



BRENDA CAROLINA FREIRE

**SENSIBILIDADE DE *Podisus nigrispinus* (HEMIPTERA:
PENTATOMIDAE) A INSETICIDAS UTILIZADOS EM
ALGODOEIRO**

**LAVRAS - MG
2018**

BRENDA CAROLINA FREIRE

**SENSIBILIDADE DE *Podisus nigrispinus* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) A
INSETICIDAS UTILIZADOS EM ALGODOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

Dr. Pablo da Costa Gontijo
Coorientador

**LAVRAS - MG
2018**

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

Freire, Brenda Carolina.

Sensibilidade de *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) a inseticidas utilizados em algodoeiro / Brenda Carolina Freire. - 2018.

41 p. : il.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Coorientador(a): Pablo da Costa Gontijo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Seletividade. 2. Percevejo predador. 3. *Gossypium hirsutum*. I. Carvalho, Geraldo Andrade. II. Gontijo, Pablo da Costa. III. Título.

BRENDA CAROLINA FREIRE

**SENSIBILIDADE DE *Podisus nigrispinus* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) A
INSETICIDAS UTILIZADOS EM ALGODOEIRO**

**SENSIBILITY OF *Podisus nigrispinus* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) TO
INSECTICIDES USED IN COTTON CROPS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 1 de março de 2018.

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza
Dr. Jander Rodrigues de Souza
Dra. Valéria Fonseca Moscardini

UFLA
UFLA
Dow AgroSciences

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

Dr. Pablo da Costa Gontijo
Coorientador

**LAVRAS - MG
2018**

A Deus,
por sempre abençoar meus caminhos transformando sonhos em realidade,

AGRADEÇO.

Aos meus pais, Messias e Angeli, por todo o amor que me oferecem e por se esforçarem para que eu não desista dos meus sonhos; ao meu irmão Bruno, e à minha cunhada Juliana pelo apoio; aos meus sobrinhos-afilhados Leonardo, Rafael e Marina, por serem minhas maiores riquezas; à minha avó Carmem pelas palavras de incentivo; aos meus tios e primos, que sempre se fizeram presentes na caminhada; à minha madrinha Ana pelas orações e carinho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento de projetos.

Ao professor Geraldo Andrade Carvalho, pela orientação, dedicação, confiança e amizade para a realização deste trabalho. Ao meu coorientador Pablo da Costa Gontijo pela colaboração e trocas de conhecimentos.

Aos professores, funcionários e colegas do DEN que de alguma forma contribuíram com o meu crescimento profissional. Em especial à laboratorista Eliana pelas palavras de incentivo e pela alegria de sempre.

Aos colegas do Laboratório de Ecotoxicologia: Andreísa, Amanda, Camila, Cássio, Scarlet, Elisa, Lara, Luís, Mariane, Mateus, Túlio e, em especial, a Karen que me auxiliou na maior parte da condução dos experimentos.

Às minhas amigas, Lays, Camila, Sthéfanie pelas longas conversas e pela amizade. A todos que fizeram parte da minha vida durante este período, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Dentre as inúmeras táticas que podem ser utilizadas em programas de manejo integrado de pragas (MIP), destacam-se os métodos biológico e químico. No entanto, a integração dessas táticas é prejudicada pela utilização de compostos químicos não seletivos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade fisiológica de quatro inseticidas registrados para o controle de pragas na cultura do algodoeiro, ao predador *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), em condições de laboratório. Ovos, ninfas de segundo instar e adultos de *P. nigrispinus* foram obtidos da criação de manutenção de laboratório e tratados por meio de pulverização via torre de Potter, calibrada segundo recomendações de membros da “Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC). Os inseticidas ciantraniliprole, clorantraniliprole, pimetrozina e etofenproxi foram utilizados em suas máximas concentrações recomendadas pelos fabricantes. Os insetos foram mantidos sob condições controladas de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Como fonte alimentar foram ofertadas lagartas de 3° a 4° instar de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Em cada bioensaio, os inseticidas foram enquadrados em classes de toxicidade conforme normas da IOBC. Etofenproxi foi levemente nocivo para ovos (classe 2) e nocivo para ninfas de segundo instar, e para adultos de *P. nigrispinus* foi tóxico (classe 4). Pimetrozina foi inócua (classe 1) para ovos e adultos, e levemente nocivo para ninfas. Ciantraniliprole e clorantraniliprole foram considerados inócuos para ovos e levemente nocivos para ninfas e adultos. Pimetrozina não causou efeito letal ao predador em nenhuma fase de desenvolvimento; entretanto, causou alguns efeitos subletais quando aplicado em ninfas, visto que reduziu a viabilidade de ovos da primeira geração, e quando aplicado em adultos, diminuiu o período de pré-oviposição. Em função da menor toxicidade apresentada pelo inseticida pimetrozina, esse composto pode ser recomendado em programas de MIP na cultura algodoeira visando à preservação do percevejo *P. nigrispinus*. O inseticida etofenproxi foi o produto mais tóxico para *P. nigrispinus* em laboratório, devendo ser avaliado em condições de casa de vegetação e campo para confirmação de sua toxicidade.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Percevejo predador. Organismo não-alvo. Controle biológico. Seletividade.

ABSTRACT

Among many tactics applied in Integrated Pest Management (IPM) programs, biological and chemical stands out. However, integration of these techniques is compromised by broad-spectrum, non-selective pesticides. Therefore, the aim of this study was to evaluate the physiological selectivity of four pesticides commonly used in cotton crops in Brazil (cyantraniliprole, chlorantraniliprole, pymetrozine and etofenprox) to the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) in laboratory conditions. *P. nigrispinus* eggs, nymphs and adults were obtained from a rearing established in laboratory, and sprayed with pesticides in a Potter Precision Tower, calibrated according to recommendations of the “Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC). The highest concentration of the pesticides, recommended by their manufacturers, was applied in the experiments. Insects were maintained in laboratory conditions ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ relative umidity and 12-hour photophasefotofase de 12horas. As food source, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae were offered. In each bioassay, pesticides were categorized in toxicity classes (according IOBC). Etofenprox was slightly harmful to *P. nigrispinus* eggs (class 2) and harmful to second instar nymphs and adults (class 4). Pymetrozine was harmless (class 1) to eggs and adults of the predator, and slightly harmful to nymphs (class 2). Cyantraniliprole and chlorantraniliprole were both considered harmless to eggs and slightly harmful to nymphs and adults. Pymetrozine caused no lethal effect to any *P. nigrispinus* development stage, however it caused sublethal effects when applied in nymphs (reduction in egg viability of the first generation) and adults (reduction in pre-oviposition period). Due to the lower toxicity caused by pymetrozine, this compound should be preferred in cotton IPM programs, aiming the preservation of the predator *P. nigrispinus*. Etofenprox was the most toxic pesticide evaluated in lab; therefore, it should be evaluated in greenhouse and field conditions to confirm its toxicity.

Keywords: *Gossypium hirsutum*. Predatory bug. Non-target organism. Biological control. Selectivity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 HIPÓTESES	12
3.1 Objetivo geral	12
3.2 Objetivos específicos	12
4 REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1 Cultura do algodoeiro	13
4.2 Aspectos biológicos de <i>P. nigrispinus</i>	14
4.3 Importância de <i>P. nigrispinus</i> no controle biológico de artrópodes-praga	16
4.4 Aspectos gerais de seletividade de produtos químicos a inimigos naturais	17
4.5 Efeitos de inseticidas sobre <i>P. nigrispinus</i>	18
4.6 Características dos inseticidas utilizados nos bioensaios	20
4.6.1 Clorraniliprole	20
4.6.2 Ciantraniliprole	20
4.6.3 Etofenproxi	21
4.6.4 Pimetrozina	21
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Coleta e criação de <i>P. nigrispinus</i>	22
5.2 Bioensaios	22
5.2.1 Tratamentos avaliados	22
5.2.2 Aplicação dos produtos	23
5.2.3 Bionesaio com ovos de <i>P. nigrispinus</i>	23
5.2.4 Bioensaio com ninfas de segundo instar de <i>P. nigrispinus</i>	23
5.2.5 Bioensaio com adultos de <i>P. nigrispinus</i>	25
5.2.6 Análises estatísticas e classificação toxicológica	26
6 RESULTADOS	27
6.1 Exposição de ovos de <i>P. nigrispinus</i> a inseticidas	27
6.2 Exposição de ninfas de segundo instar de <i>P. nigrispinus</i> a inseticidas	28
6.3 Exposição de adultos de <i>P. nigrispinus</i> a inseticidas	30
7 DISCUSSÃO	31
8 CONCLUSÕES	35
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
10 REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro é uma importante *commodity* para a economia mundial. Em âmbito nacional, o algodão é um produto representativo, de forma que o Brasil é o 5º maior produtor mundial e responsável por 10,4% das exportações da fibra dessa malvácea (COTTON INCORPORATED, 2017). Em adição, há um grande potencial de aumento da sua demanda devido à utilização alternativa de seus subprodutos, como o caroço de algodão, para a obtenção de energia (biodiesel), alimentação humana (óleo comestível) e animal (caroço na forma de farelo) (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017a).

No Brasil, são cultivadas duas espécies de algodão: o herbáceo *Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch., de ciclo anual, responsável por grande parte da produção nacional (mais de 98%) e o algodoeiro arbóreo *Gossypium hirsutum* L. var. *marie-galante* (Watt) Hutch., conhecido regionalmente como algodão mocó, cujo plantio é restrito a alguns estados do Nordeste (SILVA et al., 2013).

As plantas de algodão são frequentemente atacadas por várias espécies de insetos-praga, as quais podem causar danos expressivos à cultura, exigindo grande demanda de inseticidas para manter suas populações abaixo dos níveis de dano econômico (SILVA et al., 2013). Na safra 2016/17 o gasto com produtos fitossanitários alcançaram 40% do custo de produção, dos quais 20% foram atribuídos à compra de inseticidas, o que acarretou aos produtores uma despesa de até R\$ 2.287,29 por hectare (INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA – IMEA, 2015).

