



TÚLIO GUIMARÃES SILVA

**SOBREVIVÊNCIA, REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO
DE *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) SOB EFEITO DE INSETICIDAS USADOS
EM TOMATEIRO**

**LAVRAS – MG
2019**

TÚLIO GUIMARÃES SILVA

**SOBREVIVÊNCIA, REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Harmonia axyridis*
(Pallas, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOB EFEITO DE INSETICIDAS
USADOS EM TOMATEIRO**

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

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Orientador

LAVRAS – MG

2019

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

Silva, Túlio Guimarães.

Sobrevivência, reprodução e desenvolvimento de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) sob efeito de inseticidas usados em tomateiro / Túlio Guimarães Silva. - 2019.
46 p.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Seletividade de inseticidas. 2. Manejo integrado de pragas. 3. Tomaticultura. I. Carvalho, Geraldo Andrade. II. Título.

TÚLIO GUIMARÃES SILVA

SOBREVIVÊNCIA, REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOB EFEITO DE INSETICIDAS USADOS EM TOMATEIRO

SURVIVAL, REPRODUCTION AND DEVELOPMENT OF *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) UNDER EFFECTS OF INSECTICIDES USED IN TOMATO 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 a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de agosto de 2019.

Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi, UFLA

Dr. Khalid Haddi, UFLA

Dra. Shaiene Moreno Gouvea, IFRJ

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

À minha avó Irene Gomes Silva Guimarães, por ser a pessoa em quem pude me espelhar e por ser fonte de inspiração e exemplo não só para mim, mas para todos os membros da nossa família.

DEDICO

Ao meu padrasto Adriano Pucci de Lima e meus amigos Márcio Oséas de Oliveira Silva e Matheus Rogério Ribeiro (em memória) por terem despertado em mim a paixão pela agronomia.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Entomologia pela oportunidade da concretização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de mestrado e à FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho pela imensa dedicação, por todo o conhecimento compartilhado e sua grande amizade e orientação.

Aos membros da banca Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi, prof. Dr. Khalid Haddi, profa. Dra. Shaiene Moreno Gouvea e como suplente o prof. Dr. Ronald Zanetti, pelas importantes contribuições na melhoria do trabalho.

Aos grande amigos do laboratório Jander Rodrigues, Luciano Bastos e Lucas Lorenzon, pela enorme contribuição com o desenvolvimento do trabalho e principalmente, pelos inesquecíveis momentos de diversão no laboratório.

À minha melhor amiga, companheira e namorada Bruna Santos, pela ajuda em diversos experimentos e apoio emocional.

Aos técnicos do departamento de Entomologia Eliana Andrade (Léia) e Anderson (Dedé) pela ajuda e amizade.

Aos amigos da pós-graduação Nathan, Luana, Karolina, Andreísa, Gabriel, Luis e Brenda pela ótima convivência e momentos agradáveis.

À República dos Mitos e República Nutella e todos os seus membros, pela amizade, companheirismo e apoio.

À todos que puderam contribuir e participar desta etapa da minha vida, seja em qualquer aspecto, meu sincero agradecimento.

RESUMO

A cultura do tomateiro apresenta grande importância econômica para o Brasil. No entanto, o sistema de cultivo dessa solanácea exige numerosas aplicações de produtos fitossanitários visando ao controle de pragas e doenças. Esses produtos podem ser tóxicos ou seletivos para organismos benéficos, tais como predadores da família Coccinellidae. O objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade fisiológica de inseticidas, registrados para a cultura do tomateiro, para *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera:Coccinellidae). Os inseticidas espinetoram, espiromesifeno, metoxifenoazida, metaflumizone, tebufenozide e metomil foram pulverizados nas máximas dosagens recomendadas pelos fabricantes sobre ovos, larvas de terceiro instar, pupas e adultos de *H. axyridis* por meio de pulverizador manual. Água foi usada como controle. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Verificou-se que metoxifenoazida não afetou negativamente nenhuma característica biológica do predador. Espiromesifeno somente reduziu a sobrevivência quando aplicado sobre larvas. Espinetoram causou redução na duração da fase larval e, em adultos, reduziu a sobrevivência. Tebufenozide diminuiu a viabilidade dos ovos tratados, como também a duração da fase larval e sobrevivência das larvas. Todos os compostos reduziram o tempo de duração da fase pupal. O metomil foi extremamente tóxico para o predador em todas as fases de desenvolvimento. Conclui-se que metoxifenoazida, espiromesifeno e espinetoram são seguros para *H. axyridis* e devem ser priorizados em programas de manejo integrado de pragas; que tebufenozide e metaflumizone afetam negativamente algumas características biológicas do predador, sendo necessários estudos mais amplos sobre outros efeitos destes inseticidas e que o metomil é altamente tóxico em laboratório e por isto deve ser avaliado em condições de casa de vegetação e campo para confirmação de sua toxicidade para *H. axyridis*.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Coccinélídeo. Praga. Produtos fitossanitários. Toxicidade.

ABSTRACT

Tomato crop displays great economic value to Brazil's economy. However, the cultivation methods adopted for this solanaceae demands numerous pesticide applications for pest control. These products can be either harmful or selective to beneficial organisms, such as Coccinellidae predators. The aim of this study was to assess the physiological selectivity of insecticides registered for tomato pest control on *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae). The maximum recommended field dosage of the insecticides spinetoram, spiromesifen, methoxyfenozide, metaflumizone, tebufenozide and methomyl was used. They were sprayed on eggs, third instar larvae, pupae and adults of *H. axyridis* using 250 ml spray bottles; control treatment consisted of water. Methoxyfenozide didn't reduce any biological feature of the predator. Spiromesifen only reduced survival over time when sprayed on third instar larvae. Spinetoram shortened larval period and reduced survival of adults. When sprayed on larvae, metaflumizone reduced larval survival. Tebufenozide reduced egg viability, pupal period and larval survival over time. It is concluded that methoxyfenozide, spiromesifen and spinetoram are safe to *H. axyridis*, and their usage should be prioritized in integrated pest management (IPM) programs; both tebufenozide and metaflumizone are harmful to some important biological features of the predator. Further studies should be performed and methomyl is highly toxic in laboratory, so its toxicity should be assessed in field and greenhouse tests to confirm its toxicity to *H. axyridis*.

Key words: *Solanum lycopersicum*. Coccinellidae. Pesticides. Toxicity.

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 HIPÓTESES	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 Importância socioeconômica da cultura do tomateiro	14
4.2 Aspectos bioecológicos de <i>H. axyridis</i>	15
4.3 Controle biológico com <i>H. axyridis</i>	16
4.4 Efeitos de produtos fitossanitários sobre <i>H. axyridis</i>	17
4.5 Características dos inseticidas utilizados no presente trabalho	18
4.5.1 Metomil	18
4.5.2 Tebufenozide	19
4.5.3 Metoxifenoza	19
4.5.4 Espiromesifeno	20
4.5.5 Espinetoram	20
4.5.6 Metaflumizone	21
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Coleta e criação de manutenção de <i>H. axyridis</i>	22
5.2 Inseticidas avaliados e técnica de aplicação	23
5.3 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre ovos de <i>H. axyridis</i>	24
5.4 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre larvas de terceiro instar de <i>H. axyridis</i>	24
5.5 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre pupas de <i>H. axyridis</i>	25
5.6 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de <i>H. axyridis</i>	25
5.7 Análises estatísticas	26
6 RESULTADOS	27

6.1 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre ovos de <i>H. axyridis</i>	27
6.2 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre larvas de terceiro instar de <i>H. axyridis</i>	28
6.3 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre pupas de <i>H. axyridis</i>	29
6.4 Efeitos da aplicação de inseticidas sobre adultos de <i>H. axyridis</i>	31
7 DISCUSSÃO	33
8 CONCLUSÕES	38
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se enquadra entre os dez maiores produtores mundiais de tomate e detém o título de maior país processador dessa solanácea na América do Sul, tendo processado no ano de 2018 o equivalente a 1,4 milhão de toneladas (WPTC, 2018). O tomate é a segunda hortaliça mais produzida no mundo, atrás somente da batata, sendo que no Brasil, no período de janeiro à março de 2019, foi a hortaliça mais produzida com uma produção média de 4.250.000 toneladas, numa área total de 60.000 hectares (FILHO; CAMARGO, 2017; IBGE 2019).

As áreas cultivadas com tomate fornecem ambiente favorável ao ataque de diversos artrópodes pragas devido ao microclima e disponibilidade de alimento. Essas condições tornam o tomateiro uma planta altamente atrativa e, desta forma, pode sofrer grande ataque de pragas. Uma das principais espécies de insetos que atacam esta solanácea é a traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) que é cosmopolita e polífaga (BÔAS; BRANCO; MEDEIROS, 2009). Devido ao seu ataque, pode ocorrer a formação de galerias em frutos, folhas e ponteiros dos ramos, o que acarreta a redução da produção e depreciação do produto comercial (SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013).

