A. H.; GOULSON, D. The neonicotinoid insecticide imidacloprid repels pollinating flies and beetles at field-realistic concentrations. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 8, p. e54819, 2013.

ELBERT, A. et al. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, n. 6, p. 1099-1105, 2008.

ELBERT, A.; NAUEN, R. New applications for neonicotinoid insecticides using imidacloprid as an example. In: HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. (Eds.). **Insect pest management, field and protection crops.** Berlin: Springer, 2004. p. 29-44.

FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 319-326, 2000.

FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Influência da temperatura sobre alguns aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas com ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1439-1450, nov./dez. 2002.

FONSECA, A. R.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Resposta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 309-317, 2000.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. London: Academic, 1970. 544 p.

GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 87, n. 4, p. 711-719, 2014.

GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 4, p. 515-522, 2015.

HEATHERINGTON, P. J.; BOLTON, B. J. G. Pest control and crop establishment in sugar beet using an imidacloprid-based seedtreatment. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 32, p. 65-72, 1992.

HODEK, I. Life history and biological properties. In: \_\_\_\_\_. **Biology of Coccinellidae**. The Hague: W. Junk, 1973. p. 70-75.

INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Custo de produção algodão: safra 2016/2017**. Disponível em: <[http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410\\_CPAlgodao\\_03\\_2016.pdf](http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_CPAlgodao_03_2016.pdf)>. Acesso em: 9 fev. 2017.

JESCHKE, P. et al. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 7, p. 2897-2908, 2011.

JESCHKE, P.; NAUEN, R. Neonicotinoids: from zero to hero in insecticide chemistry. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, p. 1084-1098, 2008.

KARMAKAR, R.; KULSHRESTHA, G. Persistence, metabolism and safety evaluation of tiametoxam in tomato crop. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, p. 931-937, 2009.

KRUPKE, C. H. et al. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. **PloS One**, San Francisco, v. 7, p. e29268, Jan. 2012.

LANDIS, D.A.; FOX, T.B.; COSTAMAGNA, A.C. Impact of multicolored Asian lady beetle as a biological control agent. **American Naturalist**, v.50, p.153-154, 2004.

LANZONI, A. et al. Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata*, and *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 128, n. 4, p. 298-306, 2004.

LAURENT, F. M.; RATHAHAO, E. Distribution of [14C] imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 8005-8010, 2003.

LIMBURG, D. D.; ROSENHEIM, J. A. Extrafloral nectar consumption and its influence on survival and development of an omnivorous predator, larval *Chrysoperla plorabunda* (Neuroptera: Chrysopidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 30, n. 3, p. 595-604, 2001.

LUONG, T. T. A. et al. Oviposition site selection and survival of susceptible and resistant larvae of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) on Bt and non-Bt cotton. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 106, n. 6, p. 710-717, 2016.

LUTTREL, R. G. et al. Cotton pest management: part 1, a Worldwide perspective. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 39, p. 517-26, 1994.

MAIA, W. J. M. S. et al. Capacidade predatória e aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Homoptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1259-1268, 2004.

MICHAUD, J.P. Development and reproduction of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). **Biological Control**, v.18, p.287-297, 2000.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. **AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 17 jan. 2017.

MONNERAT, R. G. et al. **Criação massal do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* em laboratório**. Brasília, DF: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 46).

MONTES, S. M. N. M. et al. Levantamento de Chrysopidae (Neuroptera) em pessegueiros (*Prunus persica* L.) no oeste do estado de São Paulo. **Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 113-198, 2007.

MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of chlorantraniliprole and tiametoxam seed treatments when *Lysiphlebus testaceipes* feed on sunflower extrafloral nectar. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 59, n. 5, p. 503-511, 2014.

MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology**, New York, v. 24, n. 5, p. 1152-1161, 2015.

MOSER, S. E.; HARWOOD, J. D.; OBRYCKI, J. J. Larval feeding on Bt hybrid and non-Bt corn seedlings by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 37, p. 525-533, 2008.

MOSER, S. E.; OBRYCKI, J. J. Non-target effects of neonicotinoid seed treatments; mortality of coccinellid larvae related to zoophytophagy. **Biological Control**, Orlando, v. 51, n. 3, p. 487-492, 2009.

NAUEN, R. et al. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: ISHAAYA, I. (Ed.). **Biochemical sites in insecticides action and resistance**. New York: Springer, 2001. p. 77-105.

NAUEN, R. et al. Tiametoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 76, n. 2, p. 55-69, 2013.

NUÑES, Z. E. Ciclo biológico e criação de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomologia**, Lima, v. 31, p. 76-82, 1988.

OHKAWARA, Y. et al. Clothianidin: a novel broad spectrum neonicotinoid insecticide. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 2002, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2002. p. 51-58.

PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. **Biology of Chrysopidae**. The Hague: W. Junk, 1984.

REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro do algodão 2014**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2014. 136 p.

ROSADO, M. C. **Plantas favoráveis a agentes de controle biológicos**. 2007. 59 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SAEED, R.; RAZAQ, M.; HARDY, I. C. Impact of neonicotinoid seed treatment of cotton on the cotton leafhopper, *Amrasca devastans* (Hemiptera: Cicadellidae), and its natural enemies. **Pest Management Science**, Sussex, v. 72, n. 6, p. 1260-1267, 2016.

SALAMA, A. E. et al. Side effects of insecticidal treatments on six main predators commonly found in cotton fields. **Journal of Agricultural Sciences Mansoura University**, Mansoura, v. 31, n. 1, p. 429-439, 2006.

SANTOS, N. R. P. et al. Aspectos biológicos de *Harmonia axyridis* alimentada com duas espécies de presas e predação intraguildd com *Eriopsis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 6, p. 554-560, 2009.

SANTOS, W. J. dos. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: \_\_\_\_\_. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 101-116.

SIMON-DELSO, N. et al. Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, London, v. 22, n. 1, p. 5-34, 2015.

SPARKS, T. C. Insecticide discovery: an evaluation and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 107, n. 1, p. 8-17, 2013.

STARK, J. D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stark, v. 48, n. 1, p. 505-519, 2003.

STARK, J. D.; RANGUS, T. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on the pea aphid. **Pesticides Science**, Oxford, v. 41, p. 155-160, 1994.

STEWART, J. M. C. D. et al. **Physiology of cotton**. London: Springer, 2010. 563 p.

STONER, K. A.; EITZER, B. D. Movement of soil-applied imidacloprid and tiametoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, n. 6, p. 1-5, 2012.

TORRES, J. B. Controle de pragas do algodoeiro: expectativas de mudanças. **Ciência Agrícola**, Maceió, v. 8, p. 37-49, 2008.

WÄCKERS, F. L.; BONIFAY, C. How to be sweet?: extrafloral nectar allocation by *Gossypium hirsutum* fits optimal defense theory predictions. **Ecology**, Durham, v. 85, n. 6, p. 1512-1518, 2004.

WRIGHT, D. J.; VERKERK, R. H. J. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. **Pesticide Science**, Oxford, v. 44, p. 207-218, 1995.

YU, S. J. **The toxicology and biochemistry of insecticides**. Boca Raton: CRC, 2008. 276 p.

ZAZYCKI, L. C. F. et al. Biology and fertility life table of *Eriopsis connexa*, *Harmonia axyridis* and *Olla v-nigrum* (Coleoptera : Coccinellidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 75, n. 4, p. 969-973, 2015.

## SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

### ARTIGO 1 – SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE TIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES PARA O PREDADOR *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)

#### RESUMO

Os neonicotinoides apresentam-se como uma das classes de inseticidas mais utilizadas para o controle de pragas, sendo aplicado tanto por pulverizações convencionais quanto no tratamento de sementes. Tiametoxam pertence à classe dos neonicotinoides e devido à sua alta sistemicidade vem sendo amplamente utilizado no tratamento de sementes para controle tanto de pragas de solo e da parte aérea que atacam as plantas em seu período inicial de desenvolvimento. A elevada capacidade de translocação do tiametoxam pelos feixes vasculares das plantas faz com que este contamine pólen, néctar e néctar extrafloral que são utilizados como fonte de alimento por muitos organismos benéficos, dentre eles *Chrysoperla externa* (Hagen). Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam sobre o predador *C. externa*. Para os ensaios foram utilizadas plantas de algodoeiro no estágio V2, provenientes de sementes tratadas ou não com o inseticida e acondicionadas em gaiolas próprias. Larvas recém-eclodidas ou adultos de *C. externa* foram acondicionados nas gaiolas contendo uma planta de algodoeiro, e às larvas foram oferecidos ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) e aos adultos dieta artificial contendo levedo de cerveja e mel. O néctar extrafloral constituiu-se a única fonte de água dos insetos e também serviu de fonte complementar de alimento. Foram avaliados a sobrevivência, o desenvolvimento e características reprodutivas dos insetos expostos e de sua progênie. De larvas de *C. externa* expostas ao néctar extrafloral contaminado (F0) originaram maior porcentagem de adultos faratos, e os sobreviventes tiveram maior porcentagem de ovos inviáveis. Na geração seguinte (F1), as larvas apresentaram maior tempo de desenvolvimento. Quando adultos foram expostos (F0), estes apresentaram menor viabilidade de ovos; as larvas de sua progênie (F1) também apresentaram maior tempo de desenvolvimento e os adultos gerados tiveram menor fecundidade e viabilidade dos ovos. Dessa forma, o tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam prejudica o desenvolvimento e reprodução de *C. externa* quando larvas e adultos se alimentam de néctar extrafloral, causando efeitos negativos também sobre sua progênie.

**Palavras-chave:** Neonicotinoide, inimigo natural, desenvolvimento e reprodução, Manejo Integrado de Pragas.

**ARTICLE 1 – PHYSIOLOGICAL SELECTIVITY OF TIAMETOXAM IN SEED  
TREATMENT FOR THE PREDATOR *Chrysoperla externa* (HAGEN, 1861)  
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

**ABSTRACT**

Neonicotinoids are presented as one of the classes of insecticides most used for pest control, being applied by both conventional spraying and seed treatment. Thiamethoxam belongs to the class of neonicotinoids and due to its high systemicity has been widely used in the treatment of seeds to control both soil and shoot pests that attack the plants in their initial stages of development. The high capacity of translocation of thiamethoxam by vascular bundles of plants can contaminate pollen, nectar and extrafloral nectar that are used as food source by many beneficial organisms, among them *Chrysoperla externa* (Hagen). This study aimed to evaluate the effect of the treatment of cotton seeds with thiamethoxam on the predator *C. externa*. For the tests were used cotton plants in stage V2, from seeds treated or not with the insecticide housed in individual cages. Newly hatched larvae or adults of *C. externa* were housed in cages containing a cotton plant. Larvae were fed with *Ephestia kuehniella* (Zeller) eggs and the adults with artificial diet containing beer yeast and honey. Extrafloral nectar was the only source of water to the insects and also served as a complementary food source. The survival, development and reproductive characteristics of exposed insects and their progeny were evaluated. From *C. externa*, larvae exposed to contaminated extrafloral nectar (F0), originated a higher percentage of adult farats, and the survivors had a higher percentage of nonviable eggs. In the next generation (F1), the larvae showed longer development time. When adults were exposed (F0) presented lower viability of eggs; the larvae of their offspring (F1) also showed longer development time and the adults generated from them had lower fecundity and egg viability. Thus, the treatment of cotton seeds with thiamethoxam impairs the development and reproduction of *C. externa* when larvae and adults feed on extrafloral nectar, causing negative effects also on their progeny.