Além dos herbívoros que podem causar prejuízos econômicos à cultura algodoeira, podem-se encontrar inúmeros insetos benéficos neste agroecossistema. Dentre eles, os predadores da subfamília Asopinae são considerados promissores, pois se alimentam de uma grande variedade de espécies de pragas (PIRES et al., 2015). Dentro dessa subfamília, a espécie *P. nigrispinus* é considerada como um importante agente de controle biológico (HOLTZ et al., 2016; TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006) e pode atingir populações significativas, alimentando-se de diversas presas alternativas e plantas antes da infestação das pragas (HOLTZ et al., 2011). Outras características apresentadas por esse predador são: (i) preda lagartas minadoras, (ii) tem alta capacidade de dispersar a grandes distâncias em busca de presas, (iii) possui boa adaptação a várias presas e temperaturas e (iv) é capaz de sobreviver em períodos de escassez de presas, alimentando-se de plantas como suplemento

alimentar (FERREIRA et al., 2008; HOLTZ, 2009; TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006). No entanto, a preservação de *P. nigrispinus* e demais inimigos naturais, é prejudicada pela utilização irracional de inseticidas químicos não seletivos, ou seja, produtos que ao controlar as pragas, causam efeitos indesejáveis sobre os agentes de controle biológico (FOERSTER, 2002). Dentre esses, salienta-se: seleção de populações de pragas resistentes, surtos populacionais de pragas secundárias, destruição de insetos não alvos como predadores, parasitoides e polinizadores, contaminação ambiental e riscos à saúde humana (BUSOLI, 1991; REZENDE et al., 2012). Também podem causar efeitos subletais ao prejudicar características biológicas dos inimigos naturais presentes na cultura, tais como mal formação de órgãos, deformações morfológicas, fecundidade, longevidade, razão sexual (FOERSTER, 2002) e afetar negativamente o comportamento dos insetos, como a mobilidade, orientação, alimentação e aprendizagem (DESNEUX et al., 2007).

Para preservar os inimigos naturais, é crucial o emprego de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que consiste em manter as populações de insetos-praga abaixo dos níveis de dano econômico e ao mesmo tempo preservar a diversidade de insetos benéficos presentes na cultura do algodoeiro, evitando com isso desequilíbrios biológicos (SOARES; NASCIMENTO; SILVA, 2008). Nesse contexto, é importante o uso de produtos fitossanitários seletivos aos predadores, parasitoides e entomopatógenos, para que possam demonstrar seu potencial como reguladores populacionais de pragas (NETTO et al., 2014).

Dessa forma, estudos a respeito do impacto da utilização de inseticidas sobre organismos não alvos são essenciais para a integração dos métodos de controle químico e biológico em programas de MIP. Para tal, é indispensável à avaliação dos efeitos letal e subletal sobre artrópodes benéficos para a determinação do efeito total (ET) da aplicação de inseticidas (DESNEUX et al., 2007).

Tendo em vista que *P. nigrispinus* tem grande potencial para ser utilizado no controle de diversas pragas presentes no agroecossistema algodoeiro, é necessário avaliar o impacto causado pelos inseticidas sobre este inimigo natural visando sua conservação/liberação no campo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de quatro inseticidas utilizados no controle de pragas em cultivos de algodoeiro sobre alguns parâmetros biológicos de *P. nigrispinus* em diferentes fases de desenvolvimento.

2 HIPÓTESES

Os inseticidas quando aplicados em ovos de *P. nigrispinus* causam prolongamento do período embrionário, redução da viabilidade e sobrevivência de ninfas;

Os inseticidas quando aplicados em ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* causam redução na sobrevivência, no peso de ninfas de quinto instar e alteram a razão sexual;

Os inseticidas quando aplicados em ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* reduzem o peso dos adultos formados, a fecundidade, o período de pré-oviposição, o intervalo de tempo para as oviposições e a viabilidade dos ovos da primeira geração;

Os inseticidas quando aplicados em adultos do predador reduzem a sobrevivência, o período de pré-oviposição, intervalo de tempo para as oviposições, fecundidade, viabilidade das posturas da primeira geração e peso corporal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de quatro dos principais inseticidas utilizados no controle de pragas da cultura do algodoeiro, sobre o desenvolvimento e reprodução do percevejo *P. nigrispinus*.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre o período embrionário, viabilidade dos ovos e sobrevivência das ninfas de *P. nigrispinus* a partir de ovos tratados;

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a sobrevivência das ninfas, peso das ninfas de quinto instar e razão sexual a partir de ninfas de segundo instar tratadas;

Avaliar os efeitos dos inseticidas nos adultos formados a partir de ninfas tratadas: intervalo de tempo para as oviposições, fecundidade, viabilidade dos ovos e peso seco dos adultos de *P. nigrispinus*;

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a sobrevivência dos adultos, fecundidade, intervalo de tempo para as oviposições, viabilidade dos ovos e peso seco dos adultos da primeira geração.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do algodoeiro

O algodoeiro pertence à família Malvaceae, gênero *Gossypium* e possui mais de 50 espécies conhecidas. Há indícios de que a domesticação dessa cultura tenha se iniciado há 7 mil anos no Vale do Rio Nilo (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Mas foi no século XVIII, que a cotonicultura dominou o mercado mundial pela produção de fios e tecidos através do desenvolvimento de máquinas de fiação têxtil (ASSOCIAÇÃO MATO-GROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - AMPA, 2017).

O cultivo do algodoeiro é realizado em mais de 60 países; envolve mais de 350 milhões de pessoas e movimenta cerca de US\$ 12 bilhões/ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODOÃO - ABRAPA, 2017). Neste cenário, o Brasil é o quinto maior produtor mundial (atrás da Índia, China, Estados Unidos e do Paquistão), com uma produção de 2.298,3 toneladas de caroço e 1.529,5 toneladas de pluma em uma área de 939,10 mil hectares na safra 2016/2017 (CONAB, 2017b). Entre os estados produtores da cultura no país, destaca-se Mato Grosso e Bahia, os quais produzem em torno de 87% da produção nacional, seguidos pelos estados do Mato Grosso do Sul e Goiás. Com relação ao mercado internacional, o Brasil se destaca na exportação de tecidos, malhas, pluma, fios e línter (ABRAPA, 2017).

Apesar da grande produção, a planta de algodão pode ser atacada por inúmeras espécies de insetos durante todo o ciclo de desenvolvimento. Aproximadamente 30 espécies (isoladas ou em grupos) são consideradas pragas e podem originar perdas consideráveis na produção da cultura no Brasil, exigindo que sejam adotadas medidas de controle para a redução dos surtos populacionais. Dentre essas pragas destacam-se bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae); curuquerê-do-algodoeiro *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae); lagarta rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae); lagarta rosada *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae); as lagartas-das-maçãs representadas pelas espécies *Chloridea virescens* (Fabricius, 1781), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) *Helicoverpa armigera* (Hübner) e *S. frugiperda*; mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae); pulgões *Myzus persicae* (Sulzer 1778) e *Aphis gossypii* (Glover, 1877) (Hemiptera: Aphididae), e os ácaros *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari:

Tarsonemidae), *Tetranychus urticae* (Koch 1836) e *Tetranychus ludeni* (Zacher, 1913) (Acari: Tetranychidae) (SARAN; SANTOS, 2008; CZEPAK et al., 2013).

Também podem ser encontrados inúmeros inimigos naturais das pragas presentes no agroecossistema algodoeiro. Os principais predadores são os percevejos *Podisus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae), *Geocoris* spp. (Hemiptera: Lygaeidae) e *Orius* spp. (Hemiptera: Heteroptera: Anthocoridae); as joaninhas *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763), *Eriopis connexa* (Germar, 1824) e *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae); os crisopídeos *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae); os carabídeos *Calossoma* spp. e *Lebia concinna* (Brullé, 1838) (Coleoptera: Carabidae); as formigas *Solenopsis invicta* e *Pheidole* spp. (Hymenoptera: Formicidae); as tesourinhas *Doru* spp. (Dermaptera: Forficulidae) e as vespas predadoras *Polistes* spp. (Hymenoptera: Vespidae). Os principais parasitoides presentes são *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) (Hymenoptera: Braconidae) que parasita e mumifica o pulgão *A. gossypii*; *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), microvespas que parasitam ovos principalmente de lepidópteros; *Bracon vulgaris* Asmead (Hymenoptera: Braconidae) e *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) que parasitam o bicudo-do-algodoeiro e a lagarta-rosada; bem como *Campoletis grioti* (Blanchard) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Microcharops* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), que parasitam lagartas da subfamília *Heliothinae* (SARAN et al., 2008; NETTO et al., 2014). Portanto, para garantir a produção agrícola do algodão, faz-se necessário o uso de várias medidas de controle de pragas para a preservação de espécies benéficas.

4.2 Aspectos biológicos de *P. nigrispinus*

O percevejo *P. nigrispinus* pertence à ordem Hemiptera, subfamília Asopinae e família Pentatomidae. Possui além da fase de ovo, cinco estádios ninfais e a fase adulta e difere de outras espécies de pentatomídeos por seu hábito alimentar predador (BUENO et al., 2012). A digestão de *P. nigrispinus* é extra-oral e ocorre pela introdução de toxinas no corpo da presa a partir de secreções das glândulas salivares e, em seguida, a ingestão do conteúdo liquefeito (COHEN, 1990).

A duração do período ninfal é em torno de 20 dias, enquanto a longevidade de machos e de fêmeas apresentam cerca de 57 e 40 dias quando os predadores são alimentados com lagartas de *S. frugiperda*, expostos à temperatura de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de 70 a 80% e fotofase de 14 horas (OLIVEIRA et al., 2004). Entretanto, o tipo de dieta, temperatura,

intervalos de alimentação e acesso ao material vegetal, influencia no desenvolvimento do predador (TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006).

Espindula et al. (2010) avaliaram o desenvolvimento e a reprodução de *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de *C. virescens*, comparado à alimentação com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). Verificou-se que o período de pré-oviposição de *P. nigrispinus* foi semelhante entre os tratamentos, sendo de 9,69 dias com *T. molitor* e 10,14 dias com *H. virescens*. Os números de posturas (16,48), ovos (392,76) e ninfas (222,34) por fêmea de *P. nigrispinus* foram maiores com *T. molitor* do que com *C. virescens* (8,89; 214,96 e 138,14, respectivamente), mas o número de ovos por postura (24,00 e 23,93) e a viabilidade dos ovos (65,09% e 58,54%) foram semelhantes entre os tratamentos. O número de ninfas por postura de *P. nigrispinus* foi menor com *T. molitor* (14,04) do que com *C. virescens* (15,79). A longevidade de machos e fêmeas de *P. nigrispinus* foi de 54,41 e 46,93 dias com *T. molitor* e de 49,21 e 40,00 dias com *C. virescens*.