Os insetos sugadores também estão presentes nessa cultura e podem transmitir doenças viróticas, destacando-se o pulgão-verde e a mosca-branca. O pulgão-verde, *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) alimenta-se da seiva, principalmente de ramos novos da planta, provocando o encarquilhamento dos ramos e transmissão de vírus fitopatogênicos. A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Homoptera: Aleyrodidae) causa danos diretos pela sucção da seiva e injeção de toxinas, o que pode afetar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, e danos indiretos como, por exemplo, a transmissão do mosaico-dourado-do-feijoeiro (BGMV) (ARAUJO et al., 2015). Tanto os pulgões quanto a mosca-branca excretam substância açucarada que é distribuída sobre a superfície do tecido vegetal e que serve como substrato para o desenvolvimento de fungos associados, os quais causam escurecimento da superfície foliar e redução da área fotossintética, provocando doença conhecida como fumagina (POLSTON; ANDERSON, 1997).

A elevada ocorrência de pragas no tomateiro requer o uso intensivo de produtos fitossanitários visando ao seu controle, sendo realizadas em média duas aplicações semanais, chegando a três aplicações durante a época de chuva (CARVALHO; PONCIANO; SOUZA, 2016). No Brasil é muito comum a aplicação de produtos fitossanitários em lavouras de tomate por meio de aplicações baseadas em calendário (FILHO; MARIN; FERNANDES, 2009).

A aplicação inadequada de produtos químicos reduz severamente a abundância de invertebrados benéficos presentes em agroecossistemas (BEKETOV et al., 2013). Desta forma, é de suma importância a realização de estudos a respeito dos efeitos dos produtos fitossanitários para os inimigos naturais, visando obter informações que propiciem a integração entre os métodos químico e biológico, como estratégia em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (DEGRANDE et al., 2002). Os efeitos dos produtos químicos sobre os inimigos naturais têm sido determinados principalmente em função da mortalidade (efeito letal); no entanto, os efeitos subletais (e.g. no comportamento de predação e de parasitismo, nas características reprodutivas entre gerações etc.) não devem ser negligenciados, uma vez que os resultados são de suma importância na tomada de decisão de qual produto a ser utilizado na lavoura e na integração dos métodos de controle dentro de programas de MIP (DEGRANDE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2019).

No contexto de programas de controle biológico, a joaninha *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) é considerada importante agente regulador natural do crescimento populacional de pragas, por ser um predador voraz e generalista, e por isto, vem sendo utilizada no manejo de artrópodes pragas, especialmente afídeos em países da Ásia e da Europa (KOCH, 2003). Ademais, em literatura podem-se observar relatos detalhados de emprego bem sucedido em programas de controle biológico clássico e aumentativo em diversas regiões dos EUA, demonstrando seu grande potencial na regulação populacional de várias espécies de afídeos (KOCH, 2003). Pesquisas mais recentes do emprego de *H. axyridis* no controle biológico de pulgões foram realizadas no Japão, tanto em condições de casa de vegetação (cultivo protegido) quanto em condições de campo aberto. Observaram a eficiência desta espécie de predador, demonstrando potencial para uso em programas de MIP (SEKO; ABE; MIURA, 2019; SEKO; YAMASHITA; MIURA, 2008).

Considerando-se a eficiência da *H. axyridis* no controle de pulgões presentes em culturas do tomateiro, sua preservação nesse agroecossistema se torna importante quando se objetiva obter um sistema agrícola mais produtivo e sustentável do ponto de vista econômico, social e ecológico. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de inseticidas comumente utilizados nesta cultura sobre a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução de *H. axyridis*, buscando obter informações que possam colaborar para o maior sucesso deste predador em programas de MIP.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre viabilidade, duração do período embrionário e sobrevivência de larvas de primeiro instar quando aplicados diretamente em ovos de *H. axyridis*;
- Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre sobrevivência, duração da fase larval e fecundidade quando aplicados diretamente em larvas de terceiro instar de *H. axyridis*;
- Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a sobrevivência de pupas, duração da fase pupal e fecundidade dos adultos emergidos quando aplicados diretamente em pupas de *H. axyridis*;
- Avaliar os efeitos dos inseticidas na sobrevivência, fecundidade e viabilidade dos ovos quando aplicados diretamente em adultos de *H. axyridis*.

3 HIPÓTESES

- Os inseticidas causam prolongamento do período embrionário, quando aplicados em ovos do predador;
- Os inseticidas causam redução na eclosão de larvas, quando aplicados em ovos do predador;
- Os inseticidas causam redução na sobrevivência das larvas de primeiro instar, quando aplicados em ovos do predador;
- Os inseticidas causam redução na sobrevivência, quando aplicados em larvas de terceiro instar do predador;
- Os inseticidas afetam negativamente a duração do período larval, quando aplicados em larvas de terceiro instar do predador;
- Os inseticidas causam redução da fecundidade de insetos adultos, quando aplicados em larvas de terceiro instar do predador;
- Os inseticidas reduzem a emergência de adultos, quando aplicados em pupas do predador;
- Os inseticidas afetam negativamente a duração do período pupal, quando aplicados em pupas do predador;
- Os inseticidas causam redução da fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração, quando aplicados em pupas do predador;
- Os inseticidas causam redução na sobrevivência, quando aplicados em adultos do predador;
- Os inseticidas causam redução da fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração, quando aplicados em adultos do predador.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Importância socioeconômica da cultura do tomateiro

O tomateiro (*Lycopersicon sculentum*, Mill.) é uma planta pertencente à família das solanáceas, à qual também pertencem o pimentão, batata, berinjela e pimenta (DUSI et al., 1993). Originário da cordilheira dos Andes, o tomateiro é uma planta herbácea e possui tanto hábito de crescimento indeterminado quanto determinado (JUNIOR et al., 2003).

Na década de 1920 teve início a produção de tomate no Brasil, sendo que inicialmente lavouras dessa solanácea foram implantadas em Mogi das Cruzes, estado de São Paulo, numa região conhecida como cinturão verde (TREICHEL, 2016).

Desde a sua introdução, o cultivo do tomate no Brasil vem se expandindo e a exigência do mercado tem estimulado os produtores melhorar seus processos de produção e, por consequência, melhorar a qualidade do fruto e a produtividade das lavouras (SEDIYAMA; FONTES; SILVA, 2003). Essa expansão pode ser confirmada por dados fornecidos pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE, que demonstram que em janeiro de 2019, a produção nacional apresentou aumento de aproximadamente 30% em relação a janeiro de 2016, totalizando uma quantidade de 4.333.609 toneladas (IBGE, 2019). A tomaticultura no Brasil se concentra principalmente nas regiões centro-oeste e sudeste, sendo os três maiores estados produtores, Goiás, com 1.154.694 toneladas em 12.609 hectares; São Paulo, com 885.500 toneladas em 11.501 hectares e Minas Gerais, com 753.506 toneladas em 10.304 hectares (IBGE, 2019).

O tomate é um alimento que está sempre presente na mesa do brasileiro, seja na forma *in natura* ou processada como catchup ou molho de tomate. Além do mais, o tomate é rico em nutrientes como o licopeno e as vitaminas A e C, o que o tornam um alimento mais atraente para quem busca uma alimentação saudável (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

Devido à sua importância econômica e social, é fundamental que a comunidade científica e o setor produtivo desenvolvam trabalhos que visem fornecer conhecimentos que sejam aplicados a essa cultura, de maneira a melhorar os processos de cultivo, com ganhos na produtividade, qualidade e rentabilidade, bem como na redução do impacto do processo de produção no meio ambiente, principalmente pela adoção de estratégias de cultivo mais eficientes.

4.2 Aspectos bioecológicos de *H. axyridis*

A joaninha *H. axyridis* é um coleóptero pertencente à família Coccinellidae e tribo Coccinellini. Os primeiros relatos do seu uso no controle biológico datam de 1916, contudo, foi a partir da década de 1980 em que se intensificaram as liberações deste predador na Europa e América do Norte visando ao controle de pulgões, sendo detectadas posteriormente populações estabelecidas nas regiões litorâneas dos EUA e da Europa, no México e África do Sul (BROWN et al., 2008; KOCH, 2006).

Esse predador, em sua fase adulta, apresenta pronoto amarelado com marcas pretas no centro e com duas linhas curvas, em formato de “M” ou trapezoidal (KUZNETSOV, 1997). Seu élitro possui coloração variável, que vai desde o amarelo-vermelho ao preto com pontos vermelhos, de modo que os carotenoides são responsáveis pela coloração vermelha e a melanina pela coloração preta (ANDO; NIIMI, 2019).