**Keywords:** Neonicotinoid, natural enemy, development and reproduction, integrated pest management.

## 1 INTRODUÇÃO

Os neonicotinoides são inseticidas neurotóxicos que atuam no sistema nervoso central dos insetos mimetizando neurotransmissores. Dessa forma, quando em baixas concentrações provocam hiperexcitação e em concentrações elevadas paralisia e morte dos insetos (SIMON-DELISO et al., 2015; TOMIZAWA; CASIDA, 2005). Esse grupo de inseticidas é amplamente utilizado na agricultura por meio de aplicações convencionais e tratamento de sementes visando ao controle de pragas de solo e da parte aérea (JESCHKE et al., 2010). Em função do baixo volume de produto utilizado, o tratamento de sementes apresenta uma série de vantagens quando comparado às tradicionais técnicas de aplicação de inseticidas, como redução do custo de aplicação, da contaminação ambiental por não ocorrer deriva e também por propiciar menor exposição do aplicador ao produto (SIMON-DELISO et al., 2015).

Tiametoxam pertence à classe dos neonicotinoides e é um inseticida de grande importância econômica mundial, pois é utilizado em larga escala na agricultura desde sua introdução no mercado na década de 1990 (SIMON-DELISO et al., 2015). Apresenta atividade sistêmica e alta eficiência no controle de insetos-praga, incluindo aqueles que desenvolveram resistência a outros grupos químicos, como carbamatos, piretroides e organofosforados (JESCHKE et al., 2010; SIMON-DELISO et al., 2015; SPARKS, 2013). O tiametoxam apresenta características físico-químicas intrínsecas como baixo peso molecular (291,7 g/mol), baixo coeficiente octanol-água ( $\log K_{ow}$  de -0,13 em pH de 6,8), e alta solubilidade em água (4,1 g L<sup>-1</sup> a 25°C) que permitem sua entrada na planta e perfeita translocação pelos tecidos (SIMON-DELISO et al., 2015). Essas características permitem que seja eficaz também no controle de insetos mastigadores (LANKA et al., 2013, 2014) e sugadores que atacam a parte aérea, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas (HUANG et al., 2015).

O algodoeiro é uma cultura em que o uso de tiametoxam no tratamento de sementes para controle de pragas é comum (ELBERT et al., 2008; HUSETH et al., 2016). A planta de algodoeiro apresenta em suas estruturas vegetativas e reprodutivas uma série de nectários extraflorais que produzem substâncias açucaradas (HAGEN, 1986). O néctar extrafloral é altamente nutritivo e utilizado por diversos insetos como fonte de água e alimento, destacando-se os crisopídeos (ELEFThERIOU; HALL, 1983; GONTIJO et al., 2014). Como outros grupos de inseticidas, os neonicotinoides podem também atuar de forma indireta sobre organismos não

alvos incluindo predadores, parasitoides, polinizadores e vertebrados, causando efeitos letais e subletais, prejudicando o desenvolvimento desses organismos que utilizam o pólen e ou o néctar contaminados como fontes alimentares (GONTIJO et al., 2014; LIMBURG; ROSENHEIM, 2001; SIMON-DELSO et al., 2015; STONER; EITZER, 2012).

*Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) é uma das espécies de crisopídeos de maior ocorrência natural em várias culturas de interesse econômico, incluindo o algodoeiro (GRAVENA; CUNHA, 1991; SOUZA; CARVALHO, 2002). Essa espécie é eficiente no controle biológico aplicado, uma vez que suas larvas são excelentes predadoras de ovos e pequenas lagartas (HOBALLAH et al., 2004; HAGERTY et al., 2005). A elevada taxa de reprodução, em conjunto com a boa tolerância das larvas ao manuseio (AUAD et al, 2003) além do fato de serem seletivos a diferentes moléculas inseticidas (SILVA et al., 2006; ZOTTI et al., 2016) são pontos favoráveis que contribuem para a utilização desse predador como agente de controle biológico aplicado em diversas culturas.

Devido à possível contaminação dos nectários extraflorais de plantas de algodoeiro com tiametoxam via tratamento de sementes, este trabalho objetivou avaliar seus efeitos sobre o desenvolvimento e reprodução de larvas e adultos do predador *C. externa* que tiveram como fonte de alimento néctar extrafloral das plantas provenientes de sementes tratadas com o inseticida e também sobre sua progênie.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção de plantas de algodoeiro**

Sementes de algodoeiro, (cultivar Monsanto Bollgard<sup>®</sup>), tratadas com tiametoxam (Cruiser<sup>®</sup> 350 FS; Syngenta Proteção de Cultivos LTDA, Paulínia, SP, Brasil) na dose de 600 mL/100 kg de semente e sem tratamento, foram obtidas comercialmente. O plantio e cultivo das plantas de algodoeiro foram realizados em casa de vegetação. As sementes foram introduzidas a 2 cm de profundidade em recipientes plásticos de 200 mL contendo uma mistura de solo e substrato comercial à base de vermiculita e matéria orgânica (Plantmax<sup>®</sup>) na proporção de 1:1. A quantidade de água utilizada na irrigação foi controlada para os dois tratamentos utilizando-se 50 mL de água ao dia. Esse volume manteve as plantas hidratadas e o solo úmido sem que houvesse escoamento, evitando a retirada do inseticida presente na semente tratada. Foram utilizadas nos

bioensaios plantas no estágio V2 (~15 dias após emergência), as quais apresentavam o primeiro par de folhas verdadeiras desenvolvido e os nectários extraflorais presentes.

## 2.2 Insetos utilizados nos bioensaios

Adultos de *C. externa* foram obtidos da criação de manutenção do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, MG. Os insetos foram mantidos em condições controladas de temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas (claro:escuro). Grupos de 40 adultos foram acondicionados em gaiolas de policloreto de vinila (PVC) (15 cm diâm. x 20 cm alt.), com a extremidade superior vedada com tecido *voile* e a inferior com plástico filme preso à gaiola com um elástico. A parede interna da gaiola foi revestida com papel filtro, servindo como substrato para oviposição. Foi ofertada dieta artificial composta por uma mistura homogênea de levedo de cerveja e mel 1:1 (v/v), distribuída em pedaços de Parafilm<sup>®</sup> no interior da gaiola com auxílio de fita adesiva. Água foi disponibilizada por meio de um chumaço de algodão umedecido e acondicionado em recipiente plástico de 50 mL, colocado no interior da gaiola. Este modelo de gaiola foi utilizado nos ensaios para avaliação das características reprodutivas de *C. externa*, variando somente o seu tamanho.

Os ovos de *C. externa* foram coletados a cada 48h cortando-se os seus pedicelos com auxílio de uma tesoura e colocados em uma nova gaiola de PVC (15 cm diâm. x 20 cm alt.), até a eclosão das larvas. Estas foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 cm diâm. x 8,5 cm alt.) e alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) *ad libitum*, obtidos comercialmente da empresa Insecta Agentes Biológicos, Lavras, MG, Brasil, até a formação das pupas. Após a emergência, os insetos foram transferidos para uma nova gaiola para acasalamento e produção da próxima geração. Para os bioensaios, foram utilizados insetos da terceira geração.

## 2.3 Exposição de larvas de *C. externa* aos tratamentos

Para cada tratamento, 50 larvas de *C. externa* recém-eclodidas, com 1-2 h de idade (geração maternal = F0), foram individualizadas em gaiolas de PVC transparentes (15 cm diâm. x 15 cm alt.), contendo uma planta de algodoeiro no estágio V2 oriunda de sementes tratadas com tiametoxam ou sem tratamento. A gaiola abrangeu somente a parte aérea da planta de algodoeiro, isolando o contato dos insetos com o solo. Os insetos foram mantidos em condições controladas

de temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas (claro:escuro). Durante todo o período larval, o néctar extrafloral foi a única fonte de água para as larvas. Tratando-se de um inseto predador, foram oferecidos ovos de *E. kuehniella* como complemento nutricional, considerando que somente o néctar não tem os nutrientes necessários para o completo desenvolvimento do inseto (HAGEN, 1986). Os ovos de *E. kuehniella* foram repostos a cada 48 h até a pupação das larvas. Após emergência, foram formados 10 casais para cada tratamento, os quais foram mantidos em gaiolas de PVC e alimentados conforme descrito na criação de *C. externa*.

Foram avaliadas a sobrevivência de larvas e pupas, duração do período larval e pupal, razão sexual utilizando a fórmula  $[\Sigma\text{♀}/\Sigma(\text{♀}+\text{♂})]$ , número de adultos emergidos e porcentagem de adultos mortos. As características reprodutivas foram avaliadas de acordo com a metodologia de Gontijo et al. (2014), onde foi avaliado o período de pré-oviposição, sendo a sobrevivência dos adultos e fecundidade das fêmeas medidas diariamente até que realizassem a décima postura. Para avaliação da viabilidade, foram coletados os ovos do terceiro, quinto e sétimo dias de oviposição de cada fêmea (os ovos do mesmo tratamento foram misturados retirando-se uma amostra) e individualizados em placas de ELISA<sup>®</sup> com 80 compartimentos até eclosão das larvas. O número de ovos avaliados variou de acordo com a oviposição de cada fêmea, utilizando-se o mínimo de 60 ovos por tratamento.

Trinta larvas da geração F1 provenientes das 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> posturas de fêmeas da geração maternal (F0) foram transferidas para placas de Petri (5 cm diâm. x 1,5 cm alt.) e alimentadas com ovos de *E. kuehniella ad libitum*, repostos a cada 48 até sua pupação. Após a emergência dos adultos provenientes dessas larvas, foi formado um mínimo de sete casais para cada tratamento, individualizados e avaliados até que as fêmeas realizassem a terceira postura. Foram avaliadas as mesmas características descritas acima para a geração F0 com exceção daqueles relacionados à reprodução, onde se avaliou a oviposição por três dias e a viabilidade dos ovos da terceira postura.

#### **2.4 Exposição de adultos de *C. externa* aos tratamentos**

Casais de *C. externa* obtidos da criação de manutenção de laboratório foram formados utilizando machos e fêmeas com até 24 h de idade (n = 25 casais por tratamento). Os casais da geração maternal (F0) foram acondicionados de forma individual em gaiolas como descrito no

ensaio de exposição das larvas, contendo dieta artificial e uma planta de algodoeiro oriunda de semente tratada com tiametoxam ou sem tratamento. O néctar extrafloral da planta de algodoeiro constituiu a única fonte de água para os insetos. Os insetos foram expostos às plantas por um período de oito dias em função do seu período de pré-oviposição e a sobrevivência dos adultos foi avaliada diariamente. Ao início da oviposição, cada casal foi transferido para uma gaiola de PVC como descrito na criação de manutenção de laboratório. Os ovos foram removidos diariamente e contabilizados. Durante toda a condução do bioensaio os insetos foram mantidos em condições controladas de temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas (claro:escuro).

As avaliações foram realizadas de acordo com Gontijo et al. (2014), onde a viabilidade dos ovos e desenvolvimento dos descendentes foram determinados como descrito no ensaio de exposição de larvas. O desenvolvimento das larvas eclodidas foi acompanhado até a emergência de adultos (F1), sendo avaliados a sobrevivência das larvas e pupas, períodos larval e pupal, razão sexual, número de adultos emergidos e porcentagem de adultos faratos.