Os ovos deste percevejo apresentam cerca de 1,2 mm de comprimento e 1 mm de largura, tem formato de barril e coloração amarelo dourado antes do desenvolvimento do embrião; o córion é translúcido e o opérculo é arredondado e convexo. Com o desenvolvimento embrionário, os ovos ficam mais escuros, tornando-se avermelhados próximos à eclosão das ninfas (MATESCO et al., 2014).

Após a eclosão, as ninfas apresentam coloração marrom-escura, com forma corporal arredondada. O tamanho das ninfas tem em média 1 mm de comprimento por 1 mm de largura; possuem o hábito de não alimentar-se no primeiro instar e permanecem agregadas próximas ao local da eclosão por aproximadamente um dia. No segundo instar, as ninfas começam forragear a área em busca de alimento; e nesse estágio elas apresentam as mesmas características morfológicas daquelas de primeiro instar, porém, com maior tamanho corporal. Nos instares seguintes a diferenciação pode ser feita por meio da coloração avermelhada com pequenas faixas escuras medianas e laterais no corpo (BUENO et al., 2012).

Os adultos de *P. nigrispinus* diferenciam das ninfas por apresentarem a região do hemiélitro totalmente formado, cobrindo e protegendo o abdômen; escutelo definido, além de apresentar no pronoto projeções laterais que são comuns a todas as espécies da subfamília Asopinae (BUENO et al., 2012). Os machos acasalam pela primeira vez no segundo dia após se tornarem adultos, enquanto que as fêmeas somente no terceiro dia (CARVALHO et al., 1994). Oviposições normalmente ocorrem um dia após o acasalamento e em intervalos entre dois a três dias (TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006).

4.3 Importância de *P. nigrispinus* no controle biológico de artrópodes-praga

O controle biológico das pragas do algodoeiro é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção de algodão. Dentre os agentes de controle biológico, os insetos predadores são essenciais para o controle natural de pragas dessa malvácea (MENEZES et al., 2012). Entre esses insetos, destaca-se a espécie *P. nigrispinus* que é um percevejo encontrado no agroecossistema algodoeiro predando principalmente lagartas e besouros (MOURA; GRAZIA, 2011; TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006).

O interesse da sua utilização em programas de controle biológico tem aumentado devido à sua ação predatória de lagartas em culturas de importância econômica como em algodoeiro consumindo *A. argillacea* (MEDEIROS et al., 2000); eucalipto, alimentando-se de lagartas desfolhadoras (ZANUNCIO et al., 2002), como exemplo *Nystalea nyseus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Notodontidae) (MAGISTRALI et al., 2014); em plantas de tomate, predando lagartas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (TORRES et al., 2002a); em milho, consumindo *S. frugiperda* (OLIVEIRA et al., 2004); em soja, se alimentando de *A. gemmatalis* (FERREIRA et al., 2008) e também em cultivos orgânicos de brassicáceas, consumindo larvas e pupas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (SILVA-TORRES et al., 2010).

Pesquisas evidenciaram o potencial de predação de *P. nigrispinus*. Santos et al. (1995) em seus estudos relataram que ninfas de 5º instar desse predador foram capazes de consumir de 9 a 15,8 lagartas de *A. argillacea* por dia, enquanto De Clercq e Degheele (1994) constataram que este percevejo tem a capacidade de consumir diariamente até 16 lagartas de *Spodoptera exigua* (Hubner 1808) (Lepidoptera Noctuidae), variando em função da idade e tamanho da presa, e que fêmeas adultas de *P. nigrispinus* consomem diariamente, em média, 87 ovos dessa praga. Santos e Boiça Jr (2002) avaliaram a predação de lagartas de *A. argillacea* e *S. exigua* por adultos de *P. nigrispinus* durante a fase adulta e observaram consumo de até 205 espécimes. Da mesma forma, Pires et al. (2009) observaram que este inimigo natural foi capaz de consumir diariamente até 16 larvas de *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae).

Além da eficiência predatória de *P. nigrispinus*, este percevejo tem a capacidade de alimentar-se de outras fontes para sua sobrevivência, uma vez que são insetos zoofitófagos, podendo utilizar substratos vegetais como suplemento alimentar (OLIVEIRA et al., 2002). São aptos a exercerem ocasionalmente a fitofagia, contudo, não existem na literatura relatos

de danos causados às plantas hospedeiras (COLL; GUERSHON, 2002). De acordo com Holtz et al. (2009), esse inimigo natural pode sobreviver até 15 dias sem a presença de presas, alimentando-se apenas de folhas de eucalipto.

P. nigrispinus é encontrado disponível no mercado nacional e internacional e pode ser utilizado no algodão para o controle de curuquerê-do-algodoeiro e lagartas da subfamília Heliiothinae. Silva et al. (2013) sugeriram realizar, semanalmente, liberações inundativas de 1.200 ninfas de quinto instar desse predador/ha na lavoura algodoeira, com a primeira liberação realizada logo após a infestação dos primeiros lepidópteros.

4.4 Aspectos gerais de seletividade de produtos químicos a inimigos naturais

O uso indiscriminado de inseticidas causa inúmeros problemas ao meio ambiente, o que tem favorecido o uso de agentes de controle biológico como parte do manejo de pragas (METCALF, 1980). No entanto, para o uso desta tática de controle, são necessários estudos envolvendo a seletividade de inseticidas químicos a insetos benéficos para auxiliar na escolha do produto fitossanitário compatível aos inimigos naturais (DIAMANTINO et al., 2014).

Define-se seletividade, como a capacidade de um composto em controlar o organismo alvo, sem afetar negativamente organismos benéficos como inimigos naturais e insetos polinizadores. A seletividade pode ser classificada em ecológica e fisiológica. A seletividade ecológica diz respeito às diferenças comportamentais ou de habitat entre pragas e organismos não alvos, permitindo que o inseticida químico entre em contato apenas com as pragas; a seletividade fisiológica é específica ao composto químico, o qual pode apresentar menor atividade aos inimigos naturais do que as pragas, mesmo quando ambos entram em contato com o inseticida (CROFT, 1990).

Dentre os mecanismos que podem ser responsáveis pela seletividade fisiológica de um produto a inimigos naturais destaca-se: penetração, metabolismo e sensibilidade no sítio de ação (YU, 2008). Uma estratégia ecologicamente seletiva são as mudanças na formulação (encapsulamento do ingrediente ativo) e no grau de ação sistêmica que podem promover seletividade aos pesticidas (TORRES et al., 2010).

Em estudos de seletividade, além do efeito letal dos pesticidas aos inimigos naturais em suas diferentes fases de desenvolvimento, é muito importante avaliar também os efeitos subletais. Como por exemplo, os possíveis efeitos sobre outros parâmetros biológicos como crescimento, desenvolvimento, reprodução (dimorfismo sexual, fecundidade e fertilidade), assim como em aspectos comportamentais como mobilidade, orientação, alimentação e

oviposição dos insetos expostos aos produtos químicos (FERNANDES; BACCI; FERNANDES, 2010).

Visando à padronização de estudos em seletividade, em 1974 foi criado o “Working Group Pesticides and Beneficial Arthropods” da “Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC), da West Palaeartic Regional Section (WPRS) (HASSAN, 1998). Esta organização internacional desenvolve métodos padronizados de testes em laboratório, semicampo e campo para avaliar a seletividade de inseticidas para serem usados em programas de MIP (HASSAN, 1994).

De acordo com a IOBC, os produtos fitossanitários são classificados em categorias de toxicidade que variam de 1 a 4, com base no efeito total (ET) do produto sobre o organismo benéfico, considerando a predação ou parasitismo, redução de oviposição e alterações na densidade populacional dos inimigos naturais (HASSAN et al., 2000).

4.5 Efeitos de inseticidas sobre *P. nigrispinus*

Diversos trabalhos têm sido realizados a fim de analisar os efeitos causados pelos inseticidas químicos sobre organismos não alvos, bem como selecionar compostos seletivos a serem utilizados pelos produtores rurais. Assim, os efeitos de inseticidas e acaricidas sobre adultos de na predação de *A. argillacea*, foram avaliados por Torres et al. (2002b) no campo, em que foram observados que os inseticidas monocrotofós e lambda-cialotrina foram mais tóxicos quando comparados ao espinosade. O efeito residual de monocrotofós e lambda-cialotrina foi evidente até três dias após a aplicação. Os autores observaram que a sobrevivência do predador foi reduzida por metiocarbe, tiametoxam, diafentiurom, abamectina e enxofre após um dia da aplicação, e apenas por tiametoxam após três dias. Pimetrozina, dicofol e propargite não afetaram negativamente a sobrevivência de *P. nigrispinus*. Não ocorreu predação de lagartas de *A. argillacea* por esse percevejo no dia da aplicação em plantas de algodão tratadas com metiocarbe; entretanto, ocorreu redução da predação para tiametoxam, abamectina, diafentiurom e enxofre, mesmo três dias após a aplicação. Os inseticidas pimetrozina e espinosade, bem como os acaricidas dicofol e propargite mostraram-se compatíveis com *P. nigrispinus*.

Castro et al. (2013) avaliaram a sobrevivência e a resposta comportamental dos predadores *P. nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Stal, 1860) (Hemiptera: Pentatomidae) expostos a deltametrina, metamidofós, espinosade e clorantraniliprole. A concentração recomendada no campo de deltametrina, metamidofós e espinosade para o controle de *A.*

gemmatalis causaram 100% de mortalidade de ninfas de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*, sendo que clorfantriliprole foi o menos tóxico para os predadores. Foram observadas alterações nos padrões comportamentais dos predadores para todos os inseticidas avaliados, principalmente metamidofós e espinosade.

Malaquias et al. (2014) estudaram os efeitos do inseticida imidacloprido sobre a resposta funcional do predador *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de *S. frugiperda*. As lagartas de *S. frugiperda* foram utilizadas nas seguintes condições: (i) populações resistentes e suscetíveis a lambda-cialotrina alimentadas com folhas de algodão Bollgard[®] (DP 404 BG) e (ii) populações resistentes e suscetíveis a lambda-cialotrina alimentadas com folhas de algodão convencional (cultivar DP 4049). Dois meios de contaminação foram utilizados, um residual (predador entrou em contato com resíduos do inseticida) e o outro por ingestão (predador se alimentou de lagartas contaminadas após aplicações de inseticidas nas folhas). Independente das condições estipuladas verificou-se que o comportamento predatório de *P. nigrispinus* foi reduzido pelo inseticida imidacloprido.