A *H. axyridis* é uma espécie de desenvolvimento holometabólico com ciclo biológico de 13 dias, sendo que insetos adultos têm tamanho variando entre 4,9 a 8,2 mm de comprimento por 4,0 a 6,6 mm de espessura (HODEK; HONEK, 1996; KUZNETSOV, 1997). O ovo é disposto na vertical em massa de número variável, possuindo comprimento de 1,2 mm; coloração inicial é amarelo-pálido e escurece conforme avança a sua maturação, se tornando acinzentado pouco tempo anterior à eclosão das larvas (KUZNETSOV, 1997). A viabilidade média dos ovos é de 90% em temperaturas próximas de 25 °C e o tempo médio de duração do período embrionário é de cerca de 2,8 dias (CASTRO, 2010). A fase larval da joaninha é composta de quatro instares os quais duram 2,5 dias; 1,7 dia; 1,8 dia e 4,1 dias do primeiro ao quarto instar, respectivamente, quando alimentadas com ovos de *Ephestia kuehniella* e mantidas a 25±1°C (SANTOS et al., 2009). A duração do período pupal é de aproximadamente 4 dias e alimentados somente com ovos de *E. kuehniella* os adultos podem sobreviver por volta de 70 dias em condições de laboratório (SANTOS et al., 2009).

4.3 Controle biológico com *H. axyridis*

As joaninhas apresentam grande capacidade predatória e por isto são consideradas como importantes agentes de controle biológico de pragas (ROY; WAJNBERG, 2008). Os coccinelídeos em geral, possuem grande capacidade de busca e consumo de presas, de maneira que quando ocorre redução do número de presas na área, esses insetos são capazes de migrar para diferentes habitats em busca de mais alimento (EVANS, 2003). Por ser um inseto polífago e apresentar grande voracidade, podendo se alimentar de afídeos, psilídeos, hemípteros arbóreos, coccídeos e outros insetos, o uso de *H. axyridis* em programas de controle biológico se mostra promissor (KOCH, 2003).

Essa espécie de predador foi usada como agente de controle biológico pela primeira vez nos Estados Unidos em 1916, mas apenas no ano de 1980 passou a ser considerada como estabelecida (KOCH, 2003). A partir da década de 1980, passou a ser amplamente utilizada em programas de controle biológico na Europa e América do Norte, se espalhando rapidamente e se estabelecendo principalmente no Sul do Canadá, costa dos Estados Unidos e México (KOCH; GALVAN, 2008). Foi comprovado que na época do verão na Europa, essa espécie é abundantemente encontrada em árvores, em um número maior que as demais espécies de coccinelídeos (HONEK; MARTINKOVA; DIXON, 2015). A *H. axyridis* foi documentada como presente na região do Cáucaso em 2018, e mais recentemente, pela primeira vez no Irã e Arábia Saudita (BIRANVAND et al., 2019; MARDANI-TALAEI et al., 2019; ORLOVA-BIENKOWSKAJA et al., 2018).

No Brasil, essa joaninha foi reportada pela primeira vez em 2002 em Curitiba, estado do Paraná, alimentando-se de afídeos em uma espécie arbórea urbana (ALMEIDA; SILVA, 2002). Posteriormente, foi registrada no Sul de Minas Gerais, encontrada em plantas de couve, rosa e limão predando pulgões, e em leucina, alimentando-se de psilídeos (REZENDE et al., 2010).

Uma das respostas para a capacidade de adaptação aos diferentes ambientes pelos coccinelídeos é sua grande capacidade de dispersão, visto que podem voar a grandes distâncias. Visando sua maior permanência na área e consequentemente obtendo-se maior predação, em 2000 pesquisadores conseguiram isolar uma população de *H. axyridis* sem capacidade de voo (TOURNIAIRE et al., 2000). Apesar de ser amplamente utilizada no controle biológico aumentativo em casas de vegetação, *H. axyridis* sem capacidade de voo também demonstrou ser

muito eficiente em campo a céu aberto, no controle de pulgões em berinjela (SEKO et al., 2008). Em 2015 no Japão, larvas de segundo e terceiro instares cujo os adultos não apresentavam comportamento de voo, passaram a ser comercializadas, sendo incorporadas no produto Ten-Top (Agrinsect Inc.) (SEKO et al., 2019).

4.4 Efeitos de produtos fitossanitários sobre *H. axyridis*

Por ser um predador de comprovada eficácia no controle de pulgões e amplamente utilizada em programas de controle biológico, a *H. axyridis* tem sido objeto de estudos dos efeitos da exposição aos inseticidas usados em diversas culturas.

Pesquisadores verificaram os efeitos subletais do inseticida clorraniliprole sobre *H. axyridis* por diferentes rotas de exposição e nos diferentes estágios de desenvolvimento. Apesar de ser considerado um inseticida de risco reduzido, pelas vias de exposição residual, aplicação tópica, ingestão via néctar extrafloral e presas contaminadas, clorraniliprole reduziu o tempo de desenvolvimento de larvas e pupas da geração F1, diminuiu a longevidade e fertilidade dos adultos, e reduziu a viabilidade dos ovos (CABRERA; CORMIER; LUCAS, 2017; NAWAZ et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019).

Quando larvas de terceiro instar e adultos de *H. axyridis* foram expostos a plantas de tomate pulverizadas com a máxima dosagem recomendada de imidacloprido (Confidor 200 SC), apresentaram significativa mortalidade (DI VITANTONIO, 2018). A exposição a menores concentrações desse inseticida não causou mortalidade significativa, mas foram detectados efeitos subletais, tais como redução no ganho de peso diário, alteração no comportamento de caminamento natural do inseto e redução da capacidade predatória (VINCENT et al., 2000; WANG et al., 2018).

A exposição direta de adultos de *H. axyridis* aos inseticidas Engeo Pleno (tiametoxam + lambdacialotrina) e Connect (imidacloprido + beta-ciflutrina), registrados para o controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho, causou 100% de mortalidade logo nas primeiras 24 h de avaliação, e apresentou 70% de mortalidade para o segundo produto (AMANCIO et al., 2002).

Em outro estudo, pesquisadores observaram que diflubenzuron, hexaflumuron e lufenuron causaram 80% de mortalidade em ovos, larvas e pupas de *H. axyridis*. Além disso, constataram que os compostos reduziram a fertilidade e fecundidade das fêmeas, aumentando também o

número de ovos deformados, demonstrando que inseticidas reguladores de crescimento, apesar de serem considerados seguros para organismos benéficos, podem causar efeitos negativos sobre a joaninha (HE et al., 2018). O inseticida regulador de crescimento tebufenozide também se mostrou tóxico tanto para ovos, quanto para larvas e adultos expostos à sua concentração letal 50 (LIU et al., 2016; HE et al., 2018).

Da mesma forma, produtos biológicos podem ser nocivos para *H. axyridis*, como demonstrado no trabalho desenvolvido por Amâncio et al. (2002), onde o produto Agree à base de *Bacillus thuringiensis* se mostrou tóxico para essa espécie de joaninha, chegou a causar mortalidade de 90% após 168 horas do tratamento.

Embora existam estudos sobre os efeitos negativos causados pelos inseticidas sobre os inimigos naturais, com o passar do tempo novas moléculas são registradas para o controle de pragas, de modo que os possíveis efeitos negativos de tais moléculas sobre os inimigos naturais se torna desconhecido. Portanto, o estudo dos efeitos negativos de novas moléculas inseticidas sobre os inimigos naturais deve ser executado constantemente.

4.5 Características dos inseticidas utilizados no presente trabalho

Os produtos avaliados foram escolhidos de acordo com busca realizada em literatura, priorizando-se aqueles que ainda não haviam sido testados para *H. axyridis* e que são comumente utilizados na cultura do tomateiro.

4.5.1 Metomil

É originado do metabolismo primário do inseticida tiodicarbe, ambos pertencentes ao grupo químico dos carbamatos. Foi introduzido no mercado pela primeira vez em 1966 (EPA, 2018). O metomil atua inibindo a ação da enzima acetilcolinesterase, mecanismo de ação similar ao dos inseticidas organofosforados, se diferenciando pela menor força de ligação que exerce com a enzima, de maneira a permitir posterior reativação da mesma (EPA, 2018).

O metomil é composto de metil-carbamato, um inseticida carbamato adicionado de um grupo metila, que de acordo com Sternesen (2004) aumenta a capacidade hidrofóbica e consequentemente aumenta a afinidade do composto pelo sítio ativo da enzima.