Para avaliação dos possíveis efeitos dos inseticidas na geração F1, após a emergência dos adultos foram novamente formados no mínimo cinco casais por tratamento os quais foram individualizados em gaiolas de PVC como descrito na criação, porém, sem a presença da planta de algodoeiro. Avaliou-se a sobrevivência dos adultos, período de pré-oviposição, fecundidade nas três primeiras posturas e viabilidade dos ovos da terceira postura. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

### **3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

A normalidade e homocedasticidade dos dados dos bioensaios de larvas e adultos foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ( $\alpha = 0.05$ ), respectivamente. Dados não significativos para esses testes foram analisados pelo teste t de Student com amostras independentes ( $\alpha = 0.05$ ). Já os dados que violaram os pressupostos da análise paramétrica foram analisados usando o teste correspondente não paramétrico, Mann-Whitney ( $\alpha = 0.05$ ). Dados de proporção (razão sexual e sobrevivência de casais) foram submetidos ao teste de Qui-quadrado ou teste exato de Fisher ( $\alpha = 0.05$ ), quando o número de amostras (eventos) foi menor que cinco. Todos os dados foram analisados usando o programa SigmaPlot 12.0 (WASS, 2008).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Exposição de larvas**

A sobrevivência de larvas expostas às plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas com tiametoxam bem como as pupas produzidas não foi significativamente reduzida, porém, observou-se efeito negativo do tratamento de sementes na emergência dos adultos, havendo maior proporção de adultos faratos. Observou-se efeito na reprodução de *C. externa*, embora não tenham sido observadas alterações entre os tratamentos quanto aos períodos de pré-oviposição, oviposição e número de ovos por fêmea, constatou-se redução significativa da viabilidade dos ovos das fêmeas provenientes das larvas expostas às plantas de algodoeiro tratadas com tiametoxam (Tabela 1).

Efeitos transgeracionais também foram observados, uma vez que na geração subsequente (F1), o tratamento de sementes com tiametoxam prolongou o período pupal de *C. externa*, produziu o dobro de adultos faratos e menor viabilidade dos ovos das fêmeas provenientes das larvas expostas às plantas de algodoeiro tratadas com tiametoxam. A sobrevivência de larvas e pupas, desenvolvimento das larvas, número de adultos emergidos, razão sexual e as demais características reprodutivas avaliadas, não diferiram do tratamento controle (Tabela 1).

### **4.2 Exposição de adultos aos tratamentos**

A sobrevivência dos adultos de *C. externa* expostos às plantas de algodoeiro (F0) provenientes das sementes tratadas com tiametoxam não foi reduzida. O período de pré-oviposição e a fecundidade das fêmeas também não foram afetados negativamente pelo inseticida; entretanto, tiametoxam reduziu a viabilidade dos ovos uma vez que foi constatada maior porcentagem de ovos inviáveis para as fêmeas que se alimentaram do néctar extrafloral contaminado com inseticida (Tabela 2).

Tabela 1 – Média ( $\pm$  EP) das características biológicas de larvas de *Chrysoperla externa* expostas (geração F0) a plantas de algodoeiro (V2) provenientes de sementes tratadas e não tratadas com tiametoxam, desenvolvimento e variáveis reprodutivas de sua progênie (geração F1).

Características	Geração F0			Geração F1		
	Tratamento		P	Tratamento		P
	Controle	Tiametoxam		Controle	Tiametoxam	
<u>Período Larval<sup>1</sup></u>						
Sobrevivência (%)	91,5 $\pm$ 1,1	84,0 $\pm$ 1.8	0,42	89,9 $\pm$ 3.2	81,5 $\pm$ 7.7	0,34
Tempo de desenvolvimento (dias)	10,7 $\pm$ 0,1	10,6 $\pm$ 0.1	0,42	11,9 $\pm$ 0.1	11,6 $\pm$ 0.1	0,20
<u>Período de pupa</u>						
Sobrevivência (%)	95,5 $\pm$ 0,9	98,0 $\pm$ 0.6	0,54	100	100	-
Tempo de desenvolvimento (dias)	10,8 $\pm$ 0,2	10,9 $\pm$ 0.1	0,50	11,9 $\pm$ 0.1	12,3 $\pm$ 0.1	0,03*
<u>Desenvolvimento Larva-adulto</u>						
Sobrevivência (%)	87,5 $\pm$ 4.6	82,0 $\pm$ 5.5	0,54	89,9 $\pm$ 3.2	81,5 $\pm$ 7.7	0,34
Tempo de desenvolvimento (dias)	21,6 $\pm$ 0.2	21,5 $\pm$ 0.2	0,74	23,8 $\pm$ 0.1	23,9 $\pm$ 0.2	0,72
Adultos faratos (%)	15,8 $\pm$ 4.7	32,0 $\pm$ 7.5	0,04*	8,7 $\pm$ 3.9	21,6 $\pm$ 5.1	0,03*
Nº. Adultos emergidos	35	28		41	33	
Razão sexual (Proporção de fêmeas)	0,40 $\pm$ 0.08	0,54 $\pm$ 0.09	0,41	0,49 $\pm$ 0.08	0,55 $\pm$ 0.09	0,79
<u>Características Reprodutivas</u>						
Nº de casais formados	8	10		18	14	
Período de pré-oviposição <sup>2</sup> (dias)	6,0 $\pm$ 0.2	6,3 $\pm$ 0.2	0,26	4,1 $\pm$ 0.1	4,4 $\pm$ 0.1	0,18
Fecundidade <sup>3</sup> (ovos/fêmea)	125,9 $\pm$ 10.0	132,5 $\pm$ 14.2	0,72	55,8 $\pm$ 4.3	54,2 $\pm$ 4.7	0,83
Viabilidade de ovos <sup>4</sup> (%)	89,3 $\pm$ 2.1	68,3 $\pm$ 1.6	0,01*	93,8 $\pm$ 1.9	85,9 $\pm$ 2.1	0,01*
<u>Sobrevivência dos casais<sup>5</sup> (%)</u>						
Fêmeas	100	60,0 $\pm$ 16.3	0,09	100	100	-
Machos	87,5 $\pm$ 12.5	90,0 $\pm$ 10.0	1,00	100	100	-

<sup>1</sup>n = 50 larvas por tratamento. Na geração F1 foram usadas larvas da 3<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> posturas provenientes da geração F0. <sup>2</sup>Número de dias da copula até a primeira oviposição. <sup>3</sup>Geração F0 = número de ovos em 10 posturas consecutivas. = número de ovos nas 3 primeiras posturas consecutivas. <sup>4</sup> Geração F0 = viabilidade dos ovos da 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> posturas. Geração F1 = = viabilidade da 3<sup>a</sup> postura. <sup>5</sup> Sobrevivência acumulada da emergência ao final da décima postura para F0 e até o final da terceira para F1. \*Médias com diferenças significativas na linha ( $\alpha = 0.05$ ). (–) indicam ausência de análises.

Tabela 2 – Média ( $\pm$  EP) das características biológicas de adultos de *Chrysoperla externa* expostos (geração F0) a plantas de algodoeiro (V2) provenientes de sementes tratadas e não tratadas com tiametoxam, desenvolvimento e variáveis reprodutivas de sua progênie (geração F1).

Geração	Características	Tratamento		P
		Controle	Tiametoxam	
Geração F0 - Larvas expostas	<u>Características Reprodutivas</u>			
	Nº de casais formados	24	24	
	Período de pré-oviposição <sup>1</sup> (dias)	5,0 $\pm$ 0.0	5,2 $\pm$ 0.2	0,09
	Fecundidade <sup>2</sup> (ovos/fêmea)	114,9 $\pm$ 14.8	136,5 $\pm$ 9.7	0,37
	Viabilidade de ovos <sup>3</sup> (%)	97,7 $\pm$ 1.3	90,1 $\pm$ 2.3	< 0,01*
	<u>Sobrevivência dos casais<sup>4</sup> (%)</u>			
	Fêmeas	91,7 $\pm$ 5.8	95,8 $\pm$ 4.2	0,91 <sup>d</sup>
Machos	83,3 $\pm$ 7.8	70,8 $\pm$ 9.5	0,49	
Geração F1	<u>Período Larval<sup>5</sup></u>			
	Sobrevivência (%)	82,9 $\pm$ 4.2	75,7 $\pm$ 2.9	0,19
	Tempo de desenvolvimento (dias)	11,6 $\pm$ 0.1	12,0 $\pm$ 0.1	0,01*
	<u>Período de pupa</u>			
	Sobrevivência (%)	96,4 $\pm$ 2.3	94,3 $\pm$ 4.1	0,99
	Tempo de desenvolvimento (dias)	12,6 $\pm$ 0.1	12,5 $\pm$ 0.1	0,20
	<u>Desenvolvimento Larva-adulto</u>			
	Sobrevivência (%)	81,4 $\pm$ 4.6	71,4 $\pm$ 4.0	0,13
	Tempo de desenvolvimento (dias)	24,2 $\pm$ 0.1	24,3 $\pm$ 0.3	0,06
	Adultos faratos (%)	10,3 $\pm$ 3.9	3,8 $\pm$ 2.5	0,23
	Nº. Adultos emergidos	51	47	
	Razão sexual (Proporção de fêmeas)	0,53 $\pm$ 0.07	0,62 $\pm$ 0.07	0,50
	<u>Características reprodutivas</u>			
	Nº de casais formados	18	21	-
Período de pré-oviposição <sup>1</sup> (dias)	4,13 $\pm$ 0.07	4,12 $\pm$ 0.08	0,96	
Fecundidade <sup>6</sup> (ovos/fêmea)	54,68 $\pm$ 3,24	43,42 $\pm$ 4,30	0,04*	
Viabilidade de ovos <sup>7</sup> (%)	97,50 $\pm$ 0,92	91,82 $\pm$ 2,98	0,02*	
<u>Sobrevivência dos casais<sup>8</sup> (%)</u>				
Fêmeas	100	100	-	
Machos	100	100	-	

<sup>1</sup> Número de dias da copula até a primeira oviposição <sup>2</sup> número de ovos em 10 posturas consecutivas. <sup>3</sup> viabilidade dos ovos da 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> posturas. <sup>4</sup> Sobrevivência acumulada do primeiro dia de exposição ao final da décima postura <sup>5</sup> n = 70 larvas por tratamento (10 por repetição) provenientes da 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> posturas da geração F0 <sup>6</sup> Número de ovos nas três primeiras posturas consecutivas. <sup>7</sup> viabilidade dos ovos da 3<sup>a</sup> postura; <sup>8</sup> Sobrevivência acumulada da emergência ao final da terceira postura \*Médias com diferenças significativas na linha ( $\alpha = 0.05$ ). (-) indicam ausência de análises.

A exposição dos adultos ao néctar extrafloral das plantas de algodoeiro tratadas com tiametoxam também ocasionou efeitos transgeracionais. Observou-se que as larvas (F1) provenientes dos adultos expostos às plantas de algodoeiro cujas sementes foram tratadas com tiametoxam apresentaram maior tempo de desenvolvimento em relação ao tratamento controle. As pupas provenientes dessas larvas apresentaram desenvolvimento normal e sem alterações na sobrevivência ou tempo de desenvolvimento. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao período larva-adulto, sobrevivência dos adultos, porcentagem de adultos faratos e razão sexual dos mesmos. Entretanto foram observadas menor fecundidade e viabilidade dos ovos das fêmeas da geração F1, oriundas dos insetos da geração maternal (F0) que foram expostos ao néctar extrafloral das plantas de algodoeiro tratadas com tiametoxam, prejudicando a reprodução de *C. externa* (Tabela 2).