Em trabalho realizado por Castro et al. (2015), lagartas de *A. gemmatalis* alimentadas com folhas de soja previamente expostas a quatro inseticidas foram ofertadas ao predador *P. nigrispinus*. Espinosade e metamidofós foram comprovadamente não compatíveis com *P. nigrispinus*, pois causaram mortalidade de 90% após três dias e 95% após quatro dias de alimentação com lagartas contaminadas com os inseticidas. Deltametrina provocou baixa toxicidade para *P. nigrispinus* e clorfantriliprole foi considerado promissor devido à baixa toxicidade apresentada.

A seletividade de inseticidas para ninfas e adultos de *P. nigrispinus* foi avaliada por Stecca et al. (2017). Os piretroides bifentrina, zeta-cipermetrina, beta-citflutrina, lambda-cialotrina e deltametrina isolados ou em misturas com neonicotinoides e diamidas, tais como beta-citflutrina + imidacloprid, lambda-cialotrina + tiametoxam e clorfantriliprole + lambda-cialotrina, bem como o organofosforado clorpirifos, foram os inseticidas nocivos ao *P. nigrispinus*, enquanto os inseticidas reguladores de crescimento lufenuron, teflubenzuron, triflumuron, tebufenozide e novaluron foram prejudiciais apenas para ninfas de *P. nigrispinus*, sendo classificados como inácuos ou ligeiramente prejudiciais para adultos do predador. Entre os produtos avaliados, os autores consideraram seletivos para *P. nigrispinus* aqueles pertencentes ao grupo químico das espinosinas (spinosad e spinetoram) e ao grupo das diamidas (flubendiamida e clorfantriliprole), sendo classificados como inofensivos e ligeiramente prejudiciais para ninfas e adultos de *P. nigrispinus*.

Os efeitos do tratamento de sementes de soja com clorantraniliprole e tiametoxam sobre a tabela de vida, comportamento de caminamento de *P. nigrispinus* e também sobre a eficácia desses inseticidas para o controle de *S. frugiperda*, foram avaliados por Gontijo et al. (2018). Os autores observaram que tiametoxam causou mortalidade, aumentou o período de pré-oviposição e reduziu o período de oviposição e fecundidade do percevejo em comparação com clorantraniliprole. Em contraste, a expectativa de vida, taxa intrínseca de aumento populacional e o tempo que a população leva para duplicar em número foram prolongados pelo clorantraniliprole comparado ao tiametoxam. A taxa líquida de reprodução, o intervalo médio entre gerações, a velocidade de caminamento e a distância percorrida pelos predadores não foram afetados pelos produtos.

4.6 Características dos inseticidas utilizados nos bioensaios

Neste trabalho foram utilizados quatro inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e amplamente utilizados para o controle de pragas na cultura do algodoeiro no Brasil. Os produtos avaliados pertencem a diferentes grupos químicos e possuem modos de ação distintos.

4.6.1 Clorantraniliprole

Pertence ao grupo químico das diamidas antranílicas; age nos moduladores dos receptores de rianodina por meio da liberação de cálcio intracelular, exibindo efeito de contração muscular, com consequente apatia e total paralização do inseto, levando-o à morte. É um inseticida que atua por contato e ingestão. Na cultura do algodoeiro, este produto é indicado para o controle de lepidópteros como curuquerê-do-algodoeiro (*A. argillacea*), lagarta-da-maçã (*C. virescens*) e lagarta-militar (*S. frugiperda*). É classificado como medianamente tóxico (Classificação toxicológica: Classe III) e muito perigoso ao meio ambiente (Classificação do potencial de periculosidade ambiental: Classe II). Apresenta log Kow (Coeficiente de partição octanol/água) = 2,80; solubilidade em água de 0,972 mg/L e peso molecular de 483,15 g/mol (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2017a).

4.6.2 Ciantraniliprole

Pertence ao grupo químico das diamidas antranílicas; age de forma semelhante ao clorantraniliprole. Ativa os receptores de rianodina através de um estímulo para a liberação

das reservas de cálcio do retículo sarcoplasmático de células musculares causando má regulação, paralisia e morte de espécies sensíveis. É um inseticida que atua por contato e ingestão. Na cultura do algodoeiro, este produto é indicado para o controle de mosca-branca (*B. tabaci* biótipo B) pulgão-do-algodoeiro (*A. gossypii*) e lagarta-das-folhas *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae). É classificado como pouco tóxico (Classificação toxicológica: Classe IV) e perigoso ao meio ambiente (Classificação do potencial de periculosidade ambiental: Classe III). Apresenta log Kow = 2,80; solubilidade em água de 17,43 mg/L e peso molecular de 473.72 g/mol (FAO, 2017b).

4.6.3 Etofenproxi

Pertence ao grupo químico de éter difenílico; age no sistema nervoso dos insetos como moduladores de canais de sódio, similar aos piretroides. É um inseticida que atua por contato. Na cultura do algodoeiro, este produto é indicado para o controle do bicudo-do-algodoeiro (*A. grandis*) e lagarta-da-maçã (*C. virescens*). É classificado como medianamente tóxico (Classificação toxicológica: Classe III) e perigoso ao meio ambiente (Classificação do potencial de periculosidade ambiental: Classe III). Apresenta solubilidade em água de $22,5 \times 10^{-6}$ g/L; log Kow = 6,9 e peso molecular de 376,5 g/mol (FAO, 2017c).

4.6.4 Pimetrozina

Pertence ao grupo químico piridina azometina e atua bloqueando a alimentação dos insetos pela paralisia da glândula salivar. É um inseticida de ação sistêmica. Na cultura do algodoeiro, este produto é indicado para o controle de pulgão-do-algodoeiro (*A. gossypii*), bicudo-do-algodoeiro (*A. grandis*) e mosca-branca (*B. tabaci* biótipo B). É classificado como medianamente tóxico (Classificação toxicológica: Classe III) e pouco perigoso ao meio ambiente (Classificação do potencial de periculosidade ambiental: Classe IV). Apresenta solubilidade em água de 290 mg/L; log Kow de -0,18 e peso molecular de 217,096 g/mol. (TOMLIN, 1997).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, sob condições controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas.

5.1 Coleta e criação de *P. nigrispinus*

Ovos do predador *P. nigrispinus* foram obtidos da criação de manutenção da EMBRAPA Soja (Londrina, PR, Brasil) para início da criação (como descrito por Gontijo et al., 2018) junto ao Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras.

5.2 Bioensaios

5.2.1 Tratamentos avaliados

Os produtos com suas marcas comerciais e técnicas, fabricante, dosagem, formulação e grupo químico encontram-se na Tabela 1. Somente água destilada foi utilizada como tratamento controle.

Tabela 1 – Características dos inseticidas utilizados em algodoeiro e que foram avaliados nos bioensaios com o predador *Podisus nigrispinus*.

Nome Comercial	Produto Técnico	Fabricante	Dosagem (mL ou g/ L) ¹	Formulação ²	Grupo Químico
Benevia [®]	Ciantraniliprole	DuPont [®]	3,75	OD	Diamidas antranílicas
Chess [®]	Pimetrozina	Syngenta [®]	2,00	WG	Piridina azometina
Premio [®]	Clorantraniliprole	DuPont [®]	0,75	SC	Diamidas antranílicas
Safety [®]	Etofenproxi	Mitsui Chemicals [®]	2,50	EC	Éter Difenílico

¹ Para o preparo das caldas químicas foi considerado um volume de 200 litros de água por hectare.

² Tipos de formulação: OD = Suspensão Concentrada em Óleo; WG = Granulado Dispersível; SC = Suspensão Concentrada; EC = Concentrado Emulsionável.

5.2.2 Aplicação dos produtos

Os produtos foram aplicados via torre de Potter, ajustada a uma pressão de 15 lb.pol⁻², propiciando a aplicação de 1,5±0,5 mL de calda química.cm⁻², conforme metodologia estabelecida pela IOBC (VAN DE VEIRE et al., 1996).

5.2.3 Bionesaio com ovos de *P. nigrispinus*

Foram utilizados sessenta ovos com até 24 horas de idade por tratamento, obtidos da criação de manutenção do laboratório. Foram distribuídos dez ovos por placa de Petri de 15 cm de diâmetro e submetidos à pulverização dos inseticidas via torre de Potter. Em seguida, os ovos foram mantidos de forma individualizada em tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura) contendo chumaço de algodão umedecido com água destilada e oferecido a cada 48 h.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, sendo cada parcela experimental constituída por dez ovos do predador. Foram avaliadas a duração do período embrionário, viabilidade dos ovos e a mortalidade acumulada (ovos inviáveis + mortalidade de ninfas até às 72h após a eclosão).

5.2.4 Bioensaio com ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus*

Foram utilizadas sessenta ninfas de segundo instar com até 24 horas de idade por tratamento, obtidas da criação de manutenção do laboratório. Foram distribuídas dez ninfas por placa de Petri de 15 cm de diâmetro e submetidas à pulverização dos inseticidas via torre de Potter. Em seguida, os insetos foram mantidos de forma individualizada em placas de Petri de cinco cm de diâmetro e alimentados com uma lagarta de 3° - 4° instar de *S. frugiperda* a cada 48 h (Figura 1). Algodão umedecido com água destilada foi oferecido a cada 48 h.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, sendo cada parcela experimental constituída por dez ninfas do predador. Foram avaliados o peso das ninfas no quinto instar, a sobrevivência das ninfas e a razão sexual.

Com o objetivo de avaliar os efeitos na reprodução dos adultos provenientes de ninfas tratadas com os inseticidas, formou-se no mínimo cinco casais por tratamento (um casal por repetição), conforme preconizado pela IOBC, os quais foram individualizados em recipientes plásticos (1000 mL). Foram alimentados com uma lagarta de 3° - 4° instar de *S. frugiperda* e

oferecido algodão umedecido com água destilada a cada 48 h. Dentro de cada recipiente foi inserida uma planta de algodão (Monsanto Bollgard®), no estágio de desenvolvimento V1, cultivadas em copos de plástico com capacidade de 200 mL contendo substrato de vermiculita. A planta foi utilizada como fonte alimentar suplementar.