O metomil foi utilizado no presente trabalho como controle positivo, com a finalidade de aferir a suscetibilidade da população dos insetos criados em laboratório e gerar contraste nas análises estatísticas. A toxicidade do metomil para este predador foi previamente confirmada por outros autores (Liu et al., 2016).

Esta molécula possui odor sulfúrico, seu peso molecular é de 162,21 g/mol, com solubilidade em água de 57,9 g/L a 25°C, com ponto de fusão de 79°C, $\log K_{ow} = 0,6$ e pressão de vapor de 6,65 mPa (KIDD; JAMES, 1991).

O produto comercial avaliado foi o Brillhante[®], comercializado no Brasil pela empresa Ourofino[®] e que possui registro no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA para o controle de pulgões na cultura do tomateiro.

4.5.2 Tebufenozide

É um inseticida ecdisteroide regulador de crescimento e é análogo ao hormônio da ecdise, levando o inseto a sofrer uma ecdise prematura. Lançado no mercado em 1996, tebufenozide é considerado seletivo para inimigos naturais e de baixo risco para os mamíferos e para o meio ambiente (FAO/WHO, 2001).

Esse composto possui ponto de fusão de 191°C, com solubilidade em água de 0,83 mg/L a 25°C, peso molecular de 352,48 g/mol, pressão de vapor de 2.25e-08 mmHg e $\log K_{ow} = 4,25$ (NCBI, 2018).

O produto comercial utilizado foi o Mimic[®] 240 SC, comercializado pela empresa Ihara Brasil S.A. e que possui registro no MAPA para o controle da traça-do-tomateiro.

4.5.3 Metoxifenoziada

Lançado no mercado esse inseticida é considerado como o mais eficiente do grupo das diacilhidrazinas, onde também estão inseridos os inseticidas tebufenozide e o halofenozide (CARLSON et al., 2001). As diacilhidrazinas possuem mecanismo de ação semelhante, interagindo com as proteínas receptoras de ecdisônio e mimetizando sua ação, o que

primeiramente causa um bloqueio na alimentação das lagartas de lepidópteros, seguida de ecdise prematura e morte (DHADIALLA; CARLSON; LE, 1998).

A metoxifenoazida possui peso molecular de 368,48 g/mol, ponto de fusão de 204,5°C, solubilidade em água de 3,3 mg/L a 20°C, pressão de vapor de 3,5e-11 mmHg a 25°C e log Low = 3,7 (NCBI, 2018).

O produto comercial utilizado foi o Intrepid[®], comercializado pela empresa Dow Agrosiences e que possui registro para o controle da traça-do-tomateiro.

4.5.4 Espiromesifeno

Este inseticida pertence ao grupo dos cetoenóis, que são derivados do ácido tetrônico e agem inibindo a enzima acetil CoA carboxilase, impedindo a biossíntese de lipídeos, levando os insetos imaturos a um estado de quiescência através do bloqueio do processo de ecdise, consequente inchaço e morte. O espiromesifeno possui eficácia comprovada no controle de moscas-brancas e ácaros, além de ser considerado adequado para o uso no manejo integrado de pragas por se mostrar seguro para organismos benéficos (NAUEN et al., 2003).

O espiromesifeno possui peso molecular de 370,489 g/mol, solubilidade em água de 0,13 mg/L a 20°C, pressão de vapor de 1,5 x10⁻⁴ mmHg e log Kow = 4,55 (NCBI, 2018).

O produto comercial utilizado foi o Oberon[®], comercializado pela empresa Bayer Crop Science Brasil e que possui registro para o controle da mosca-branca na cultura do tomateiro.

4.5.5 Espinetoram

Pertencente ao grupo das espinosinas, esse inseticida é um produto da fermentação do fungo *Saccharopolyspora spinosa*. Foi registrado para uso a partir do ano de 2007 e possui recomendação para o controle de várias pragas em diversas culturas e é considerado de baixo risco. Seu mecanismo de ação consiste na modulação dos canais de cloro mediados pelo ácido gama amino butírico (GABA), de maneira a permitir uma prolongação da transmissão do impulso nervoso e morte por hiperexcitabilidade (EPA, 2009).

O espinetoram é composto por dois ingredientes ativos diferentes, o XDE-175-J e XDE-175-L, e cada um possui diferentes características físico-químicas, como solubilidade em água a

20°C que varia entre 10 e 31,9 mg/L, ponto de fusão oscilando de 70,8°C a 143,4°C , log Kow entre 4,49 e 4,09 e peso molecular de 748,911g/mol (EPA,2009).

O produto comercial utilizado foi o Delegate[®], comercializado pela Dow Agrosiences e com registro para o controle da traça-do-tomateiro.

4.5.6 Metaflumizone

Pertencente ao grupo das semicarbazonas, esse inseticida atua como bloqueador dos canais de sódio dependentes de voltagem, levando o inseto contaminado à letargia, paralisia e morte (SALGADO; HAYASHI, 2007). Possui amplo espectro de ação e baixa toxicidade aos mamíferos, mas com elevado potencial de bioacumulação (PPDB, 2018).

O metaflumizone possui peso molecular de 506,4g/mol, ponto de fusão de 127°C, pressão de vapor de 3,41E-08 Pa a 25 °C e log Kow = 4,4 (FAO, 2018).

O produto comercial utilizado foi o Verismo[®], comercializado pela Basf e que possui registro para o controle da traça-do-tomateiro.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecotoxicologia e MIP do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, durante o período de junho de 2018 a maio de 2019.

5.1 Coleta e criação de manutenção de *H. axyridis*

Adultos de *H. axyridis* foram coletados em brássicas presentes no setor de olericultura da Universidade Federal de Lavras e foram mantidos em sala climatizada à temperatura de $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas para sua manutenção e multiplicação. A metodologia de criação empregada foi adaptada de Oliveira et al. 2019.

Os insetos coletados foram inicialmente separados entre machos e fêmeas de acordo com a pigmentação do clipeo para a formação de casais (MCCORNACK; KOCH; RAGSDALE, 2007). Cada casal foi colocado em placas de Petri de 10 cm de diâmetro e cobertas com filme plástico de policloreto de vinila (PVC) para impedir a fuga dos insetos. À cada 24 horas as posturas foram retiradas das placas, sendo que as massas de ovos foram acondicionadas em placas de Petri de 5 cm contendo algodão umedecido para manutenção da umidade do ambiente necessária para a eclosão das larvas. Cerca de 20 larvas foram transferidas para placas de Petri de 20 cm contendo papel sulfite sanfonados até a formação de pupas. Vinte e quatro horas após a emergência, os adultos foram separados por sexo, sendo que machos e fêmeas foram mantidos separados em placas Petri de 20cm até a maturidade sexual, posteriormente formando-se casais e dando início a um novo ciclo reprodutivo.

Como fonte de alimento para as larvas e adultos do coccinelídeo foram ofertados à cada 24h ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) *ad libitum*, e como fonte de alimento, algodão umedecido com solução aquosa de mel a 10%. Tanto a fonte de alimento quanto de água foram acondicionadas em fundos recortados de copos plásticos de 50 mL.

5.2 Inseticidas avaliados e técnica de aplicação

Os inseticidas utilizados no trabalho estão apresentados na Tabela 1. Água destilada foi usada como tratamento controle. Os inseticidas foram escolhidos com base na ausência de estudos prévios para *Harmonia axyridis* e disponibilidade em estoque.

Tabela 1 – Inseticidas recomendados para o controle de pragas da cultura do tomateiro que foram avaliados nos biossaaios com *Harmonia axyridis*

Nome técnico	Nome comercial	Grupo Químico	Dosagem	Classe Toxicológica
Metomil*	BrilhanteBR	Carbamato	0,215 g i.a. L ⁻¹	Extremamente tóxico
Espinetoram	Delegate	Espinosina	0,04 g i.a. L ⁻¹	Medianamente tóxico
Metoxifenoazida	Intrepid 240 SC	Diacilhidrazina	0,12 g i.a. L ⁻¹	Medianamente tóxico
Tebufenozida	Mimic 240 SC	Diacilhidrazina	0,24 g i.a. L ⁻¹	Pouco tóxico
Metaflumizone	Verismo	Semicarbazone	0,24 g i.a. L ⁻¹	Extremamente tóxico
Espiromesifeno	Oberon	Cetoenol	0,36 g i.a. L ⁻¹	Medianamente tóxico

* Inseticida utilizado como controle positivo

A aplicação dos produtos foi realizada utilizando-se pulverizadores manuais com volume de 250 mL. Para padronização do volume de aplicação, foram realizadas cinco pulverizações à uma distância média de 50 cm das placas, até a obtenção de $1,5 \pm 0,5$ mg/cm², conforme recomendações da IOBC.