## 5 DISCUSSÃO

O tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam afeta negativamente o desenvolvimento e reprodução de *C. externa* que utiliza o néctar extrafloral dessas plantas como fonte de alimento. Foram observados efeitos subletais sobre *C. externa* quando larvas e adultos foram expostos a plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas com tiametoxam.

No presente estudo, tanto larvas quanto adultos de *C. externa* foram observados constantemente na parte abaxial das folhas das plântulas de algodoeiro (observação pessoal), local onde se encontram os nectários extraflorais. Essas observações e os resultados obtidos nos ensaios indicam que *C. externa* também utiliza néctar extrafloral do algodoeiro como complemento nutricional mesmo quando outras fontes alimentares estão presentes, uma vez que ovos de *E. kuehniella* e dieta artificial foram oferecidos *ad libitum* às larvas e adultos, respectivamente, e os insetos foram observados se alimentado também desses recursos. Limburg e Rosenheim (2001) verificaram que larvas de *Chrysoperla plorabunda* (Fitch) (Neuroptera: Chrysopidae) se alimentam de néctar extrafloral do algodoeiro, utilizando-o como complemento nutricional ou até mesmo como fonte principal de alimento quando a densidade de presas era baixa.

Estudos em laboratório objetivando avaliar a ação de neonicotinoides (imidacloprid e tiametoxam) utilizados no tratamento de sementes têm demonstrado que esse grupo químico pode

afetar de forma negativa o desenvolvimento de diversos inimigos naturais que se utilizam do néctar extrafloral proveniente dessas plantas como alimento, dentre eles os predadores *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (GONTIJO et al., 2015), *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1835) (Neuroptera: Chrysopidae) (GONTIJO et al., 2014), os coccinelídeos *Coleomegilla maculata* (DeGeer, 1775) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville, 1842) (Coleoptera: Coccinellidae) (MOSCARDINI et al., 2015), e também parasitoides como *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera: Braconidae) (MOSCARDINI et al., 2014). Alguns trabalhos têm demonstrado a alta sistemicidade do tiametoxam (LANKA et al., 2014; STONER; EITZER, 2012), e conseqüentemente a contaminação de recursos alimentares como néctar extrafloral, que são utilizados como fonte de alimento por polinizadores em diversas espécies de plantas (GIROLAMI et al., 2009).

No presente estudo, quando larvas e adultos de *C. externa* foram expostos às plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas com tiametoxam, foi observada maior proporção de adultos faratos, redução da viabilidade dos ovos e maior tempo de desenvolvimento de larvas provenientes dos adultos expostos. Estes resultados indicam que o consumo de néctar extrafloral contaminado com tiametoxam é capaz de causar distúrbios fisiológicos em *C. externa*. Inseticidas em geral necessitam atravessar barreiras dos insetos como o tegumento e células do intestino para chegar à hemolinfa e circular junto a ela até atingir seus sítios de ação. Assim, após ingestão e /ou penetração, digestão e absorção de néctar extrafloral contaminado com inseticidas, estes são capazes de bloquear processos bioquímicos e fisiológicos e causar impactos negativos na sobrevivência, desenvolvimento, reprodução e comportamento dos inimigos naturais (DELPUECH; MEYET, 2003; GONTIJO et al., 2014; HAYNES, 1988).

Levando-se em consideração os efeitos subletais dos inseticidas, estes podem estar relacionados à malformação durante os estágios de desenvolvimento dos insetos, podendo dessa forma prejudicar sua eficiência como inimigo natural. Qi, Gordon e Gimme (2001) verificaram que larvas e adultos do predador *Mallada signatus* (Schneider, 1851) (Neuroptera: Chrysopidae) apresentaram malformações nos órgãos internos quando predaram lagartas de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com óleo de nim *Azadirachta indica* (Meliaceae). Williams, Valle e Viuela (2003) constataram que o inseticida spinosad é capaz de acumular-se no ovário do parasitoide *Hyposoter didymator* (Thunberg, 1822) (Hymenoptera: Ichneumonidae), indicando efeito subletal desse inseticida, uma vez que a

fecundidade e tamanho dos insetos foram afetados negativamente. Efeitos subletais de inseticidas podem também alterar a razão sexual, fertilidade e longevidade de insetos benéficos, a exemplo de *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) (FERNANDES et al., 2008).

Dentre os efeitos negativos observados na fase adulta de *C. externa* neste estudo, destacam-se a elevada proporção de adultos faratos e a redução da viabilidade dos ovos. Essas alterações em conjunto podem causar redução da população desse inimigo natural em condições de campo, pois, um grande número de insetos faratos e menor viabilidade de ovos implicam em menor quantidade de adultos progenitores viáveis, e conseqüentemente menor quantidade de insetos na geração seguinte.

Adultos de *C. carnea* expostos a segmentos de caule de plantas de girassol cujas sementes foram tratadas com tiametoxam e clorantroliprole apresentaram sobrevivência e fecundidade reduzidas, com efeitos mais pronunciados no tratamento à base de tiametoxam. Dessa forma, como o tratamento de sementes de girassol com tiametoxam prejudica a reprodução de *C. carnea*, os autores levantaram a hipótese de que o inseticida pode comprometer a permanência da espécie na cultura, podendo afetar também de forma negativa a eficiência do controle biológico devido a um menor número de predadores presentes (GONTIJO et al., 2014). Seagraves e Lundgren (2012) estudando a diversidade de inimigos naturais, verificaram menor quantidade de insetos adultos de *Chrysoperla* sp. e *Nabis americanoferus* (Carayon) (Hemiptera: Nabidae) em cultivos de soja nos quais as sementes foram tratadas com neonicotinoides. Foi observado por Saeed, Razaq e Hardy (2016) que o tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam reduziu a abundância de artrópodes benéficos no campo de produção em aproximadamente 66,7%.

A proporção de adultos faratos decorrente da exposição de larvas e adultos às plantas de algodoeiro oriundas de sementes tratadas com tiametoxam pode ser resultado de distúrbios neurológicos causados pelo inseticida, alterando o mecanismo de controle da metamorfose de *C. externa*. Os neonicotinoides, em especial o tiametoxam, atuam no sistema nervoso central mimetizando neurotransmissores e alterando a transmissão neural, podendo interferir em processos importantes do desenvolvimento (SIMON-DELISO et al., 2015). Uma das formas de atuação do tiametoxam é na redução dos níveis da proteína sinapsina, a qual está presente nas membranas pré e pós-sinápticas dos neurônios, regulando a disponibilidade de vesículas sinápticas para exocitose e a liberação de neurotransmissores, influenciando diretamente o funcionamento do sistema nervoso central dos insetos (HILFIKER et al., 1999).

Estudos com abelhas *A. mellifera* demonstraram que a exposição a doses subletais de tiametoxam pode alterar os níveis de sinapsina durante seu desenvolvimento, podendo inviabilizar a sobrevivência do inseto (TAVARES, 2015). A transformação de tiametoxam em clotianidina tanto nas plantas quanto no próprio corpo do inseto, também pode ter contribuído para os resultados encontrados. Em plantas de algodoeiro, o tiametoxam é rapidamente convertido em clotianidina (KARMAKAR; KULSHRESTHA, 2009; NAUEN et al., 2013), um neonicotinoide de cadeia aberta com propriedades diferentes (OHKAWARA et al., 2002), apresentando-se como potencializador da atividade inseticida do tiametoxam quando aplicado via solo e absorvido pelas plantas (NAUEN et al., 2013).

A exposição de inimigos naturais a baixas doses de inseticidas também pode prejudicar o seu desenvolvimento por meio de efeitos fisiológicos subletais na alimentação, longevidade e fecundidade (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007), podendo também se estender para gerações seguintes (LIANG et al., 2012; WANG et al., 2017; XIAO et al., 2015).

No presente estudo foram observados apenas efeitos subletais quando larvas e adultos de *C. externa* foram expostos a plantas de algodoeiro provenientes do tratamento de sementes com tiametoxam. Dessa forma, a ausência de efeitos agudos tóxicos pode ser consequência do baixo consumo de néctar extrafloral devido à oferta de outras fontes alimentares oferecidas *ad libitum* aos insetos durante o tempo de exposição. Sendo assim, os efeitos do tratamento de sementes com tiametoxam sobre *C. externa* observados no presente estudo podem estar subestimados se levada em consideração a falta de presas no campo. Assim, a maior utilização desse recurso pelo predador pode aumentar a concentração de inseticida ingerido e consequentemente sua toxicidade. O crisopídeo *C. externa*, dentre outros predadores, são em sua grande maioria insetos onívoros e necessitam consumir açúcares como néctar, seiva e néctar extrafloral para garantir energia suficiente para suas necessidades fisiológicas (LIMBURG; ROSENHEIM, 2001; LUNDGREN et al., 2010). Sendo o néctar extrafloral rico em açúcares e pobre em proteínas, foi observado que larvas de *C. plorabunda* reduzem o consumo de néctar extrafloral à medida que a oferta de presas aumenta (LIMBURG; ROSENHEIM, 2001).

## 6 CONCLUSÕES

A contaminação do néctar extrafloral de plantas de algodoeiro via tratamento de sementes com tiametoxam provoca efeitos negativos no desenvolvimento e reprodução de *C. externa* quando larvas e adultos se alimentam desse recurso, prejudicando também a sua progênie.

## REFERÊNCIAS

- AUAD, A.M., et al. Biological aspects of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on eggs and larvae of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 106-111, 2003.
- DELPUECH, J. M.; MEYET, J. Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp (*Trichogramma brassicae*) surviving the insecticide chlorpyrifos. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 45, p. 203-208, 2003.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, n. 1, p. 81-106, 2007.
- ELBERT, A. et al. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, n. 6, p. 1099-1105, 2008.
- ELEFThERIOU, E. P.; HALL, J. L. The extrafloral nectaries of cotton: I, fine-structure of the secretory papillae. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 139, p. 103-119, 1983.
- FERNANDES, M. E. S. et al. Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. **Sociobiology**, Chicago, v. 51, p. 765-774, 2008.
- GIROLAMI, V. et al. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 102, n. 5, p. 1808-1815, 2009.
- GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 87, n. 4, p. 711-719, 2014.
- GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 4, p. 515-522, 2015.
- GRAVENA, S.; CUNHA, H.P. Predation of cotton leafworm first instar larvae, *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomophaga**, 36: 481-491, 1991.
- HAGEN, K. S. Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In: BOETHEL, D. J.; EIKENBARY, R. D. (Ed.). **Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects**. New York: Wiley, 1986. p. 151-197.