Após o período de pré-oviposição, foi registrado o número total de ovos durante as cinco primeiras posturas para obter a fecundidade; para avaliar a viabilidade desses ovos, as posturas foram individualizadas em placas de Petri de 10 cm de diâmetro e foi fornecido algodão umedecido com água destilada a cada 48 h para a manutenção da umidade. Após o período embrionário dos ovos, as ninfas eclodidas foram contabilizadas com o auxílio de microscópio estereoscópico com aumento de 35 vezes. Também foi registrado o tempo necessário para as oviposições. Após a coleta da última postura, os adultos foram congelados e submetidos a liofilizador para a obtenção do peso seco (Figura 2).

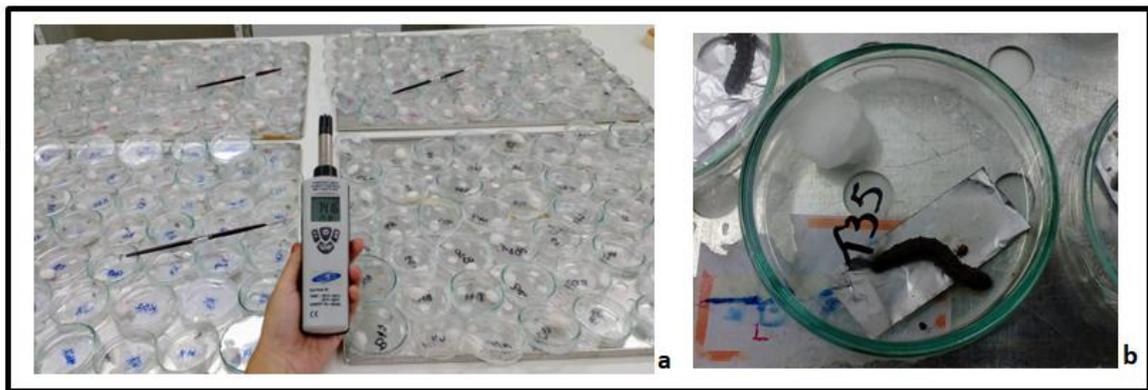


Figura 1. 1a) Placas de Petri contendo ninfas de segundo instar de *Podisus nigrispinus* após pulverização dos produtos e termohigrômetro; b) Placa de Petri contendo uma ninfa de 2º instar de *P. nigrispinus*, um chumaço de algodão umedecido em água destilada e uma lagarta de 4º instar de *S. frugiperda*.



Figura 2. Liofilizador utilizado para a secagem das amostras.

5.2.5 Bioensaio com adultos de *P. nigrispinus*

Foram utilizados 25 machos e 25 fêmeas adultas de *P. nigrispinus* com até 48 h de idade e não acasalados por tratamento, obtidos da criação de manutenção de laboratório. Os insetos foram tratados com os inseticidas via torre de Potter, conforme já descrito anteriormente. Em seguida, foram mantidos aos pares em recipientes plásticos (1000 mL) e alimentados com uma lagarta de 3° - 4° instar de *S. frugiperda* a cada 48 h. Em cada recipiente foi ofertada uma planta de algodão como fonte alimentar suplementar, conforme subitem 5.2.4. Água foi oferecida por meio de um chumaço de algodão umedecido (Figura 3).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela experimental constituída por cinco fêmeas e cinco machos adultos do predador. A sobrevivência dos insetos (♂ e ♀) foi avaliada diariamente. Também foi registrada a fecundidade e viabilidade de cinco posturas colocadas por cada casal conforme subitem 5.2.4.



Figura 3. Recipientes plásticos contendo adultos de *Podisus nigrispinus* após pulverização dos produtos.

5.2.6 Análises estatísticas e classificação toxicológica

Dados obtidos nos bioensaios com ovos, ninfas e adultos de *P. nigrispinus* foram submetidos à *one-way* ANOVA ou ao teste de Kruskal-Wallis e, quando necessário, as médias dos tratamentos foram separadas pelos testes de Tukey ou Dunn's. Os dados de reprodução com ninfas foram analisados usando o teste *t*-Student para amostras independentes ou o seu correspondente não paramétrico, teste de Mann-Whitney. Razão sexual ($\frac{\sum \text{♀}}{\sum (\text{♀} + \text{♂})}$) e proporção de adultos mortos (♂ e ♀) do bioensaio com adultos foram submetidos ao teste de Qui-quadrado. Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram analisados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. As análises foram realizadas por meio do programa SigmaPlot 12.5 (Systat, 2013), com $\alpha = 0,05$.

Os dados de sobrevivência dos insetos ao longo do tempo foram submetidos à análise de sobrevivência, aplicando o modelo de Weibull. Foi realizada análise de contraste entre os tratamentos, visando a formação de grupos congêneres. Foi possível também estimar o tempo letal mediano (TL50) de cada grupo. Essa análise foi realizada por meio do software R (package survival) (R Core Team, 2015).

Em cada bioensaio, os inseticidas foram enquadrados em classes de toxicidade seguindo critérios da IOBC: 1= inócuo (parâmetro < 30%), 2 = levemente nocivo ($30\% \leq$ parâmetro $\leq 79\%$), 3 = moderadamente nocivo ($80 \leq$ parâmetro $\leq 99\%$) e 4 = nocivo (parâmetro > 99%) (HASSAN, 1994). No bioensaio com ovos, a mortalidade acumulada corrigida pela fórmula de Schneider-Orelli's $[(\text{inseticida} - \text{controle}) / (100 - \text{controle})] \times 100$

foi o parâmetro usado para a classificação da toxicidade dos inseticidas; enquanto nos bioensaios com ninfas e adultos, o parâmetro utilizado foi o efeito total (%) = $100 - ((100 - Mc) \times ER_n)$, onde Mc é a mortalidade corrigida e ER_n é o efeito na fecundidade e na viabilidade: $ER = \text{inseticida/controlado}$.

6 RESULTADOS

6.1 Exposição de ovos de *P. nigrispinus* a inseticidas

Após a exposição de ovos de *P. nigrispinus* aos pesticidas, verificou-se que não houve alteração no período embrionário com médias de 3,6 a 3,8 dias ($p = 0,772$; g.l. = 4; $F = 0,4$). Porém, etofenproxi reduziu a viabilidade dos ovos do predador, com média de 48,3%, enquanto os demais tratamentos foram superiores a 80% (Tabela 2).

A mortalidade acumulada foi contabilizada pelo somatório do número de ovos inviáveis e a sobrevivência das ninfas até às 72 horas da eclosão; observou-se que etofenproxi causou mortalidade acumulada de 70%, enquanto o tratamento controle causou 26,7%. Ciantraniliprole, clorantraniliprole e pimetozina causaram mortalidade acumulada de 8,3%, 11,7% e 21,7%, respectivamente. Pela classificação toxicológica da IOBC, etofenproxi foi classificado como levemente nocivo (classe 2), enquanto os demais foram enquadrados na classe 1 (inócuos) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de desenvolvimento de *Podisus nigripinus* após a aplicação de inseticidas sobre ovos do predador e classificação toxicológica dos inseticidas segundo a IOBC.

Tratamento	Viabilidade dos ovos (%)	Mortalidade acumulada ¹ (%)	Classe IOBC ²
Controle (água)	80,0 ± 3,7 a	26,7 ± 2,1 b	-
Ciantraniliprole	95,0 ± 2,2 a	8,3 ± 3,1 c	-25,1 (1)
Clorantraniliprole	90,0 ± 2,6 a	11,7 ± 3,1 c	-20,5 (1)
Etofenproxi	48,3 ± 9,5 b	70,0 ± 7,7 a	59,1 (2)
Pimetrozina	81,7 ± 3,1 a	21,7 ± 3,1 b	-6,8 (1)
<i>Estatística*</i>			
<i>F</i> ou <i>H</i>	17,2 ^b	33,1 ^a	-
GL	4	4; 25	-
<i>P</i>	0,002	< 0,001	-

¹ Ovos inviáveis + mortalidade de ninfas até às 72h após a eclosão; ²Mortalidade corrigida pela fórmula de Schneider-Orelli's e classes de toxicidade segundo IOBC: 1= inócuo (mortalidade < 30%); 2 = levemente nocivo (30% ≤ mortalidade ≤ 79%); 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ mortalidade ≤ 99%) e 4 = nocivo (mortalidade > 99%) (HASSAN, 1994); *Dados analisados por *one-way* ANOVA (a) ou Kruskal-Wallis (b). Médias (± erro-padrão) seguidas por diferentes letras são significativamente diferentes pelos testes de Tukey ou Dunn's ($\alpha = 0,05$).

6.2 Exposição de ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* a inseticidas

Quando ninfas de segundo instar do predador foram expostas diretamente aos produtos, observou-se que não houve diferença no peso das ninfas quando atingiram o quinto instar de desenvolvimento, com médias de 24,4 a 27,9 mg ($p = 0,361$; g.l. = 3; $F = 1,1$). Referente à razão sexual, observou-se menor número de fêmeas quando as ninfas foram tratadas com ciantraniliprole e clorantraniliprole (Tabela 3).

Somente o inseticida pimetrozina permitiu avaliar os parâmetros reprodutivos do predador, uma vez que possibilitou a sobrevivência de insetos suficientes para formar no mínimo cinco casais como preconizado pela IOBC. Esse inseticida não afetou negativamente o período de pré-oviposição, fecundidade e o período para as oviposições. Porém, causou redução na viabilidade dos ovos provenientes dos insetos expostos (Tabela 3).

O inseticida etofenproxi causou 100% de mortalidade às ninfas sendo classificado como nocivo (classe 4), enquanto os demais tratamentos foram levemente nocivos (classe 2).

Tabela 3. Parâmetros de desenvolvimento e reprodução de *Podisus nigripinus* após aplicação de inseticidas sobre ninfas de 2º instar do predador e classificação toxicológica dos inseticidas segundo a IOBC.