5.3 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre ovos de *H. axyridis*

Cem ovos de *H. axyridis* com até 24h de idade foram distribuídos em placas de Petri de 10 cm (20 ovos/placa), constituindo cinco repetições por tratamento.

Os ovos foram expostos aos inseticidas por meio de pulverizadores manuais calibrados conforme descrito no item anterior. Após a aplicação, as placas foram mantidas abertas em condições de laboratório por trinta minutos para a secagem dos produtos. Em seguida, foram vedadas com plástico filme e devidamente identificadas. O experimento foi composto por 7 tratamentos e cinco repetições, cada uma contendo 20 ovos do predador.

Para determinar a duração do período embrionário foram feitas avaliações a cada duas horas, durante as 24 horas próximas à eclosão dos ovos. Também avaliou-se a viabilidade dos ovos tratados e 12 horas após a completa eclosão das larvas, quando estas se separavam da massa de ovos, foram contabilizadas e 24h após a eclosão, foi avaliada a sobrevivência destas larvas.

5.4 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre larvas de terceiro instar de *H. axyridis*

Os inseticidas foram aplicados conforme descrito anteriormente, no entanto, os insetos foram distribuídos em placas de Petri de 20 cm de diâmetro e expostos a CO₂ durante 10 segundos para evitar a fuga e foram individualizados em placas de Petri de 5cm após a aplicação. Ovos de *E. kuehniella* e água via algodão umedecido foram fornecidos a cada 48h diretamente sobre a placa. O experimento foi composto de 7 tratamentos e 8 repetições, sendo cada uma formada por cinco larvas de terceiro instar.

A sobrevivência das larvas de terceiro instar e a duração da fase larval foram avaliadas diariamente. Avaliou-se também os efeitos na reprodução dos adultos sobreviventes provenientes das larvas tratadas. Para aqueles compostos que permitiram sobrevivência, após a emergência dos insetos adultos, separaram-se machos de fêmeas em placas Petri de 20cm, os quais foram mantidos por um período de oito dias até atingirem maturidade sexual. Após esse período, formou-se no mínimo cinco casais por tratamento (um casal por repetição) que foram mantidos em placas de Petri de 10 cm.

Conforme estabelecido pelas normas da IOBC, para o registro de efeitos na capacidade reprodutiva de coccinelídeos, o período mínimo de avaliação desta característica biológica é de 15 dias, por isto foi registrado o número total de ovos durante o período de 15 dias consecutivos, com a finalidade de avaliar possíveis efeitos dos compostos na fecundidade.

5.5 Efeito dos inseticidas quando aplicados diretamente sobre pupas de *H. axyridis*

Oito pupas com até 24h de idade foram distribuídas em placas de Petri de 20 cm e tratadas via pulverização dos inseticidas conforme descrito em item anterior. Após as pulverizações, as placas foram mantidas abertas em condições de laboratório por 30 minutos até a completa secagem dos produtos. Em seguida, as pupas foram transferidas para placas Petri de 20 cm limpas e mantidas até a emergência dos adultos. Utilizaram-se cinco repetições com oito pupas, totalizando quarenta pupas por tratamento.

Após a emergência, os adultos foram separados entre machos e fêmeas e acondicionados de forma separada em placas com papel sanfonado por oito dias, contendo fonte de alimento e água até a maturação sexual, quando foram distribuídos na forma de 1 casal por placa de Petri de 10cm para a avaliação de possíveis efeitos na fecundidade. Avaliou-se a duração da fase de pupa, a emergência de adultos das pupas e, como no bioensaio anterior, para os compostos que permitiram a emergência de adultos, foram avaliados os possíveis efeitos dos inseticidas sobre a reprodução de *H. axyridis*.

5.6 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de *H. axyridis*

Quarenta insetos adultos por tratamento, sendo 20 machos e 20 fêmeas, com até 48h de idade foram anestesiados com gás CO₂ por 10 segundos em placas de Petri e, em seguida, submetidos aos tratamentos via pulverização conforme descrição anterior. Imediatamente após a aplicação dos compostos, os adultos foram dispostos sobre papel absorvente para remoção do excesso de resíduos e distribuídos em novas placas de Petri de 20 cm com papel sanfonado contendo ovos de *E. kuehniella* e algodão umedecido, onde foram mantidos até a maturação sexual por oito dias. Após o período de pré-oviposição, foram formados no mínimo 5 casais para

avaliar possíveis efeitos dos compostos sobre a fecundidade. Foram utilizadas cinco repetições por tratamento, cada uma contendo oito insetos, totalizando quarenta insetos por tratamento.

A sobrevivência dos insetos foi avaliada diariamente por 21 dias. Também foram avaliados os efeitos dos compostos na fecundidade e fertilidade, onde foram registrados o número total de ovos durante o período de 21 dias consecutivos e a viabilidade destes ovos.

5.7 Análises estatísticas

Os dados referentes à sobrevivência de larvas de terceiro instar e de adultos foram ajustados ao modelo de Weibull e os tratamentos comparados por contraste de modelos, seguido de uma análise de variância ANOVA.

Dos experimentos com ovos, tanto os dados de duração do período embrionário quanto os de viabilidade dos ovos não se mostraram normais e não foram homogêneos, de acordo com os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett ($p > 0,05$), de modo que foram submetidos ao teste de médias não paramétrico Kruskal-Wallis. Os dados de mortalidade de larvas de primeiro instar foram submetidos ao GLM com ajuste de distribuição binomial. Dos experimentos com larvas, os dados de duração do período larval não foram normais e nem homogêneos, sendo submetidos ao teste de Kruskal-Wallis. Os dados de fertilidade acumulada de adultos oriundos de larvas tratadas se mostraram normais e homogêneos, tendo as médias sido comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dos experimentos com pupas, os dados de emergência de adultos e viabilidade dos ovos foram analisados por GLM, sendo o ajuste de distribuição binomial para a emergência e Quasipoisson para viabilidade dos ovos. Os dados de duração do período pupal não se mostraram normais e nem homogêneos e foram comparados pelo teste Kruskal-Wallis. Os dados de fertilidade total foi normal e homogêneo, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dos experimentos com adultos, os dados de fertilidade total se mostraram normais e homogêneos, sendo suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e os dados de viabilidade dos ovos foram analisados por GLM e o ajuste de distribuição foi Quasipoisson. Todas as análises foram executadas utilizando-se o software estatístico R (R Development Core Team, 2019).

6 RESULTADOS

6.1 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre ovos de *H. axyridis*

O período embrionário de *H. axyridis* foi prolongado após a exposição dos ovos aos inseticidas espinetoram e metaflumizone, com duração média de 3,23 e 3,2 dias. Os inseticidas espiromesifeno e metoxifenozida e tebufenozide não causaram alteração no período embrionário, enquanto que para o inseticida metomil não foi possível avaliar esta característica biológica, tendo em vista que apresentou efeito ovicida, não havendo eclosão de larvas (Tabela 2).

Os inseticidas espinetoram, espiromesifeno, metaflumizone e metoxifenozida não reduziram a viabilidade dos ovos. Metomil não permitiu nenhum nascimento de larvas, se mostrando o mais tóxico, seguido pelo tebufenozide que apresentou somente 66% de viabilidade. Os inseticidas não causaram mortalidade significativa de larvas de primeiro instar, provenientes de ovos tratados, após 24 horas da sua eclosão (Tabela 2).

Tabela 2 - Duração do período embrionário, viabilidade dos ovos e sobrevivência de larvas provenientes dos ovos de *Harmonia axyridis* tratados com os inseticidas.

Tratamento	Período embrionário (dias)	Viabilidade dos ovos (%)	Sobrevivência de larvas de 1° instar (%)
Controle (água)	3,10±0,013 cd	80,0±4 bc	83,02±5,21
Espinetoram	3,23±0,029 a	94,0±2 a	92,55±2,72
Espiromesifeno	3,00±0,0 d	73,0±4 cd	80,83±4,63
Metaflumizone	3,20±0,028 ab	87,0±3 ab	91,95±2,93
Metomil	-	0,0±0,0 e	-
Metoxifenozida	3,02±0,003 d	72,0±4 cd	88,89±3,72
Tebufenozide	3,15±0,03 bc	66,0±5 d	81,82±4,78
p-valor	< 0,001	< 0,001	0,0863 ¹
g. l.	5	6	5

Médias (±EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste ¹GLM ($p < 0,05$) ou Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

6.2 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre larvas de terceiro instar de *H. axyridis*

A duração da fase larval foi reduzida somente pelos inseticidas espinetoram e tebufenozide, quanto à oviposição total de 15 dias consecutivos após o período de pré-oviposição, nenhum produto afetou negativamente esta característica biológica (Tabela 3).