- HAGERTY, A. M., et al. Predaceous arthropods and lepidopteran pests on conventional, Bollgard, and Bollgard II cotton under untreated and disrupted conditions. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 34, p. 105-114, 2005.
- HAYNES, K. F. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 33, p. 149-168, 1988.
- HILFIKER, S. et al. Synapsins as regulators of neurotransmitter release. **The Royal Society**, London, v. 354, p. 269-279, 1999.
- HOBALLAH, M.E., et al. Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 6, p. 83-88, 2004.
- HUANG, L. et al. Effects of imidacloprid and tiametoxam as seed treatments on the early seedling characteristics and aphid-resistance of oilseed rape. **Journal of Integrative Agriculture**, Shanghai, v. 14, n. 12, p. 2581-2589, 2015.
- HUSETH, A. S. et al. *Frankliniella fusca* resistance to neonicotinoid insecticides: an emerging challenge for cotton pest management in the eastern United States. **Pest Management Science**, Sussex, v. 72, n. 10, p. 1934-1945, 2016.
- JESCHKE, P. et al. Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids (dagger). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 7, p. 1-7, 2010.
- KARMAKAR, R.; KULSHRESTHA, G. Persistence, metabolism and safety evaluation of tiametoxam in tomato crop. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, p. 931-937, 2009.
- LANKA, S. K. et al. Activity of chlorantraniliprole and tiametoxam seed treatments on life stages of the rice water weevil as affected by the distribution of insecticides in rice plants. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 2, p. 338-344, 2014.
- LANKA, S. K. et al. Systemic effects of tiametoxam and chlorantraniliprole seed treatments on adult *Lissorhoptus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae) in rice. **Pest Management Science**, Sussex, v. 69, n. 2, p. 250-256, 2013.
- LIANG, P. et al. Short-term and transgenerational effects of the neonicotinoid nitenpyram on susceptibility to insecticides in two whitefly species. **Ecotoxicology**, New York, v. 21, p. 1889-1898, 2012.
- LIMBURG, D. D.; ROSENHEIM, J. A. Extrafloral nectar consumption and its influence on survival and development of an omnivorous predator, larval *Chrysoperla plorabunda* (Neuroptera: Chrysopidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 30, n. 3, p. 595-604, 2001.

- LUNDGREN, J. G. et al. The effects of diet on herbivory by a predaceous lady beetle. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 21, n. 1, p. 71-74, 2010.
- MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of chlorantraniliprole and tiametoxam seed treatments when *Lysiphlebus testaceipes* feed on sunflower extrafloral nectar. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 59, n. 5, p. 503-511, 2014.
- MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology**, New York, v. 24, n. 5, p. 1152-1161, 2015.
- NAUEN, R. et al. Tiametoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 76, n. 2, p. 55-69, 2013.
- OHKAWARA, Y. et al. Clothianidin: a novel broad spectrum neonicotinoid insecticide. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 2002, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2002. p. 51-58.
- QI, B. Y.; GORDON, G.; GIMME, W. Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, Orlando, v. 22, p. 185-190, 2001.
- SAEED, R.; RAZAQ, M.; HARDY, I. C. Impact of neonicotinoid seed treatment of cotton on the cotton leafhopper, *Amrasca devastans* (Hemiptera: Cicadellidae), and its natural enemies. **Pest Management Science**, Sussex, v. 72, n. 6, p. 1260-1267, 2016.
- SEAGRAVES, M. P.; LUNDGREN, J. G. Effects of neonicotinoid seed treatments on soybean aphid and its natural enemies. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 85, n. 1, p. 125-132, 2012.
- SILVA, R. A.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; REIS, P. R.; SOUZA, B.; PEREIRA, A. M. A. R. Ação de produtos fitossanitários utilizados em cafeeiro sobre pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 8-14, 2006.
- SIMON-DELISO, N. et al. Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, London, v. 22, n. 1, p. 5-34, 2015.
- SOUZA, B.; CARVALHO, C. F. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v. 48, n. 2, p. 301-310, 2002.
- SPARKS, T. C. Insecticide discovery: an evaluation and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 107, n. 1, p. 8-17, 2013.
- STONER, K. A.; EITZER, B. D. Movement of soil-applied imidacloprid and tiametoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, n. 6, p. 1-5, 2012.

- TAVARES, D. A. **Avaliação bioquímica e imunohistoquímica dos efeitos subletais do tiametoxam sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)**. 2015. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.
- TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, Palo Alto, v. 45, p. 247-268, 2005.
- WANG, S. et al. Sublethal and transgenerational effects of short-term and chronic exposures to the neonicotinoid nitenpyram on the cotton aphid *Aphis gossypii*. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 90, n. 1, p. 389-396, Feb. 2017.
- WASS, J. A. SYSTAT 12: Now more stats and graphs, less effort. **Scientific Computing**, v. 25 n. 6, p. 25, 2008.
- WILLIAMS, T.; VALLE, J.; VIUELA, E. Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies? **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 13, p. 459-475, 2003.
- XIAO, D. et al. Assessment of sublethal and transgenerational effects of pirimicarb on the wheat aphids *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*. **PLoS One**, San Francisco, v. 10, June 2015. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0128936>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- ZOTTI, J.M. et al. Comparative effects of insecticides with different mechanisms of action on *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Lethal, sublethal and dose-response effects. **Insect Science**, v. 20, n.6, p.743–752, 2013.

**ARTIGO 2 – SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE TIAMETOXAM EM  
TRATAMENTO DE SEMENTES DE ALGODOEIRO PARA *Harmonia axyridis*  
(PALLAS, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELIDAE)**

**RESUMO**

*Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) é um predador onívoro, voraz, com grande capacidade de busca que se alimenta de grande variedade de presas e também de recursos vegetais, como néctar extrafloral. Este recurso apresenta-se como fonte de contaminação indireta desse predador por inseticidas utilizados no tratamento de sementes, dentre eles o neonicotinoide sistêmico tiametoxam. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de algodoeiro *Gossypium hirsutum* com tiametoxam sobre o predador *H. axyridis* quando larvas e adultos se alimentaram de néctar extrafloral de plantas de algodoeiro provenientes de sementes tratadas com esse composto e também sobre a progênie desses insetos. Larvas e adultos de *H. axyridis* foram expostos às plantas de algodoeiro no estágio V2 provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. Foram avaliados a sobrevivência, desenvolvimento e variáveis reprodutivas dos insetos expostos e de sua progênie. Quando larvas (F0) foram expostas, observou-se apenas efeitos negativos transgeracionais, manifestando por meio de menor sobrevivência das pupas da geração seguinte (F1). Quando adultos foram expostos, os efeitos negativos foram mais pronunciados em fêmeas provenientes das larvas (F0) expostas ao tratamento, as quais apresentaram menor peso e as larvas provenientes dessas fêmeas (F1) menor sobrevivência. Verificou-se que o tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam foi prejudicial o predador *H. axyridis*, afetando de forma negativa seu desenvolvimento, porém, sem causar interferência na reprodução.

Palavras-chave: Neonicotinoide, desenvolvimento e reprodução, manejo integrado de pragas, nectário extrafloral.

**ARTICLE 2 – PHYSIOLOGICAL SELECTIVITY OF THIAMETHOXAM ON  
TREATMENT OF COTTON SEEDS FOR *Harmonia axyridis* (PALLAS, 1773)  
(COLEOPTERA: COCCINELIDAE)**

**ABSTRACT**

*Harmonia axyridis*, (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) is an omnivorous, voracious predator with great search ability that feeds on a wide variety of prey and also on plant resources such as extrafloral nectar. This resource is a source of indirect contamination of this predator by insecticides used in the treatment of seeds, among them the systemic neonicotinoid thiamethoxam. The objective of this work was to evaluate the effect of the treatment of cotton seeds *Gossypium hirsutum* with thiamethoxam on the predator *H. axyridis* when larvae and adults fed on extrafloral nectar of cotton plants from seeds treated with this compound and also on their offspring. Larvae and adults of *H. axyridis* were exposed to cotton plants from seeds treated with thiamethoxam in the V2 stage. The survival, development and reproductive variables of exposed insects and their progeny were evaluated. When larvae (F0) were exposed, only transgenerational negative effects were observed, manifesting through lower survival of pupae of the next generation (F1). When adults were exposed, the negative effects were more pronounced in females from the larvae (F0) exposed to the treatment, which presented lower weight and the larvae coming from these females (F1) lower survival. It was verified that the treatment of cotton seed with thiamethoxam was detrimental to the predator *H. axyridis*, negatively affecting its development, but without causing interference in reproduction.

Palavras-chave: Neonicotinoid, development and reproduction, integrated pest management, extrafloral nectary.

## **1 INTRODUÇÃO**

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* Linnaeus (Malvaceae) apresenta-se como uma das culturas mais importantes do mundo, sendo cultivada em mais de 80 países, que juntos produziram 112,5 milhões de fardos na safra 2016/17 (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2017). Plantas de algodoeiro apresentam cinco diferentes tipos de nectários que produzem secreções açucaradas, sendo estas, responsáveis pela atração de diversos organismos entre pragas e insetos benéficos que as utilizam como fonte de

alimento (LIMBURG; ROSENHEIM, 2001). A oferta de néctar extrafloral é uma das causas da elevada incidência de diversas pragas na cultura do algodoeiro.

Muitas vezes a população das pragas se eleva demandando a utilização do controle químico, sendo os inseticidas sistêmicos amplamente empregados. Dentre os inseticidas utilizados, destaca-se o tiametoxam que pertence ao grupo químico dos neonicotinoides, o qual é aplicado na cultura tanto em pulverizações aéreas quanto no tratamento de sementes, sendo desta forma, utilizado como tratamento profilático (ALTMANN, 1990; JESCHKE et al., 2011). O inseticida atua como agonista dos receptores nicotínicos pós-sinápticos da acetilcolina, causando a morte de artrópodes por hiperexcitação. No tratamento de sementes, sua utilização protege as sementes e raízes das plantas contra insetos de solo, e devido à sua elevada sistemicidade, também é eficiente contra insetos sugadores de hábitos subterrâneo e aéreo. Além disso, quando se realiza o tratamento de sementes, a quantidade de produto utilizado é menor quando comparada com a pulverização na parte aérea das plantas, reduzindo o impacto ambiental e os custos de produção (SIMON-DELSO et al., 2015).

Considerando o Manejo Integrado de Pragas, os produtos fitossanitários utilizados devem causar o mínimo de impacto ao ambiente e aos organismos considerados benéficos. Dessa forma, é justificado o emprego do tratamento de sementes por propiciar seletividade ecológica a esses organismos (DEGRANDE et al., 2002). Nos últimos anos, estudos de seletividade ecológica têm sido intensificados, pois insetos não-alvo podem ser expostos aos produtos de forma indireta, uma vez que podem se translocar até o pólen e néctar das plantas (LAURENT; RATHAHAO, 2003). A contaminação desses recursos alimentares pode prejudicar o desenvolvimento de organismos benéficos, tais como os predadores *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1835) (Neuroptera: Chrysopidae) (GONTIJO et al., 2014), *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (GONTIJO et al., 2015), *Coleomegilla maculata* DeGeer e *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Coleoptera: Coccinellidae) (MOSCARDINI et al., 2015), parasitoides como *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) (MOSCARDINI et al., 2014) e também abelhas polinizadoras como *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) (THOMPSON et al., 2016).

Dentre os inimigos naturais presentes na cultura algodoeira, as joaninhas apresentam grande destaque, pois a maioria de suas espécies é onívora e tanto larvas quanto adultos são predadores e consomem grande diversidade de presas (CHOATE; LUNDGREN, 2013). Além disso, esses insetos podem complementar sua nutrição com néctar ou até mesmo se utilizar

deste como alimento primário na falta de suas presas usuais (LUNDGREN; SEAGRAVES, 2011; PEMBERTON; VANDENBERG, 1993).