Tratamento	Desenvolvimento		Reprodução ³				Classe IOBC ⁶	
	Mortalidade total ¹ (%)	Razão sexual ² (n)	Casais (n)	Pré-oviposição ⁴ (dias)	Fecundidade ⁵ (ovos/fêmea)	Tempo para 5 posturas (dias)		Viabilidade de ovos (%)
Controle (água)	51,3 ± 8,2 c	0,56 ± 0,02 (27)	12	5,6 ± 1,4	152,1 ± 17,8	17,0 ± 1,6	89,0 ± 4,7 a	
Pimetrozina	68,4 ± 4,2 bc	0,59 ± 0,03 (17)	6	3,0 ± 0,7	153,8 ± 23,2	13,5 ± 2,7	58,7 ± 13,7 b	56,7 (2)
Ciantraniliprole	82,2 ± 5,3 ab	0,40 ± 0,05 (10)	-	-	-	-	-	63,5 (2)
Clorantraniliprole	82,9 ± 2,3 ab	0,40 ± 0,05 (10)	-	-	-	-	-	64,9 (2)
Etofenproxi	100 a	-	-	-	-	-	-	100 (4)
<i>Estatística*</i>								
<i>F</i> ; χ^2 ; <i>U</i> ou <i>t</i>	14,1 ^a	1,6 ^b		16,5 ^c	-0,1 ^d	14,0 ^c	2,6 ^d	
GL	4; 25	3		6; 9	13	6; 9	16	
<i>P</i>	< 0,001	0,659		0,231	0,953	0,137	0,019	

¹Mortalidade acumulada até a fase adulta.

²Razão sexual = número de fêmeas/número de machos + fêmeas.

³Os parâmetros reprodutivos são foram avaliados para os tratamentos que permitiram formar cinco ou mais casais.

⁴Tempo entre a formação dos casais até a primeira postura.

⁵Total de ovos nas cinco primeiras posturas.

⁶Efeito total (%) = 100 - ((100 - Mc) x ER_n), onde Mc é a mortalidade corrigida pela fórmula de Schneider-Orelli's e ER_n é o efeito na fecundidade e na viabilidade: ER = inseticida/controle. Classes de toxicidade da IOBC: 1= inócuo (efeito total < 30%); 2 = levemente nocivo (30% ≤ efeito total ≤ 79%); 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ efeito total ≤ 99%) e 4 = nocivo (efeito total > 99%) (HASSAN, 1994).

*Dados analisados por *one-way* ANOVA (a), Qui-quadrado (b), Mann-Whitney (c) ou *test-t* (d).

Médias (± erro-padrão) seguidas por diferentes letras são significativamente diferentes pelos testes de Tukey ou *test-t* ($\alpha = 0,05$).

Ao avaliar a sobrevivência de ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* expostos aos compostos avaliados, observou-se a formação de quatro grupos distintos, em que o grupo 1 foi formado apenas pelo tratamento controle (água destilada), evidenciando que todos os produtos afetaram negativamente a sobrevivência das ninfas, com TL_{50} superior a 14 dias. O grupo 2 foi formado por pimetozina, o qual apresentou TL_{50} de 10,5 dias. O grupo 3 foi formado pelos inseticidas ciantraniliprole e clorantraniliprole, com TL_{50} de 8 dias e por fim o grupo 4 constituído pelo produto etofenproxi com TL_{50} de 0,8 dia (Figura 4).

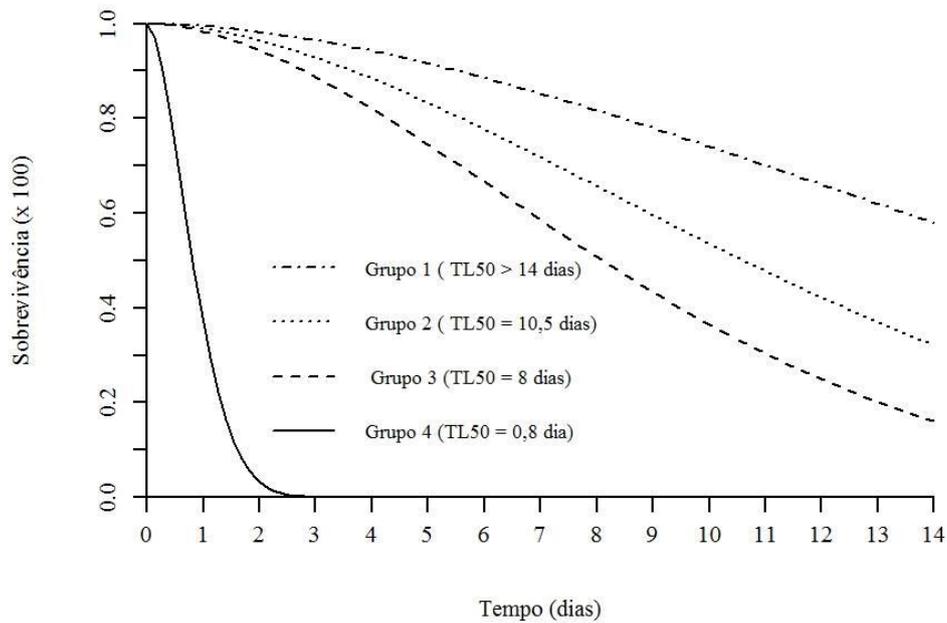


Figura 4. Curvas de sobrevivência (estimadas pela distribuição de Weibull) de ninfas de segundo instar de *Podisus nigrispinus* tratadas com os inseticidas. Grupo 1: água (controle) = $\exp(-(x/19,69)^{1,77})$; Grupo 2: pimetozina = $\exp(-(x/13,05)^{1,77})$; Grupo 3: ciantraniliprole e clorantraniliprole = $\exp(-(x/9,96)^{1,77})$ e Grupo 4: etofenproxi = $\exp(-(x/1)^{1,77})$.

6.3 Exposição de adultos de *P. nigrispinus* a inseticidas

Quando os produtos foram aplicados em adultos do predador, verificou-se que dentre os parâmetros biológicos avaliados, pimetozina foi o produto que mais reduziu o período de pré-oviposição, enquanto ciantraniliprole reduziu a viabilidade dos ovos. A fecundidade e o tempo necessário para as oviposições não foi afetado, com médias entre 114,1 a 148,4 ovos/fêmea ($p = 0,218$; g.l. = 3; $F = 1,5$) e 11,5 a 14,1 dias ($p = 0,275$; g.l. = 3; $F = 3,9$). O peso seco dos adultos não foi afetado pelos tratamentos com o peso médio de machos entre 15,9 a 19,6 mg ($p = 0,393$; g.l. = 3; $F = 3,0$) e peso médio de fêmeas entre 27,7 a 29,9 mg ($p = 0,712$; g.l. = 3; $F = 0,5$).

O tratamento etofenproxi causou 100% de mortalidade dos insetos em até 72 h após sua aplicação, demonstrando ser nocivo (classe 4) ao predador. Ciantraniliprole e clorantianiliprole foram levemente nocivos (classe 2) e pimetozina foi inócua (classe 1) (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros reprodutivos de *Podisus nigrispinus* após aplicação de inseticidas sobre adultos do predador e classificação toxicológica dos inseticidas segundo a IOBC.

Tratamento	Pré-oviposição ¹ (dias)	Viabilidade de ovos (%)	Mortalidade final ³ (proporção)		Classe IOBC ⁴
			Macho	Fêmea	
Água destilada	7,2 ± 0,2 a	66,9 ± 7,2 a	0,12 ± 0,06 b	0,24 ± 0,09	-
Ciantraniliprole	6,9 ± 0,5 ab	41,5 ± 10,6 b	0,52 ± 0,10 a	0,36 ± 0,10	55,3 (2)
Clorantianiliprole	7,9 ± 0,6 a	64,9 ± 10,3 a	0,44 ± 0,10 a	0,48 ± 0,10	48,1 (2)
Pimetozina	6,2 ± 0,7 b	71,7 ± 7,6 a	0,36 ± 0,10 ab	0,28 ± 0,09	7,2 (1)
<i>Estatística*</i>					
<i>F</i> ou <i>H</i>	11,6 ^b	3,4 ^a	9,8 ^c	3,7 ^c	
GL	3	3; 73	3	3	
<i>P</i>	0,009	0,045	0,021	0,291	

¹Tempo entre a formação dos casais (n = 25 por tratamento) até a primeira postura.

²Total de ovos nas cinco primeiras posturas.

³Proporção de insetos mortos no (27 dias) de avaliação.

⁴Efeito total (%) = 100 - ((100 - Mc) x ER_n), onde Mc é a mortalidade corrigida (média ♂ e ♀) pela fórmula de Schneider-Orelli's e ER_n é o efeito na fecundidade e na viabilidade: ER = inseticida/controle. Classes de toxicidade da IOBC: 1= inócua (efeito total < 30%); 2 = levemente nocivo (30% ≤ efeito total ≤ 79%); 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ efeito total ≤ 99%) e 4 = nocivo (efeito total > 99%) (HASSAN, 1994).

*Dados analisados por *one-way* ANOVA (a); Kruskal-Wallis (b) ou Qui-quadrado (c).

Médias (± erro-padrão) seguidas por diferentes letras são significativamente diferentes pelos testes de Tukey, Dunn's ou Qui-quadrado ($\alpha = 0,05$).

7 DISCUSSÃO

Sensibilidades distintas foram observadas ao predador *P. nigrispinus* por meio da pulverização dos produtos químicos. No entanto, os mecanismos de seletividade fisiológica desses inseticidas ainda não estão devidamente esclarecidos em virtude da carência de pesquisas a respeito de sua bioquímica e de reações fisiológicas nos insetos. Esses resultados podem estar associados às propriedades físico-químicas dos inseticidas, que podem resultar em uma menor penetração no tegumento dos insetos, desintoxicação mais fácil ou não alcance do sítio de ação (YU, 2008).

O ovo dos insetos é constituído por um núcleo revestido por uma camada protetora, formada por duas coberturas externas: a membrana vitelina que envolve o citoplasma e o córion. O córion em sua maioria é composto pelas camadas de cera, porção mais interna do córion, endocórion e pelo exocórion (GULLAN; CRANSTON, 2012). Acredita-se que em função da constituição do córion, especialmente pela presença da camada de cera, pode ocorrer retenção de parte dos compostos químicos com propriedades lipofílicas (PEDROSO et al., 2012). Assim, quando os ovos do predador foram submetidos aos inseticidas via pulverização, verificou-se ação ovicida apenas para o etofenproxi o qual apresenta $\log Kow = 6,9$. Sua ação ovicida pode estar relacionada ao alto valor de $\log Kow$, o qual confere maior lipofilicidade e, portanto, facilita a penetração do produto através do córion e sua translocação para o seu sítio de ação (GUEDES; LIMA; ZANUNCIO, 1992). Os demais inseticidas avaliados exibem menor lipofilicidade, sendo que clorantraniliprole e ciantraniliprole apresentam $\log Kow = 2,8$ e pimetozina apresenta $\log Kow = - 0,18$ e, em função disso, devem ter ficado retidos na camada de cera do córion. Moscardini et al. (2013) também demonstraram a inocuidade de clorantraniliprole e pimetozina quando aplicados sobre ovos do predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae).