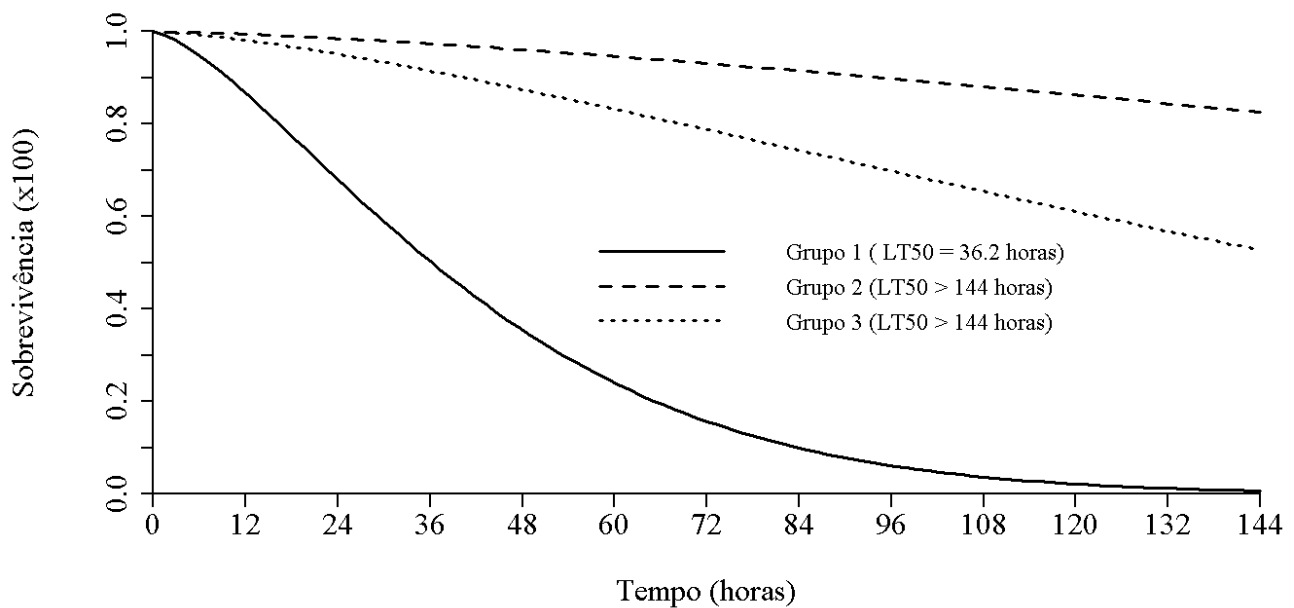
Tabela 3 - Duração da fase larval e fecundidade total de adultos provenientes de larvas de terceiro instar de *Harmonia axyridis* tratadas com os inseticidas.

Tratamento	Fase larval (dias)*	Fecundidade total**
Controle (água)	7,64±0,09 a	218±66,33
Espinetoram	6,35±0,21 b	180±45,14
Espiromesifeno	7,57±0,17 a	183,4±62,7
Metaflumizone	7,64±0,13 a	97,2±28,44
Metomil	-	-
Metoxifenoazida	7,5±0,14 a	266±66,06
Tebufenozide	6,93±0,23 b	212±41,18
p-valor	<0,001 ¹	0,8042
g. l.	5	5

Médias (±EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), ¹Kruskall-Wallis ($p < 0,05$) ou ²GLM ($p < 0,05$). *Contados do terceiro instar até a pupa. ** Números obtidos pela contagem durante 15 dias consecutivos logo após o período de pré-oviposição para cada fêmea.

Ao avaliar a mortalidade de larvas de terceiro instar expostas aos inseticidas, constatou-se que metomil foi o mais tóxico, com tempo letal 50 (TL₅₀) estimado de 36,2 horas (Grupo 1), seguido pelos inseticidas tebufenozide, espiromesifeno e metaflumizone (Grupo 3). Os inseticidas metoxifenoazida e espinetoram (Grupo 2) não reduziram a sobrevivência de larvas ao longo do tempo. (Figura 1).

Figura 1 – Curvas de sobrevivência de larvas de terceiro instar de *Harmonia axyridis* ao longo do tempo quando expostas aos inseticidas. Grupo 1: metomil. Grupo 2: controle, espinetoram e metoxifenoazida, e Grupo 3: tebufenozide, espiromesifeno e metaflumizone.



6.3 Efeitos da aplicação dos inseticidas sobre pupas de *H. axyridis*

A duração do período pupal foi reduzida pela exposição aos inseticidas, variando de 2,39 a 2,47 dias. A emergência dos adultos oriundos de pupas tratadas sofreu redução ao redor de 79% para o inseticida metomil, enquanto que nos demais tratamentos foram verificadas emergências acima de 90%. Desta forma não foi possível avaliar as características reprodutivas do predador para este inseticida. Nenhum dos inseticidas reduziu a fecundidade total, bem como a viabilidade dos ovos de fêmeas do predador oriundas de pupas tratadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Duração de pupas, emergência, fecundidade total e viabilidade dos ovos de *Harmonia axyridis* oriundas de pupas tratadas com os inseticidas.

Tratamento	Duração período pupal (dias)***	Emergência (%)	Fecundidade total**	Viabilidade dos ovos (%)
Controle	2,59±0,04 a	97,5±2,5 a	226,33±28,29 ab	72,22±4,95
Espinetoram	2,42±0,03 b	95±3,5 a	129,5±51,33 b	63,8±13,25
Espiromesifeno	2,47±0,03 b	95±3,5 a	220,57±62,91 ab	72,4±7,49
Metaflumizone	2,47±0,04 b	95±3,5 a	333,67±60,62 a	72±6,88
Metomil	2,44±0,05 b	20±6,4 b	*	*
Metoxifenoazida	2,39±0,03 b	100±0 a	283,44±37,83 ab	62,75±9,16
Tebufenozide	2,45±0,04 b	97,5±2,5 a	294,25±56,01 ab	57±6,14
p-valor	0,00587 ¹	< 0,001 ²	0,0458	0,6642 ²
g.l.	6	6	5	5

Médias (±EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), ¹Kruskall-Wallis ($p < 0,05$) ou ²GLM ($p < 0,05$). * Não foram obtidos insetos suficientes para avaliação das características biológicas. **Números obtidos pela contagem durante 21 dias consecutivos logo após o período de pré-oviposição para cada fêmea. ***Contados do terceiro instar até a pupa.

6.4 Efeitos da aplicação de inseticidas sobre adultos de *H. axyridis*

Não foram observadas reduções da fecundidade total causadas pelos inseticidas, com médias de 378,9 a 496,5 ovos. Ao avaliar a viabilidade dos ovos, observou-se que nenhum inseticida reduziu essa característica biológica. (Tabela 5).

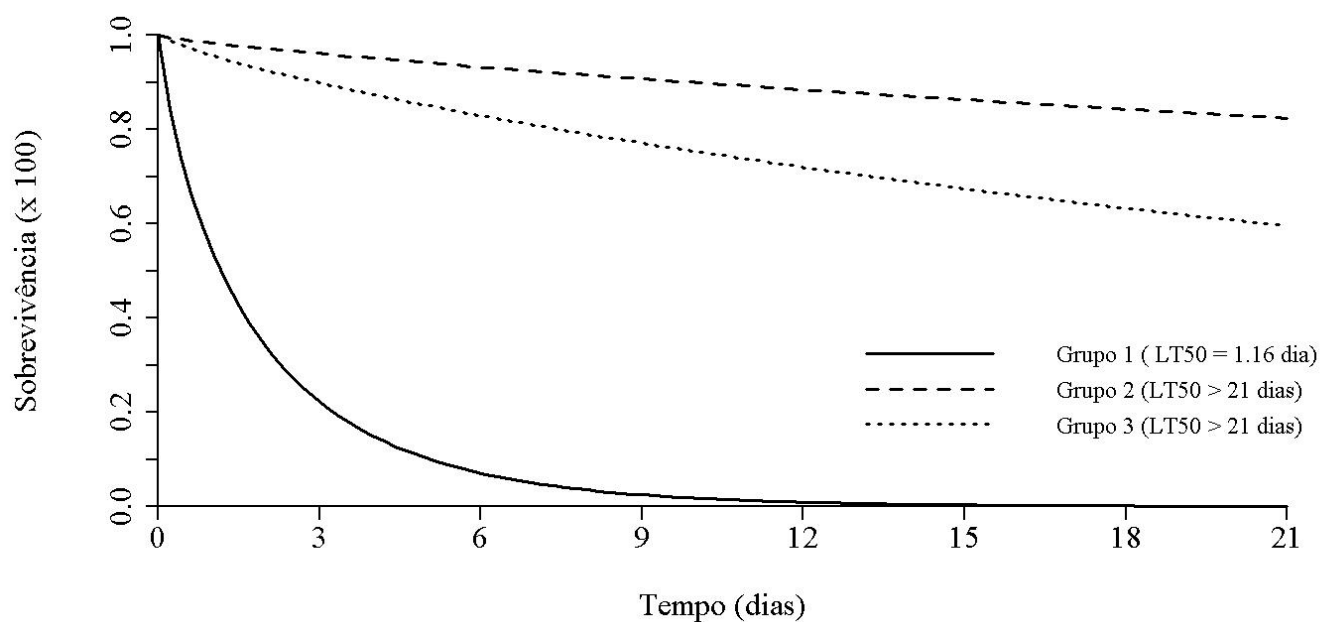
Tabela 5 – Fecundidade total e viabilidade dos ovos (%) de adultos de *Harmonia axyridis* tratados com os inseticidas.