Devido à grande diversidade e quantidade de nectários extraflorais no algodoeiro, em situações onde é realizado o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos (e.g. neonicotinoides) as plantas são capazes de absorver essas moléculas por meio de suas raízes e transportá-las via sistema vascular para os tecidos e contaminar os exsudatos florais, podendo se tornar um risco a insetos benéficos como *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) que complementam sua alimentação com néctar (MOSER; OBRYCKI, 2009). Foi constatado que os neonicotinoides podem estar presentes no pólen, néctar floral e extrafloral causando efeitos negativos em organismos não-alvo que os utilizam como fonte de alimento (DIVELY; KAMEL, 2012; EASTON; GOULSON, 2013; KRUPKE et al., 2012; MOSCARDINI et al., 2015).

Levando-se em consideração o tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam, o presente trabalho teve como objetivo avaliar seus impactos sobre o desenvolvimento e reprodução do predador *H. axyridis* quando larvas e adultos foram expostos ao néctar extrafloral contaminado com tiametoxam, bem como os efeitos na progênie dos insetos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção das plantas de algodoeiro**

Foram utilizadas sementes comerciais de algodoeiro (Monsanto Bollgard<sup>®</sup>) tratadas com tiametoxam (Cruiser<sup>®</sup> 350 FS; Syngenta Proteção de Cultivos LTDA, Paulínia, SP, Brasil) na dose de 600 mL/100 kg de semente e sem tratamento. As sementes foram semeadas a 2 cm de profundidade em recipientes plásticos contendo 200 mL de uma mistura de solo e substrato comercial à base de vermiculita e matéria orgânica (Plantmax<sup>®</sup>) na proporção de 1:1. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com condições controladas de  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , umidade de  $70 \pm 20\%$  e luminosidade natural. As plantas foram irrigadas diariamente, porém, abaixo da capacidade de campo do solo (a quantidade de água utilizada foi totalmente absorvida pelo substrato, não havendo encharcamento do solo) para evitar a retirada do inseticida das sementes tratadas. As plantas no estágio V2 (aproximadamente 15 dias após a germinação) foram utilizadas no bioensaio por já apresentarem nectários extraflorais em seu primeiro par de folhas verdadeiras.

## 2.2 Insetos utilizados nos bioensaios

Adultos do predador *H. axyridis* foram obtidos da criação de manutenção do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, mantidos em criação de laboratório sob condições controladas de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , UR de  $60\pm 10\%$  e fotoperíodo de 12:12 horas (claro:escuro).

Gaiolas de PVC com 15 cm de diâmetro x 15 cm de altura, revestidas internamente com papel filtro e vedadas nas extremidades com filme plástico de PVC, foram usadas para individualizar os casais de *H. axyridis*. A cada 48h os ovos foram retirados e transferidos para placas de Petri (5 cm diam. x 1 cm alt.), onde permaneceram até a eclosão das larvas. Em seguida, grupos de 40 larvas foram transferidos para novas gaiolas de PVC, como descrito anteriormente, até a obtenção de adultos. Novos casais foram formados, dando início a outro ciclo de desenvolvimento.

Larvas e adultos foram alimentados com dieta artificial composta de mel e levedo de cerveja na proporção de 1:1 (v/v) e a cada 48h ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) foram fornecidos *ad libitum*. Água também foi fornecida por meio de um pequeno pedaço de esponja umedecida. Durante toda a condução do bioensaio, os insetos foram mantidos nas mesmas condições da criação de manutenção.

## 2.3 Exposição das larvas aos tratamentos

Para cada tratamento, 50 larvas de *H. axyridis* recém-eclodidas (1-2h de idade) foram individualizadas em gaiolas de PVC (15 cm diâm. x 15 cm alt.), contendo uma planta de algodoeiro oriunda de sementes tratadas com tiametoxam ou sem tratamento. Somente a parte aérea da planta foi colocada dentro da gaiola, isolando o contato do inseto com o solo. Ovos de *E. kuehniella* foram oferecidos às larvas *ad libitum* e repostos a cada 48 h juntamente com a planta dentro da gaiola até a pupação das larvas. Dessa forma, durante todo o período larval, *H. axyridis* tinha à sua disposição néctar extrafloral como complemento nutricional e fonte de água.

Após emergência, os insetos foram individualizados e mantidos por oito dias em placas de Petri (5,5 cm de diâm. x 1,0 cm alt.) para permitir a maturação sexual das fêmeas. Os adultos de *H. axyridis* foram alimentados com ovos de *E. kuehniella ad libitum*, repostos a cada 48 horas e água foi fornecida por meio de uma esponja umedecida. Após oito dias, casais foram formados e mantidos individualizados em placas de Petri (10 cm de diâm. x 1,0 cm alt.)

nas mesmas condições anteriores por um período de cinco dias, período este suficiente para a cópula. Em seguida, machos e fêmeas foram novamente separados e individualizados em novas placas para evitar que os machos comessem os ovos, e acondicionados nas mesmas condições descritas anteriormente, permitindo realizar as avaliações.

Foram avaliadas a duração dos períodos larval e pupal, sobrevivência de larvas e pupas e razão sexual. A sobrevivência dos adultos, período de pré-oviposição e fecundidade das fêmeas foram avaliados diariamente até que as mesmas realizassem a décima postura. Para avaliação da viabilidade, foram coletados 50 ovos por fêmea por tratamento da terceira, quinta e sétima posturas de cada fêmea. Os ovos foram mantidos individualizados em placas de Petri (5,5 cm de diâm. x 1,0 cm alt.) até a eclosão das larvas, seguindo a metodologia proposta por Gontijo et al. (2014). Para avaliação dos efeitos do tratamento de sementes na geração F1, após a eclosão as larvas provenientes da terceira, quinta e sétima posturas das fêmeas da geração F0 (provenientes das larvas expostas ao néctar extrafloral das plantas de algodoeiro) foram individualizadas em tubos de vidro até a fase adulta, quando foram formados casais e avaliadas as mesmas características biológicas como descrito para os insetos da geração F0.

#### **2.4 Exposição dos adultos aos tratamentos**

Para cada tratamento foram utilizados 48 adultos de *H. axyridis* com até 24h de idade, provenientes da criação de manutenção sendo 24 machos e 24 fêmeas. Os adultos foram individualizados em gaiolas de PVC (15 cm diâm. x 15 cm alt.) como descrito no ensaio de exposição de larvas, contendo ovos de *E. kuehniella* e uma planta de algodoeiro proveniente de sementes tratadas com tiametoxam ou sem tratamento. O néctar extrafloral constituiu a única fonte de água desses insetos.

Os adultos foram mantidos nas gaiolas por um período de oito dias para atingir a maturidade sexual. A sobrevivência dos adultos foi avaliada diariamente. Após oito dias, os adultos foram retirados das gaiolas e formados casais (24 por tratamento), os quais foram mantidos em placas de Petri (10 cm de diâm. x 1,0 cm alt.) por um período de cinco dias para cópula. Foram ofertados ovos de *E. kuehniella ad libitum* a cada 48h e água foi provida por meio de um chumaço de algodão umedecido. Após cinco dias, machos e fêmeas foram separados e individualizados em novas placas nas mesmas condições. Avaliou-se o período de pré-oviposição, a sobrevivência dos adultos, o número de posturas e de ovos por postura até a décima postura.

Para avaliação da viabilidade dos ovos e desenvolvimento da prole, foram coletados os ovos da terceira, quinta e sétima posturas de cada fêmea, sendo distribuídos de forma isolada em placas de Petri (5,5 cm de diâmetro) até a eclosão das larvas, as quais foram contabilizadas calculando-se a porcentagem de ovos viáveis. Após a eclosão, 40 larvas de cada postura (terceira, quinta e sétima) foram individualizadas em placas de Petri e mantidas nas mesmas condições descritas anteriormente para avaliação dos efeitos na primeira geração (F1). O desenvolvimento das larvas foi acompanhado até a emergência dos adultos, sendo avaliado diariamente a sobrevivência, duração dos períodos larval e pupal, sobrevivência das pupas e razão sexual, de acordo com a metodologia proposta por Gontijo et al. (2014). Com os adultos emergidos, novos casais foram formados (13 para cada tratamento) e avaliadas as mesmas características biológicas descritas para a geração F0, com exceção da fecundidade e viabilidade dos ovos foram avaliadas somente até a terceira postura.

### **3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Inicialmente os dados obtidos nos ensaios de exposição de larvas e adultos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ( $\alpha = 0.05$ ) para avaliação da normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Os dados não significativos para esses testes foram analisados pelo teste t de *Student* com amostras independentes ( $\alpha = 0.05$ ). Testes não paramétricos foram utilizados para analisar os dados que violaram os pressupostos da análise paramétrica, utilizando-se o teste de Mann-Whitney ( $\alpha = 0.05$ ). Dados de proporção (razão sexual e sobrevivência de casais) foram submetidos ao teste de Qui-quadrado ou ao teste exato de Fisher ( $\alpha = 0.05$ ), quando o número de amostras (eventos) foi menor que cinco. Todos os dados foram analisados no programa SigmaPlot 12.0 (WASS, 2008).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Exposição das larvas do predador aos tratamentos**

Não ocorreu efeito negativo do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam sobre larvas de *H. axyridis* que se alimentaram do néctar extrafloral dessas plantas. Os insetos mantiveram desenvolvimento até a fase adulta sem diferenças significativas com relação ao

tratamento controle, apresentando sobrevivência, tempo de desenvolvimento e características reprodutivas semelhantes àqueles que se alimentaram do néctar extrafloral das plantas provenientes de sementes sem tratamento (Tabela 3).

Efeitos transgeracionais foram observados, porém, os efeitos negativos foram exclusivos para a fase de pupa da geração F1, onde estas apresentaram menor sobrevivência. Para as demais características biológicas da progênie das larvas expostas não foram observadas diferenças significativas. A sobrevivência das larvas, tempo de desenvolvimento das fases de larva e pupa, número de adultos emergidos, razão sexual e as demais características reprodutivas de *H. axyridis* não sofreram alterações (Tabela 3).

#### **4.2 Exposição de adultos do predador aos tratamentos**

Os adultos de *H. axyridis* que se alimentaram de néctar extrafloral das plantas de algodoeiro provenientes do tratamento de sementes com tiametoxam não tiveram muitas alterações significativas no seu desenvolvimento. Observou-se apenas redução significativa no peso das fêmeas que se alimentaram do néctar extrafloral contaminado com tiametoxam (Tabela 4).

Ocorreram efeitos transgeracionais em *H. axyridis* foram mais acentuados quando os adultos foram expostos às plantas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. Larvas advindas desses adultos apresentaram menor sobrevivência em relação àquelas que se alimentaram do néctar extrafloral das plantas de algodoeiro provenientes de sementes sem tratamento. As demais características biológicas da progênie, como tempo de desenvolvimento de larvas e pupas, sobrevivência das pupas, número de adultos emergidos, razão sexual e características reprodutivas de *H. axyridis* não diferiram daquelas apresentadas pelos insetos do tratamento controle (Tabela 4).

Tabela 3 – Média ( $\pm$  EP) das características biológicas de larvas de *Harmonia axyridis* expostas (geração F0) a plantas de algodoeiro (V2) provenientes de sementes tratadas e não tratadas com tiametoxam, desenvolvimento e variáveis reprodutivas de sua progênie (geração F1).