A capacidade de penetração do inseticida etofenproxi em ovos de artrópodes foi relatada por Takada, Kawamura e Tanaka (2001), os quais verificaram que quando ovos de *Mamestra brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Noctuidae) parasitados por *Trichogramma dendrolimi* (Matsumura) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foram tratados com esse produto, reduziram a emergência do parasitoide. Youn et al. (2003) constataram que este inseticida reduziu a viabilidade dos ovos e causou alta mortalidade para as larvas de primeiro instar de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) logo após a eclosão. Souza et al. (2014) também observaram que etofenproxi reduziu o sucesso de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando aplicado em ovos de hospedeiros contendo o parasitoide no estágio de ovo-larva. Ressalta-se que devido ao hábito das ninfas de pentatomídeos permanecerem sobre o córion, logo após a eclosão, por aproximadamente um dia (TORRES; ZANUNCIO; MOURA, 2006), podem ter sofrido maior contaminação por etofenproxi.

Em insetos podem ocorrer modificações estruturais, principalmente relacionadas com a economia de água. Entre elas, destaca-se desenvolvimento de uma camada delgada de cera na cutícula, o que permite impermeabilização do tegumento, além de proteção contra a agressão de agentes químicos, inclusive inseticidas (RAFAEL et al., 2012). A cutícula dos insetos pode apresentar um sistema de duas fases, lipofílico-hidrofílico. A fase mais externa é

cerosa e, portanto, hidrofóbica e as camadas internas possuem propriedades hidrófilicas. Portanto, devido à maioria dos inseticidas serem apolares, a camada de cera é a primeira barreira para sua ação de contato (YU, 2008). Ainda assim, diferentes graus de impermeabilização podem ocorrer entre as espécies em razão de variações da composição cuticular (CHAPMAN, 1998). Dessa forma, a penetração de inseticidas no corpo dos insetos depende da sua afinidade com a cutícula, tal como sua espessura e composição química.

Quando os produtos foram aplicados sobre ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus*, observou-se redução da sobrevivência dos insetos em todos os tratamentos. No entanto, o número de insetos vivos no tratamento controle foi baixo, e isto possivelmente aconteceu devido à falta de suplementação alimentar como plantas de algodão, visto que neste trabalho foi oferecido somente lagartas de *S. frugiperda* como alimento e este predador é um inseto zoofitófago. Oliveira et al. (2004) e Gontijo et al. (2018) também observaram baixa sobrevivência de ninfas de *P. nigrispinus* quando alimentados somente com lagartas de *S. frugiperda*.

Dentre os inseticidas avaliados, etofenproxi foi o que causou maior mortalidade das ninfas, e isto possivelmente pode ter ocorrido em função de sua alta lipofilicidade, facilitando sua entrada através da cutícula tegumentar e consequente atuação no sítio de ação. Além disso, de acordo com Youn et al. (2003), os artrópodes em início do seu desenvolvimento são mais sensíveis aos efeitos de produtos fitossanitários, uma vez que apresentam menos enzimas detoxificadoras; como as enzimas citocromo P450, esterases, glutaiona-S-transferases, entre outras, capazes de metabolizar os inseticidas (YU, 2008). Ademais, os insetos nessa fase geralmente apresentam estrutura cuticular mais delgada e menos esclerotizada (CHAPMAN, 1998). Os resultados de mortalidade de ninfas do presente estudo corroboram com os de Castro et al. (2013), os quais constataram que deltametrina, um piretroide, com ação similar a etofenproxi, causou 100% de mortalidade de ninfas de *P. nigrispinus* por meio de contato com superfície tratada.

Nos tratamentos à base de ciantraniliprole e clorantraniliprole foi observado menor número de fêmeas adultas provenientes de ninfas de segundo instar tratadas. Devido a isso, pode haver redução da população de *P. nigrispinus* na próxima geração e consequentemente afetar negativamente o estabelecimento do predador no agroecossistema. Fêmeas de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) também foram vulneráveis à aplicação de inseticidas (SHEARER; USMANI, 2001), o que demonstra a complexidade da resposta de artrópodes aos produtos químicos e evidencia a necessidade da continuidade das pesquisas para elucidar a diferença de susceptibilidade de inseticidas entre machos e fêmeas.

Referente aos inseticidas clorantraniliprole e ciantraniliprole, os resultados assemelham-se aos obtidos por Moscardini et al. (2013) os quais constataram que clorantraniliprole não reduziu a sobrevivência de ninfas e nem o período ninfal de *O. insidiosus*. Contudo, Fernandez (2015) observou que ciantraniliprole foi moderadamente tóxico para larvas de *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville, 1842) (Coleoptera: Coccinellidae) quando expostas topicamente, enquanto que clorantraniliprole demonstrou ser inócuo.

No presente estudo, constatou-se que adultos de *P. nigrispinus* expostos a pimetrozina tiveram maior redução no período de pré-oviposição e que ciantraniliprole diminuiu a viabilidade dos ovos do predador. De acordo com Haynes (1998), a reprodução é coordenada pelo sistema nervoso e hormonal do inseto, e envolve uma série de eventos comportamentais e fisiológicos. Produtos fitossanitários podem desarranjar esses eventos e, assim, ocasionar em efeitos desfavoráveis ao sucesso reprodutivo do predador. Devido ao baixo valor de log Kow de pimetrozina e ciantraniliprole, supõe-se que uma pequena quantidade de inseticida penetrou o tegumento do inseto, induzindo a estes efeitos subletais.

Semelhante às outras fases estudadas, etofenproxi causou grande mortalidade dos insetos adultos quando submetidos à pulverização do produto. A toxicidade deste composto para predadores das pragas do algodoeiro, em campo, foi estudada por Lima Júnior et al. (2010); segundo os autores, o inseticida apresentou alta percentagem de mortalidade de inimigos naturais, sendo classificado como tóxico.

Em resumo, após a exposição de *P. nigrispinus* aos inseticidas ciantraniliprole, clorantraniliprole, pimetrozina e etofenproxi, observou-se que o predador apresentou diferenças em suscetibilidade dependendo da fase de desenvolvimento. De maneira geral, os ovos foram menos susceptíveis à aplicação dos inseticidas; e dentre os produtos químicos avaliados, pimetrozina foi o inseticida mais compatível com o predador *P. nigrispinus*.

8 CONCLUSÕES

Os inseticidas quando aplicados em ovos de *P. nigrispinus* não prolongam o período embrionário; e não reduzem a viabilidade dos ovos e sobrevivência de ninfas. Exceto, etofenproxi que reduz a viabilidade.

Os inseticidas quando aplicados em ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* reduzem a sobrevivência, mas não afetam o peso de ninfas de quinto instar; clorantraniliprole e ciantraniliprole alteram a razão sexual;

Pimetrozina quando aplicado em ninfas de segundo instar de *P. nigrispinus* não reduz o período de pré-oviposição, a fecundidade e o intervalo de tempo para as oviposições, mas reduz a viabilidade dos ovos da primeira geração.

Os inseticidas quando aplicados em adultos do predador não reduzem a fecundidade, o intervalo de tempo para as oviposições e o peso seco de adultos; pimetrozina reduz o período de pré-oviposição e ciantraniliprole diminui a viabilidade das posturas da primeira.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho poderão ser utilizados na formulação de estratégias para o emprego de programas de MIP, visto que a seletividade fisiológica de inseticidas é um dos seus componentes básicos, permitindo o controle das pragas e ao mesmo tempo a conservação dos inimigos naturais em agroecossistemas.

Dentre os inseticidas avaliados, pimetrozina foi o menos tóxico e por isto pode ser recomendado em programas de MIP na cultura algodoeira visando à preservação da *P. nigrispinus*.

Etofenproxi foi o produto mais tóxico para *P. nigrispinus* em laboratório, devendo ser avaliado em condições de casa de vegetação e campo para confirmação de sua toxicidade.

10 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO MATO-GROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - AMPA. **História do Algodão**. Cuiabá, Mato Grosso. 2017. Disponível em: http://www.ampa.com.br/site/qs_historia.php. Acessado em: 14 de dezembro de 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODOÃO - ABRAPA. **Estatísticas: O algodão no mundo**. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>>. Acesso em: 7 novembro de 2017.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia Produtiva do Algodão**. Brasília: Biblioteca Nacional da Agricultura, v, 4, 2007.
- BUENO, A.F. et al. **Inimigos naturais das pragas da soja**. In: HOFFMANN-CAMPO, B.S.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, p. 493-629.
- BUSOLI, A. C. **Práticas culturais, reguladores de crescimento, controle químico e feromônios no manejo integrado de pragas do algodoeiro**. In: DEGRANDE, P.E. (Ed.), *Bicudo do algodoeiro: manejo integrado*. Campo Grande: UFMS-Embrapa/CPAO, 1991. 141p.
- CARVALHO, R. S. et al. Ritmo do comportamento de acasalamento e atividade sexual de *Podisus connexivus* Bergroth (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 23, n. 2, p.197-202, 1994.
- CASTRO, A.A. et al. Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere**, v. 93, n. 6, p. 1043-1050, 2013.
- CASTRO, A.A. et al. Demographic parameters of the insecticide-exposed predator *Podisus nigrispinus*: implications for IPM. **Bioncontrol**, Dordrecht, v.60, n.2, p. 231-239, 2015.
- CHAPMAN, R.F. **The Insects: Structure and function**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 770p.
- COHEN, A.C. Feeding adaptations of some predaceous Hemiptera. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 83, n. 5, p.:1215-1223, 1990.
- COLL, M.; GUERSHON, M. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.47, n.1, p.267-297, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Monitoramento agrícola**. v.4, p. 1-125, 2017a. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2017a.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Proposta de Preços Mínimos Safra 2016/2017**. v.2, n.2, p. 10-26, 2017b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 de janeiro de 2017b.

COTTON INCORPORATED. **Monthly Economic Letter**. Disponível em:

<http://www.cottoninc.com/corporate/Market-Data/MonthlyEconomicLetter/>. Acessado em 13 de dezembro de 2017.