Tratamento	Fecundidade total**	Viabilidade dos ovos (%)***
Controle	478,7±65,84	84,5±5,36 ab
Espinetoram	378,9±67,13	84,71±5,58 ab
Espiromesifeno	496,5±45,63	96,57±2,69 a
Metaflumizone	456,4±72,2	74,3±4,27 b
Metomil	*	*
Metoxifenoazida	453,1±78,71	86,75±6,38 ab
Tebufenozide	396,1±86,94	89,6±4,86 ab
p-valor	0,8042	0,03847 ¹
g.l.	5	5

Médias (\pm EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) ou ¹GLM ($p < 0,05$). * Não foram obtidos insetos suficientes para avaliação das características biológicas. ** Médias obtidas pela contagem de ovos durante 21 dias consecutivos logo após o período de pré-oviposição para cada fêmea. *** Médias da eclosão de ovos da quinta postura de cada fêmea.

Assim como para larvas, metomil (Grupo 1) foi o mais tóxico para adultos de *H. axyridis*, apresentando menor TL_{50} que foi de 1,16 dia, seguido pelo inseticida espinetoram (Grupo 3). Os demais inseticidas (Grupo 2) tiveram comportamento semelhante ao controle, com TL_{50} maior que 21 dias (Figura 2).

Figura 2 – Curvas de sobrevivência de adultos de *Harmonia axyridis* ao longo do tempo quando tratados com os inseticidas. Grupo 1: metomil. Grupo 2: controle, metoxifenoazida, espiromesifeno, tebufenozide e metaflumizone, e Grupo 3: espinetoram.



7 DISCUSSÃO

Observou-se resposta diferenciada do predador aos inseticidas em função do estágio de seu desenvolvimento, corroborando com resultados obtidos por outros autores (GALVAN; KOCH; HUTCHINSON, 2006; HE et al., 2018; NAWAZ et al., 2017). A diferença de susceptibilidade pode estar relacionada a diversos fatores, como a espessura do tegumento, ativação de enzimas detoxificadoras e até devido à insensibilidade no sítio receptor da molécula inseticida (CHO et al., 2002; YU et al., 2013).

Os compostos espinetoram e metaflumizone causaram prolongamento na duração do período embrionário. Esses compostos possuem os maiores pesos moleculares, o que garante maior tensão superficial e menor perda por evaporação (NETO, MALTA, SANTOS, 2009). Desta forma, poderiam ter maior aderência no córion, o que acarretaria em bloqueio da aerópila, comprometendo as trocas gasosas e conseqüentemente aumentando a duração da fase embrionária. Helmy, Kwaiz e El-Sahn (2012) aplicaram óleos minerais sobre ovos desse predador e constataram prolongamento do período embrionário devido à uma redução na respiração do embrião pelo bloqueio da aerópila.

O inseticida metomil apresentou ação ovicida, o que indica que foi capaz de penetrar o ovo e matar o embrião. A camada mais externa do ovo de inseto, o córion, é constituída por proteína esclerotizada com uma subcamada lipídica, que possui finalidade de evitar a perda de água (CHAPMAN, 1998; NATION 2008). Mesmo assim, esse inseticida foi capaz de penetrar esta camada e isto possivelmente ocorreu em função de suas características físico-químicas, visto que apresenta menor $\log K_{ow} = 0,6$ o que facilita a sua penetração através do córion do ovo e conseqüentemente a intoxicação do embrião (BUENO et al., 2017; STOCK; HOLLOWAY, 1993).

Verificou-se que, apesar de permitir a eclosão de larvas, tebufenozide provocou redução desta característica biológica. Como demonstrado por Yu et al. (2016), o tebufenozide possui a capacidade de reduzir a atividade mitocondrial e levar as células à apoptose. Desta maneira, é possível que este composto tenha conseguido penetrar nos ovos, embora em menor quantidade, e agido no embrião, reduzindo sua respiração celular e viabilidade. Estes resultados assemelham-se com aqueles de He et al. (2018), os quais aplicaram tebufenozide ($1,35 \text{ g i.a. L}^{-1}$) em ovos de *H. axyridis* via torre de Potter e verificaram redução da porcentagem de eclosão de larvas.

Foi observado no presente trabalho que, com exceção do metomil, os demais inseticidas não causaram mortalidade significativa de larvas de primeiro instar provenientes de ovos tratados. No entanto, é sabido que o efeito dos inseticidas pode se manifestar ou mesmo ser cumulativo ao longo do desenvolvimento do inseto (CABRERA; CORMIER; LUCAS, 2017; GALVAN; KOCH; HUTCHISON, 2006; HE et al., 2018; LIU et al., 2016). Desta forma, é importante a realização de novas pesquisas visando verificar os efeitos, a longo prazo, da exposição de ovos deste predador aos inseticidas.

Quando aplicado sobre larvas de terceiro instar, tebufenozide causou redução na duração da fase larval, fato que pode estar relacionado ao seu mecanismo de ação, que consiste em simular o efeito do hormônio ecdisônio no inseto. Dessa maneira, a presença deste composto no organismo das larvas pode ter induzido mudanças histológicas de forma prematura e consequente redução do período larval. No entanto, esse resultado não se assemelha ao encontrado por He et al. (2018), os quais demonstraram que larvas de segundo instar de *H. axyridis* tratadas com tebufenozide não tiveram a duração da fase larval reduzida. Estes autores aplicaram o inseticida sobre discos de papel absorvente e após a secagem, liberaram as larvas sobre os discos em placas Petri e as larvas sobreviventes foram transferidas para novas placas sem inseticida. É provável que essa metodologia de exposição tenha sido menos nociva ao predador, o que acarretou nesta diferença.

Trabalhos de literatura vêm demonstrando que metoxifenoazida pode ser tóxico para larvas do predador. Carton, Smagghe e Tirry (2003) avaliaram o efeito letal de metoxifenoazida em diferentes concentrações sobre larvas de quarto instar de *H. axyridis* quando alimentadas com ovos de *E. kuehniella* contaminados com esse inseticida. Constataram concentração letal 50 (CL50) de 0,0713 g i.a. L⁻¹, que é inferior à concentração usada no presente trabalho, a qual não causou mortalidade significativa ao longo do tempo. Esta diferença de resultado pode estar relacionada ao modo de exposição ao inseticida que os autores usaram, de modo que a metoxifenoazida pode ter se mostrado mais tóxica via ingestão do que por via tópica. Lee et al. (2017) pulverizaram o inseticida Acellt[®], à base de espinetoram, recomendado para o controle de mosca-branca, em larvas de terceiro instar da joaninha *Illeis koebelei* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae: Halyziini) e registraram mortalidade de cerca de 50% após 48 horas do tratamento. A diferença entre a mortalidade de larvas (50% em 48h) encontrada por Lee et al. (2017) e a do presente trabalho (<10% em 48h) possivelmente está relacionada às características

intrínsecas de cada espécie de coccinelídeo; por exemplo, Godoy et al. (2010) verificaram respostas diferenciadas de duas espécies de crisopídeos ao mesmo composto químico. Adicionalmente, Xiao et al. (2016) e Vicent et al. (2000) avaliaram os efeitos do inseticida imidacloprido sobre larvas de duas espécies de coccinelídeos e concluíram que *H. axyridis* se mostrou mais tolerante (DL50 de 0,085 g i.a. L⁻¹) do que a espécie *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) (DL50 de 0,037 g i.a. L⁻¹).