Característica	Geração F0 – Larvas expostas			Geração F1		
	Sem tiametoxam	Tiametoxam	<i>P</i>	Sem tiametoxam	Tiametoxam	<i>P</i>
<u>Período Larval<sup>1</sup></u>						
Sobrevivência (%)	85,1 ± 5,0	81,5 ± 3,5	0,57	60,0 ± 10,9	50,0 ± 8,9	0,53
Tempo de desenvolvimento (dias)	11,6 ± 0,1	11,8 ± 0,1	0,18	12,3 ± 0,2	13,2 ± 0,7	0,28
<u>Período de pupa</u>						
Sobrevivência (%)	100	100	-	100	79,2 ± 6,2	0,03*
Tempo de desenvolvimento (dias)	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,0	0,81	4,2 ± 0,1	4,5 ± 0,2	0,23
<u>Desenvolvimento larva-adulto</u>						
Sobrevivência (%)	85,1 ± 5,0	81,5 ± 3,5	0,57	60,0 ± 10,9	42,0 ± 8,0	0,23
Tempo de desenvolvimento (dias)	16,1 ± 0,2	16,4 ± 0,2	0,31	16,6 ± 0,4	16,9 ± 0,6	0,59
Nº. Adultos emergidos	40	39		30	19	
Razão sexual (Proporção de fêmeas)	0,48 ± 0,08	0,51 ± 0,08	0,91	0,50 ± 0,09	0,42 ± 0,11	0,81
<u>Características reprodutivas</u>						
Nº de casais formados	15	13		12	7	-
Casais estéreis <sup>2</sup> (proporção)	0,13 ± 0,09	0,31 ± 0,13	0,37d	0,58 ± 0,14	0,57 ± 0,19	1,00d
Período de pré-oviposição <sup>3</sup> (dias)	11,3 ± 0,5	12,2 ± 0,6	0,25	12,2 ± 0,6	13,3 ± 0,9	0,31
Fecundidade <sup>4</sup> (ovos/fêmea)	150,4 ± 25,9	153,2 ± 28,7	0,94	29,0 ± 8,6	33,7 ± 9,4	0,75
Nº posturas <sup>5</sup>	6,5 ± 0,7	6,2 ± 0,6	0,75	-	-	-
Viabilidade dos ovos <sup>6</sup> (%)	72,9 ± 10,4	68,5 ± 12,3	0,79	94,1 ± 4,3	92,3 ± 7,7	0,84
<u>Sobrevivência dos casais<sup>7</sup></u>						
(%)						
Fêmea	100	100	-	100	100	-
Macho	100	100	-	66,7 ± 14,2	57,1 ± 20,2	0,38d
<u>Peso dos casais (mg)</u>						
Fêmea	37,7 ± 1,4	36,2 ± 1,8	0,27	30,8 ± 1,7	34,7 ± 3,3	0,25
Macho	30,9 ± 1,1	33,5 ± 1,1	0,12	24,6 ± 0,9	25,3 ± 1,8	0,69

<sup>1</sup>n = 50 larvas por tratamento, na geração F1 foram usadas larvas da terceira postura da geração F0 <sup>2</sup> Casais os quais as fêmeas não ovipositaram em até 10 dias após a cópula <sup>3</sup> Número de dias da emergência até a primeira oviposição <sup>4</sup>Geração F0 = número de ovos em 10-dias. Geração F1 = número de ovos nas três primeiras posturas. <sup>5</sup> Geração F0 – número de posturas em 10 dias <sup>6</sup> Geração F0 = eclosão dos ovos da 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> posturas. Geração F1 = eclosão dos ovos da 3<sup>a</sup> postura. <sup>7</sup> F0 da emergência até a 10<sup>a</sup> postura F1 da emergência até a 3<sup>a</sup> postura. \*Médias com diferenças significativas na linha ( $\alpha = 0.05$ ). (–) indicam ausência de análises.

Tabela 4 – Média ( $\pm$  EP) das características biológicas adultos de *Harmonia axyridis* expostos (geração F0) a plantas de algodoeiro (V2) provenientes de sementes tratadas e não tratadas com tiametoxam, desenvolvimento e variáveis reprodutivas de sua progênie (geração F1).

Característica	Tratamento			
	Controle	Tiametoxam	P	
<b>Gerção F0- Adultos expostos</b>	N° casais formados	24	24	
	Casais estéreis <sup>1</sup> (proporção)	0,29 $\pm$ 0,09	0,21 $\pm$ 0,08	0,74
	Período de pré-oviposição <sup>2</sup> (dias)	3,8 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,3	0,86
	Fecundidade <sup>3</sup> (ovos/fêmea)	116,2 $\pm$ 11,8	112,1 $\pm$ 17,8	0,85
	N° de posturas em 10 dias	5,4 $\pm$ 0,4	5,3 $\pm$ 0,5	0,91
	Viabilidade dos ovos <sup>4</sup> (%)	60,9 $\pm$ 5,2	55,6 $\pm$ 6,7	0,54
	Sobrevivência das fêmea (%)	83,3 $\pm$ 7,8	95,8 $\pm$ 4,2	0,35d
	Sobrevivência dos machos (%)	66,7 $\pm$ 9,8	62,5 $\pm$ 10,1	1
	Peso das fêmeas (mg)	35,8 $\pm$ 1,4	31,8 $\pm$ 1,6	0,04*
	Peso dos Machos (mg)	21,4 $\pm$ 2,1	22,5 $\pm$ 2,1	0,72
Sobrevivência das larvas (%) <sup>5</sup>	80,0 $\pm$ 7,1	58,0 $\pm$ 3,9	0,03*	
	Tempo de desenvolvimento das larvas (dias) <sup>5</sup>	10,9 $\pm$ 0,6	10,6 $\pm$ 0,2	0,6
	Sobrevivência pupas (%)	92,4 $\pm$ 3,1	95,6 $\pm$ 2,7	0,47
	Tempo de desenvolvimento pupas (dias)	4,8 $\pm$ 0,1	4,6 $\pm$ 0,3	0,42
	Sobrevivência larva-adulto (%)	74,0 $\pm$ 7,5	54,0 $\pm$ 4,6	0,03*
	Tempo de desenvolvimento larva-adulto (dias)	15,6 $\pm$ 0,6	15,0 $\pm$ 0,3	0,43
<b>Gerção F1</b>	N° de adultos emergidos	36	27	
	Razão sexual (proporção de fêmeas)	0,44 $\pm$ 0,08	0,43 $\pm$ 0,10	0,79
	N° de casais formados	14	13	
	Casais estéreis <sup>1</sup> (proporção)	0,43 $\pm$ 0,13	0,46 $\pm$ 0,14	0,83
	Período de pré-oviposição <sup>2</sup> (dias)	9,4 $\pm$ 0,3	9,5 $\pm$ 0,3	0,79
	Fecundidade <sup>3</sup> (ovos/fêmea)	38,8 $\pm$ 8,7	44,9 $\pm$ 8,0	0,31
	N° de posturas em 10 dias	2,5 $\pm$ 0,3	2,5 $\pm$ 0,3	0,92
	Viabilidade dos ovos <sup>4</sup> (%)	100	90,1 $\pm$ 7,1	0,32
	Sobrevivência das fêmea <sup>6</sup> (%)	100	100	-
	Macho fêmea <sup>6</sup> (%)	100	100	-
Peso das fêmeas (mg)	31,0 $\pm$ 1,7	35,6 $\pm$ 2,3	0,11	
Peso dos machos (mg)	30,7 $\pm$ 0,7	31,2 $\pm$ 2,5	0,85	

<sup>1</sup>Casais os quais as fêmeas não ovipositaram em até 10 dias após a cópula <sup>2</sup>Gerção F0= N° de dias da cópula até a primeira oviposição. <sup>3</sup>Gerção F1 = N° dias da emergência até a 1ª oviposição. <sup>4</sup>Gerção F0 = número de ovos nas 10 primeiras posturas. Gerção F1 = N° de ovos nas três primeiras posturas <sup>5</sup>Gerção F0 = viabilidade dos ovos da 3ª, 5ª e 7ª posturas. Gerção F1= Viabilidade dos ovos da 3ª postura. <sup>6</sup>n = 50 larvas por tratamento. <sup>6</sup>Da emergência dos adultos até a terceira postura. \*Médias com diferenças significativas na linha ( $\alpha = 0.05$ ). (–) indicam ausência de análises.

## 5 DISCUSSÃO

No presente estudo, tanto larvas quanto adultos de *H. axyridis* foram expostos às plantas de algodoeiro cujas sementes foram tratadas com tiametoxam e tinham como fonte de água e complemento nutricional o néctar extrafloral. Não foram observados efeitos letais nos insetos expostos, indicando não haver toxicidade aguda do tiametoxam a *H. axyridis*. Os neonicotinoides são conhecidos por serem pouco tóxicos a uma grande variedade de inimigos naturais por apresentar seletividade a diferentes receptores nicotínicos presentes nos insetos (CARVALHO; PERLIN; COSTA, 2011). Em algodoeiro, Scarpellini (2008) observou que tiametoxam nas dosagens recomendadas para o controle de *Aphis gossypii* (Glover, 1877) (Hemiptera: Aphididae), foi seletivo a *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae), tanto aplicado de forma direta (via aplicação tópica) quanto indireta (alimentando-se de pulgões presentes na planta tratada). Periotto et al. (2002) constataram que tiametoxam em tratamento de sementes de feijão (105 g i.a./ 100 kg de sementes) foi seletivo a himenópteros parasitoides.

Apesar do tratamento de sementes com tiametoxam não ter causado efeitos agudos nos insetos expostos, efeitos letal, subletal e transgeracional foram observados no desenvolvimento de *H. axyridis*. Ocorreu redução significativa na sobrevivência das pupas da geração F1, possivelmente causada por efeitos do inseticida sobre as larvas, alterando sua fisiologia e prejudicando o desenvolvimento normal da fase seguinte. A hipótese levantada para explicar esses resultados é a de que provavelmente a ingestão do inseticida presente no néctar extrafloral causou algum distúrbio no sistema nervoso central das larvas, alterando o mecanismo de controle da pupação, o que impactou a sobrevivência das pupas. Moser e Obrycki (2009) constataram que larvas de *H. axyridis* expostas à plântulas de milho tratadas com os neonicotinoides tiametoxam e clotianidina apresentaram distúrbios neurotóxicos como perda de coordenação, cambaleamento e incapacidade para caminhar, sendo que 93% das larvas morreram 24 horas após apresentarem os sintomas. Alterações neurológicas também foram observadas na exposição larval de *A. mellifera* às concentrações de 0,001 e 1,44 ng/ $\mu$ L de tiametoxam (HILFIKER et al., 1999). Foram constatados distúrbios neurofisiológicos em pupas, prejudicando funções e estruturas cerebrais por meio da redução da proteína sinapsina. Esta substância regula a disponibilidade de vesículas sinápticas para excitação e a liberação de neurotransmissores, influenciando diretamente o funcionamento do sistema nervoso central dos insetos (HILFIKER et al., 1999).

Os efeitos do tratamento de sementes com tiametoxam foram mais pronunciados para os adultos de *H. axyridis*. Foi observado menor peso das fêmeas que se alimentaram do néctar das plantas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. Provavelmente isso ocorreu em função da maior ingestão de néctar extrafloral pelos adultos do que pelas larvas, uma vez que os adultos, em especial as fêmeas, apresentam necessidade hídrica maior. Coccinelídeos fazem uso de uma dieta mista composta por suas presas habituais e também de material vegetal que é fonte de açúcares, utilizados para aumentar as reservas energéticas, melhorando o desempenho reprodutivo dos adultos, em especial das fêmeas (LUNDGREN, 2009).