CROFT, B. A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley-1721 Interscience, 1990. 723 p.

CZEPAK, C. et al. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n. 1, p.110-113, 2013.

DE CLERCQ, P.; DEGHEELE, D. Laboratory measurement of predation by *Podisus maculiventris* and *P. sagitta* (Hemiptera: Pentatomidae) on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.87, n.1, p.76-83, 1994.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, JM. The sublethal effects of pesticides on 896 beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.

DIAMANTINO, E.P. et al. Seletividade de inseticidas a alguns dos inimigos naturais na cultura do algodão. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v.81, n.2, p. 150-158, 2014.

ESPINDULA, M.C. et al. Desenvolvimento e reprodução de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentado com lagartas de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Idesia**, Arica, v.28, p.17-24, 2010.

FERNANDES, F. L.; BACCI, L.; FERNANDES, M. S. Impact and Selectivity of Insecticides to Predators and Parasitoids, **EntomoBrasilis**, Vassouras, v.3, n.1, p. 1-10, 2010.

FERNANDEZ, L. **Lethal and Sublethal Effects of Pesticides Used in Western United States Orchards on *Hippodamia convergens***. 75p. 2015. Dissertation (Doctor). University of California, Berkeley, 2015.

FERREIRA, J.A.M. et al. Predatory behaviour of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) on different densities of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Biocontrol Science and Technology**, Oxon, v.18, n.7, p.711-719, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Fao Specifications and Evaluations For Agricultural Pesticides: Chlorantraniliprole**, 2017a.

Disponível em:

http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Chlorantraniliprole.pdf. Acessado 18 dezembro de 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Fao Specifications and Evaluations For Agricultural Pesticides: Ciantraniliprole**, 2017b.

Disponível em:

<http://www.fao.org/search/en/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=ciantraniliprole&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fhome%2Fen%2F&ref=&ss=12797j21650535j27>. Acessado em 18 dezembro de 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Fao Specifications and Evaluations For Agricultural Pesticides: Etofenprox**, 2017c. Disponível em:

http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Etofenprox07.pdf. Acessado em 18 dezembro de 2017.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: PARRA, J. R. 210 P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 6, p. 95-114.

GONTIJO, P.C. et al. Non-target impacts of soybean insecticidal seed treatments on the life history and behavior of *Podisus nigrispinus*, a predator of fall armyworm. **Chemosphere**, v. 191, p. 342-349, 2018.

GUEDES, R.N.C., LIMA, J.O.G., ZANUNCIO, J.C. Seletividade dos inseticidas deltametrina, fenvalerato e fenitrotion para *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.3, n.21, p.339–346, 1992.

GULLAN P, J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos** : Um resumo de entomologia. São Paulo: Roca, p. 123-127, 2012.

HASSAN, S. A. et al. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS: Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga**, Paris, v. 39, n.1, p. 107-119, 1994.

HASSAN ,S.A. **The initiative of the IOBC/WPRS Working Group on Pesticides and Beneficial Organisms**. In: HASKELL, P.T., MCEWEN, P. (Ed.) **Ecotoxicology: Pesticides and beneficial organisms**. Springer US, 1998, p. 22-26.

HASSAN, S. A. et al. Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-targeted arthropods. **IOBC /WPRS Bulletin**, Reinheim, 2000, p. 107-119, 2000.

HAYNES, K.J. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Reviews of Entomology**, Palo Alto, v.1, n.33, p. 149-168, 1988.

HOLTZ, A.M. et al. Survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): Effects of prey Scarcity and Plant Feeding. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v.69, n.3, p.468-472, 2009.

HOLTZ, A.M. et al. Phytophagy on eucalyptus plants increases the development and reproduction of the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p. 231-235, 2011.

HOLTZ, A.M. et al. Implicações da proporção de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) sobre suas características reprodutivas e longevidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.11, n.1, p.8-13, 2016.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Custo de produção algodão - Safra 2016/2017**. Disponível em: www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_CPAAlgodao_12_2015.pdf. Acessado em: 20 de março de 2018.

LIMA JÚNIOR, I.S. et al. Seletividade de inseticidas sobre o complexo de predadores das pragas do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 347-353, 2010.

MAGISTRALI, I.C. et al. Novos registros de Asopinae (Pentatomidae) predadores de lagartas *Nystalea nyseus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Notodontidae). **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 209-212, 2014.

- MALAQUIAS, J.B. et al. Imidacloprid affects the functional response of predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to strains of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on Bt cotton. **Ecotoxicology**, Dordrecht, v. 23, n.2, p. 192-200, 2014.
- MATESCO, V. C. et al. External egg structure of the Pentatomidae (Hemiptera: Heteroptera) and the search for characters with phylogenetic importance. *Zootaxa*, v. 3768, n.3, p. 351-385, 2014.
- MEDEIROS, R. S. et al. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 124, p. 319-324, 2000.
- MENEZES, C.W.G. et al. Seletividade de atrazine e nicossulfuron a *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Planta Daninha**, Viçosa, v.30, p.327-334, 2012.
- METCALF, R.L. Changing role of pesticides in crop protection. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 25, p. 219-256, 1980.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Cultura do algodoeiro**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em 10 de novembro de 2017.
- MOSCARDINI, V.F, et al. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere**, v. 92, p. 4990-49, 2013.
- MOURA, L.A; GRAZIA, J. Record of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) preying on *Metrogaleruca obscura* Degeer (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.40, p.619-621, 2011.
- NETTO, J. C.; DEGRANDE, P. E.; MELO, E. P.; **Seletividade de inseticidas e acaricidas a inimigos naturais na cultura do algodão**. Instituto Mato-grossense do Algodão - IMAMT. 12p., 2014. (IMAMT. Circular técnica, 14).
- OLIVEIRA, J.E.M. et al. Efeito das plantas do algodoeiro e do tomateiro, como complemento alimentar, no desenvolvimento e na reprodução do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera:Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, p.101-108, 2002.
- OLIVEIRA, H.N. et al. Desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* alimentado com *Spodoptera frugiperda* e *Tenebrio molitor*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p. 947-951, 2004.
- PEDROSO, E. C. et al. seletividade de inseticidas utilizados na cultura algodoeira a ovos e larvas de terceiro instar de *Cycloneda sanguinea*. **Arquivo Instituto Biológico**, São Paulo, 2012, v.79, n.1, p.61-68.
- PIRES E.M. et al. Seven decades of studies with Asopinae predators in Brazil - (1933-2014). **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1530-1549, 2015.
- RAFAEL, J. A. et al. **Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia**. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 2012, p 33-100.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.rproject.org/>. 2017.

REZENDE, J.M. et al. Mites (Acari: Mesostigmata, Sarcoptiformes and Trombidiformes) associated to soybean in Brazil, including new records from the Cerrado areas. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 95, p. 683-693, 2012.

SANTOS, T.M. ; A.L. BOIÇA JR. Biological aspects and predatory capacity of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) fed on *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on cotton genotypes. **Scientia Agricola**, v.59, p. 671-675, 2002.

SANTOS, T.M.; SILVA, E.N.; RAMALHO, F.S. Desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com curuquerê-do- algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.1, p.163- 167, 1995.

SARAN, P. E.; SANTOS, W. J. **Manual de pragas do algodoeiro: Identificação, biologia e sintomas de danos**. [S.1]: FMC, 2008.

SARAN, P. E. et al. **Manual de Insetos Benéficos do Algodoeiro**. [S.1.]: FMC, 222p, 2008.

SCHNEIDER-ORELLI, O. Entomologisches Praktikum 2nd ed. H. R. Sauerlander, Aarau-Switzerland. 1947.

SILVA, C. A. D. et al. **Sugestões Técnicas para o Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Brasil**. Embrapa algodão. Campina Grande, 12p, 2013. (Embrapa algodão. Circular técnica, 135).

SILVA-TORRES, C. S. A. et al. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brasil. **Neotropical Entomology**, Dordrecht, v.39, n.5, p.835-838, 2010.

SHEARER, P.W.; USMANI, K.A. Sex-related response to organophosphorus and carbamate insecticides in adult oriental fruit moth. **Pest Management Science**, v.57, p.822-826, 2001.

SOARES, J. J.; NASCIMENTO, A. R. B.; SILVA, M. B. **Redução dos Custos de Produção e Preservação de Artrópodes Benéficos em Lavoura de Algodão Utilizando o MIP**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2008. 4p. (Comunicado técnico, 354).

SOUZA, J.R. et al. Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. **Chilean journal of agricultural research**, v. 74, n.2 p. 234-239, 2014.

STECCA, C.S. et al. Selectivity of insecticides used in soybean crop to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 3469-3480, 2017.

SYSTAT, 2013. Systat Software, San Jose, CA, USA.

TAKADA, Y.; KAWAMURA, S.; TANAKA, T. Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Entomological Society of America**, v. 94, n.6 p. 1340-1343, 2001.

TOMLIN, C.D.S. **The Pesticide Manual - World Compendium**, 11 th ed., British Crop Protection Council, Surrey, England 1997.

TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C. Effects of sequential mating by males on reproductive output of the stinkbug predator, *Podisus nigrispinus*. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 46, n. 4, p. 469-480, 2001.

TORRES, J.B. et al. Dispersal of *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) nymphs preying on tomato leafminer: Effect of predator release time, density and satiation level. **Journal of Applied Entomology**, v.126, n.6, p.326-332, 2002a.

TORRES, J.B et al. Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p 311-317, 2002b.

TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.1, p. 99-106, 2004.

TORRES, J.B.; ZANUNCIO, J.C.; MOURA, M.A. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidoperan larval control in *Eucalyptus* in Brazil. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v.15, n.1, p.1-16, 2006.

TORRES, J.B. et al. Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. **Arthropod -Plant Interactions**, Dordrecht, v.4, n.4, p. 219-227, 2010.

VAN DE VEIRE, M.; SMAGGHE, G.; DEGHEELE, D.A. Laboratory test method to evaluate the effect of 31 pesticides on the predatory bug, *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). **Entomophaga**, v.41, n. 2, p. 235-243, 1996.

YOUN, Y. N. et al. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 28, p. 164 – 170, 2003.

YU, S. J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. CRC Press: Boca Raton – FL, 2008, 276p.

ZANUNCIO, J.C. et al. **Uma década de estudos com percevejos predadores: conquistas e desafios**. In: Controle biológico no Brasil: parasitoide e predadores. São Paulo: Manole, p.495-505, 2002.