Choate e Lundgren (2013) verificaram que fêmeas de *C. maculata* consumiram menor quantidade de pulgões quando estes foram oferecidos juntamente com nectários florais. Foi possível constatar que ambas as fontes alimentares foram consumidas, mesmo os pulgões tendo uma qualidade nutricional maior. O mesmo comportamento foi observado para *H. axyridis*, que consumiu um número menor de presas quando tinha disponível água açucarada e nectários extraflorais (SPELLMAN; BROWN; MATTHEWS, 2006).

A ingestão de néctar contaminado, apesar de não quantificada no presente estudo, foi observada durante as avaliações. Observou-se que os adultos de *H. axyridis* permaneceram grande parte do tempo se alimentando de néctar extrafloral durante a sua permanência dentro da gaiola, o que pode ter levado a distúrbios metabólicos nos insetos acarretando na perda de peso. Moser e Obrycki (2009) relataram que coccinelídeos foram vulneráveis ao se alimentarem de plântulas de milho contaminadas com neonicotinoides provenientes do tratamento de sementes, uma vez que antes da ingestão não foram capazes de detectar a presença desses inseticidas e continuaram se alimentando, o que não ocorreu quando os inseticidas foram aplicados diretamente nas superfícies das folhas.

Efeitos transgeracionais também foram observados em *H. axyridis*, uma vez que as larvas da geração F1 advindas de adultos expostos às plantas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram menor sobrevivência. O aumento da mortalidade das larvas pode ser consequência do menor peso das fêmeas expostas ao néctar extrafloral contaminado com tiametoxam. Isso ocorreu provavelmente por consequência de problemas nutricionais e/ou de maturação sexual das fêmeas da geração maternal, exposta ao inseticida. Os efeitos transgeracionais foram limitados à sobrevivência das larvas, sendo que as pupas, os adultos e suas características reprodutivas não sofreram alterações. Resultados semelhantes foram obtidos

por Moscardini et al. (2015), os quais verificaram que fases imaturas de *H. convergens* provenientes de adultos expostos a pecíolos de plântulas de girassol provenientes de sementes tratadas com tiametoxam, também apresentaram menor sobrevivência. Os autores constataram ainda que a exposição de adultos a plantas de girassol provenientes de sementes tratadas com clorantraniliprole ou tiametoxam, não causou efeitos negativos na reprodução; porém, foram observados efeitos transgeracionais na progênie desses adultos.

Os efeitos transgeracionais observados neste trabalho podem ter sido causados por deficiência nutricional, uma vez que os insetos da geração F1 não foram expostos às plantas de algodoeiro e conseqüentemente não se alimentaram de néctar extrafloral. Segundo Coll e Guershon (2002), grande quantidade de artrópodes benéficos, a exemplo dos predadores, que se alimentam de suas presas, utilizam também fontes vegetais como forma de suprir suas necessidades nutricionais. Dentre os predadores, mais de 40 espécies de coccinelídeos utilizam néctar extrafloral presentes em mais de 15 diferentes famílias de plantas (PEMBERTON; VANDENBERG, 1993). O néctar extrafloral é rico em açúcares, que para os coccinelídeos apresentam-se como importante componente da dieta, garantindo maior sobrevivência, aumento da capacidade reprodutiva, energia para voo, dentre outras características comportamentais (HODEK; EVANS, 2012; LUNDGREN, 2009). Dessa forma, a falta de nutrientes, em especial o açúcar, pode acarretar em problemas de desenvolvimento para esses insetos.

Coccinelídeos são abundantes em agroecossistemas onde os neonicotinoides são amplamente utilizados no tratamento de sementes. Visto a necessidade de *H. axyridis* em consumir néctar extrafloral para melhorar seu desempenho, este estudo demonstrou que a ingestão desse recurso contaminado com inseticida causa efeitos negativos em seu desenvolvimento. Dessa forma, fica evidente que a utilização do tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam deve ser avaliada com cautela, principalmente quando se leva em consideração a conservação de inimigos naturais na cultura.

## 6 CONCLUSÕES

O tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam causa baixa toxicidade às larvas (F0) de *H. axyridis* que se alimentam do néctar extrafloral contaminado, uma vez que somente a sobrevivência das pupas de sua progênie (F1) é reduzida.

Os adultos de *H. axyridis* quando expostos ao néctar extrafloral contaminado mostram-se mais sensíveis que as larvas, uma vez que apresentaram efeitos negativos tanto nos insetos da geração exposta (F0) quanto na sua progênie (F1).

## REFERÊNCIAS

- ALTMANN, R. NTN 33893 a novel systemic insecticide offering new possibilities for control of leaf and soil insects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PESTS IN AGRICULTURE, 2., 1990, Versailles. **Proceedings...** Versailles, 1990. p. 1-7.
- CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Tiametoxam em tratamento de sementes. **Monografias Ambientais**, Cascavel, v. 2, n. 2, p. 158-175, 2011.
- CHOATE, B. A.; LUNDGREN, J. G. Why eat extrafloral nectar?: understanding food selection by *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **BioControl**, Dordrecht, v. 58, n. 3, p. 359-367, 2013.
- COLL, M.; GUERSHON, M. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 47, p. 267-297, 2002.
- DEGRANDE, P. E. et al. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P. et al. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**. São Paulo: Manole, 2002. p. 75-81.
- DIVELY, G. P.; KAMEL, A. Insecticide residues in pollen and nectar of a cucurbit crop and their potential exposure to pollinators. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 18, p. 4449-4456, 2012.
- EASTON, A. H.; GOULSON, D. The neonicotinoid insecticide imidacloprid repels pollinating flies and beetles at field-realistic concentrations. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 8, p. e54819, 2013.
- GAZZONI, D. L. et al. **Thiametoxam**: uma revolução na agricultura. Petrópolis: Vozes, 2008. 258 p.
- GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 87, n. 4, p. 711-719, 2014.
- GONTIJO, P. C. et al. Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthracoridae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 4, p. 515-522, 2015.
- HILFIKER, S. et al. Synapsins as regulators of neurotransmitter release. **The Royal Society**, London, v. 354, p. 269-279, 1999.
- HODEK, I.; EVANS, E. W. Food relationships. In: HODEK, I.; EMDEN, H. F. van; HONEK, A. (Ed.). **Ecology and behavior of the ladybird beetles**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 141-274.

JESCHKE, P. et al. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 7, p. 2897-2908, Apr. 2011.

KRUPKE, C. H. et al. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, p. e29268, 2012.

LAURENT, F. M.; RATHAHAO, E. Distribution of [<sup>14</sup>C] imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 8005-8010, 2003.

LIMBURG, D. D.; ROSENHEIM, J. A. Extrafloral nectar consumption and its influence on survival and development of an omnivorous predator, larval *Chrysoperla plorabunda* (Neuroptera: Chrysopidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 30, n. 3, p. 595-604, 2001.

LUNDGREN, J. G. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. **Biological Control**, Orlando, v. 5, p. 294-305, 2009.

LUNDGREN, J. G.; SEAGRAVES, M. P. Physiological benefits of nectar feeding by a predatory beetle. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v. 104, n. 3, p. 661-669, 2011.

MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of chlorantraniliprole and tiametoxam seed treatments when *Lysiphlebus testaceipes* feed on sunflower extrafloral nectar. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 59, n. 5, p. 503-511, 2014.

MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology**, New York, v. 24, n. 5, p. 1152-1161, 2015.

MOSER, S. E.; OBRYCKI, J. J. Non-target effects of neonicotinoid seed treatments; mortality of coccinellid larvae related to zoophytophagy. **Biological Control**, Orlando, v. 51, n. 3, p. 487-492, 2009.

PEMBERTON, R. W.; VANDENBERG, N. J. Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 95, p. 139-151, 1993.

PERIOTO, S. et al. Seletividade de tiametoxam sobre a entomofauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em Ribeirão Preto, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 29-32, 2002.

SANTOS, W. J. dos. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: \_\_\_\_\_. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 101-116.

SCARPELLINI, J. R. Seletividade fisiológica de aficidas sobre joaninha *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) em algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 2, p. 195-202, 2008.

SIMON-DELISO, N. et al. Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, London, v. 22, n. 1, p. 5-34, 2015.

SPELLMAN, B.; BROWN, M. W.; MATTHEWS, C. R. Effect of floral and extrafloral resources on predation of *Aphis spiraecola* by *Harmonia axyridis* on apple. **BioControl**, Dordrecht, v. 51, p. 715-724, 2006.

THOMPSON, H. et al. Monitoring effects of tiametoxam applied as a seed treatment to winter oilseed rape on development of bumble bee (*Bombus terrestris*) colonies. **Pest Management Science**, Sussex, v. 72, n. 9, p. 1737-1742, Sept. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Cotton**: world markets and trad. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/cotton-market/cotton-market-02-09-2017.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

WÄCKERS, F. L.; BONIFAY, C. How to be sweet?: extrafloral nectar allocation by *Gossypium hirsutum* fits optimal defense theory predictions. **Ecology**, Durham, v. 85, n. 6, p. 1512-1518, 2004.

WASS, J. A. SYSTAT 12: Now more stats and graphs, less effort. **Scientific Computing**, v. 25 n. 6, p25, Nov. 2008.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam não causou efeito letal aos predadores *C. externa* e *H. axyridis* quando se alimentaram do néctar extrafloral dessas plantas em condições de laboratório. Observaram-se efeitos subletais causados pelo consumo de néctar extrafloral contaminado com tiametoxam sobre ambos os predadores, sendo que *H. axyridis* mostrou-se menos suscetível em relação à *C. externa*. Dentre os efeitos subletais, ocorreram alterações no desenvolvimento de ambas as espécies e na reprodução de *C. externa*.

Em função dos resultados obtidos no presente estudo, ficou evidenciado que em trabalhos de seletividade é necessário avaliar não somente o efeito letal, mas também os subletais para confirmação da toxicidade de uma molécula química a uma espécie de inimigo natural. Além disso, foi demonstrado que o inimigo natural em suas fases de desenvolvimento pode apresentar diferenças de susceptibilidade a um mesmo composto. Dessa forma, em estudos de seletividade devem ser considerados os efeitos dos compostos sobre ovos, larvas ou ninfas, pupas e adultos do inimigo natural para que se possa conhecer o grau de tolerância de cada fase de desenvolvimento do predador ou parasitoide ao produto.

No presente trabalho, ficou evidente a resposta intrínseca à cada espécie, sendo que a joaninha se mostrou mais suscetível do que crisopídeo ao tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam.

Em pesquisas futuras nessa linha de investigação, é importante a realização de análises de resíduos do inseticida em néctar e pólen para se ter conhecimento da concentração que pode acarretar ou não efeitos negativos aos inimigos naturais.

O tratamento de sementes de algodoeiro com tiametoxam, apesar de se apresentar eficiente no controle de diversas pragas da cultura, provoca efeitos negativos sobre *C. externa* e *H. axyridis*. Sendo assim, existe a necessidade de se investigar em condições de campo se tais efeitos alteram a dinâmica populacional dos predadores a fim de se verificar a compatibilidade desse método associado ao controle biológico em programas de manejo integrado de pragas.