Liu et al. (2016) avaliaram os efeitos da exposição de larvas de *H. axyridis* ao inseticida tebufenozide, em diferentes concentrações, quando aplicado em frascos de vidro de 22 mL. Após serem expostas aos resíduos por um período de uma hora, encontraram CL50 de 0,13 mg i.a. L⁻¹, concentração muito inferior à usada no presente trabalho, onde 0,24 g i.a. L⁻¹ não foi letal para as larvas de terceiro instar desse predador. Esta diferença pode estar relacionada ao fato de os autores não especificarem em qual instar larval foram aplicados os compostos, visto que geralmente predadores nos primeiros instares são mais sensíveis aos inseticidas. Isto pode ocorrer em função da menor taxa de metabolização dos compostos e/ou menor espessura do tegumento de insetos mais jovens (BUENO et al., 2017).

O inseticida metaflumizone apresentou mortalidade das larvas semelhante ao tebufenozide e espiromesifeno. A menor toxicidade pode estar relacionada ao modo de exposição das larvas ao inseticida, uma vez que esse composto possui maior atividade quando ingerido (GARZON et al., 2015).

O número médio total de ovos colocados por fêmeas oriundas de larvas tratadas não foi reduzido, embora trabalhos anteriores demonstraram que a exposição de insetos a inseticidas pode levar à alteração da conformação do ovário das fêmeas adultas, de maneira que pode resultar numa alteração na capacidade de oviposição (BARON, RAINE, BROWN, 2017; KONO, OZEKI; 1986). Os efeitos de inseticidas reguladores de crescimento sobre as características reprodutivas de inimigos naturais já foram demonstrados, sendo possível sua transferência do ovário para os ovos, reduzindo sua viabilidade (CASTRO et al., 2012). O metaflumizone na mesma dose deste trabalho (0,24 g i.a. L⁻¹), quando aplicado sobre larvas de *I. koebeley*, não resultou na redução da fecundidade, resultado similar ao apresentado neste trabalho (GARZON et al., 2015). Embora este composto não tenha reduzido a fecundidade de *H. axyridis* e *I. koebeley*, trabalhos em literatura têm demonstrado efeito subletal do metaflumizone sobre outras espécies de insetos, de modo que tanto para *Spodoptera exigua* (Hubner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae)

quanto para *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) verificou-se redução do número de ovos em fêmeas da geração seguinte (FENG-JUAN; YONG-DAN; XI-WU, 2012; WEN-SU et al., 2012; ZHANG; LI; GAO, 2012). Deste modo, é necessário que se realizem estudos posteriores, avaliando os possíveis efeitos do metaflumizone em órgãos reprodutivos de *H. axyridis*, para que se possa garantir a ausência de efeitos subletais para este predador.

Todos os inseticidas causaram redução na duração do período pupal quando aplicados em pupas do predador, sendo que o inseticida metomil foi o único que provocou morte das pupas. Os demais inseticidas, apesar de reduzirem a duração do período pupal, não afetaram a emergência dos adultos a partir de pupas tratadas. Esta redução no período pupal difere de outros trabalhos em literatura, os quais têm demonstrado que não somente para *H. axyridis*, mas para outras espécies de coccinelídeos, a exposição de pupas aos inseticidas causa aumento na duração desta fase (BARBOSA et al; 2018; NETO et al., 2017; PEDROSO et al., 2012).

Não foram detectadas diferenças no número médio total de ovos de fêmeas oriundas de pupas tratadas e também não foi constatada redução na viabilidade dos ovos. Estes resultados divergem daqueles de He et al. (2018), os quais concluíram que tebufenozide e metoxifenozida, aplicados em pupas do predador *H. axyridis*, reduziram o número total de ovos colocados pelas fêmeas. Essa diminuição no número de ovos pode estar relacionada com a maior concentração dos inseticidas usada por esses autores que foram de 1,35 g i.a. L⁻¹ para tebufenozide e 0,55 g i.a. L⁻¹ para metaflumizone, enquanto que no presente trabalho as concentrações usadas foram 0,24 g i.a. L⁻¹ e 0,12 g i.a. L⁻¹.

Apesar de diferir do controle, quando aplicado sobre adultos espinetoram apresentou uma pequena redução na sobrevivência ao longo do tempo, com TL50 maior que 21 dias. A baixa toxicidade do espinetoram para adultos de *H. axyridis* corrobora com as observações de Di Vitantonio et al. (2018), que aplicaram esse inseticida sobre plantas de pêssigo em vasos (66,67 mg i.a. L⁻¹) e liberaram insetos adultos para serem expostos aos resíduos do produto. Observaram que aos dois e sete dias de exposição, espinetoram não causou mortalidade significativa.

Embora Liu et al. (2016) tenham encontrado uma CL50 de 0,48 mg i.a. L⁻¹ do inseticida tebufenozide para adultos do predador *H. axyridis*, o resultado do presente estudo foi que a maior concentração usada, 0,24 g i.a. L⁻¹, não se mostrou tóxica para o inseto. A divergência de resultados pode estar relacionada ao modo de exposição dos insetos ao inseticida, visto que no trabalho de Liu et al. (2016) foi via contato residual. No presente trabalho foi via exposição direta

ao inseticida, de modo que o inseto ao caminhar sobre os frascos de vidro contaminados pode ter sido mais exposto aos resíduos do que quando recebeu os produtos em pulverização. Trabalhos de literatura demonstraram que os inseticidas metaflumizone e espiromesifeno são de baixa toxicidade para adultos de coccinelídeos (GARZÓN et al., 2015; LEE et al., 2017), resultados que corroboram com os do presente trabalho. A fecundidade total não foi afetada negativamente por nenhum dos inseticidas, exceto pelo metomil, bem como a viabilidade dos ovos. Deste modo, a fase adulta do predador se apresentou como sendo a mais resistente quando exposta aos inseticidas. Provavelmente isto ocorreu em função da maior atividade de enzimas detoxificadoras presentes no organismo do inseto adulto, como demonstrado por Cho et al. (2002), onde a atividade dessas enzimas na fase adulta de *H. axyridis* foi 6,2 vezes maior que em larvas do predador. Adicionalmente, a maior espessura cuticular de insetos adultos pode contribuir para a tolerância a produtos químicos, reduzindo a taxa de penetração dos compostos (KRAISS; CULLEN, 2008).

8 CONCLUSÕES

O inseticida metomil apresenta ação ovicida para *H. axyridis*, além de extremamente tóxico para todas as fases do inseto, de modo que seu uso deve ser evitado em função da preservação do predador. Dentre os inseticidas testados, metoxifenoazida, espiromesifeno e espinetoram foram os mais seguros para *H. axyridis*, deste modo, podemos considerar como apto o uso destes três inseticidas em programas de MIP, visando a preservação do predador *H. axyridis* no agroecossistema. Apesar da baixa mortalidade apresentada pelos inseticidas tebufenozide e metaflumizone, ambos reduziram importantes características biológicas do predador, como viabilidade dos ovos, fecundidade total e sobrevivência ao longo do tempo, podendo contribuir para uma menor eficácia deste predador como agente de controle biológico, de modo que o uso destes dois inseticidas fica restrito à análise de qual a dosagem a ser utilizada e quais as espécies de inimigos naturais estão em questão.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações obtidas no presente estudo deverão contribuir para a integração dos métodos químico e biológico em programas de manejo integrado de pragas (MIP). O uso de produtos seletivos é importante para que a joaninha *H. axyridis* seja conservada e para que possa expressar seu potencial como agente regulador de populações de insetos pragas em diferentes agroecossistemas.

Deste modo, sistemas de cultivo de tomate que visem diminuir o impacto de inseticidas sobre *H. axyridis*, devem priorizar o uso dos compostos metoxifenoazida, espiromesifeno e espinetoram, uma vez que foram seletivos para o predador.

Tanto o inseticida metaflumizone quanto tebufenozide, apesar de serem considerados de baixo risco para organismos benéficos, reduziram importantes características biológicas de *H. axyridis*, de modo que é importante a realização de novos estudos alterando-se suas doses, com avaliações dos efeitos a longo prazo em condições de campo, para que possam ser confirmados os possíveis efeitos negativos desses inseticidas sobre o predador. Também são necessários estudos sobre os efeitos desses inseticidas sobre a fisiologia de *H. axyridis*, avaliando-se possíveis deformidades causadas nas estruturas reprodutivas. O inseticida metomil foi bastante tóxico para o predador em condições laboratoriais e por isto deve ser avaliado em condições de casa de vegetação e campo para confirmar sua toxicidade.

Neste trabalho não foram avaliados os efeitos dos compostos sobre as respostas comportamentais de *H. axyridis*; desta forma recomenda-se novos estudos para avaliação dos efeitos destes compostos sobre a capacidade predatória, consumo de alimento e capacidade de voo, para que se possam obter mais informações visando a compatibilização dos produtos com o predador *H. axyridis* em programas de manejo integrado de pragas.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. M. de; SILVA, V. B. da. Primeiro registro de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): um coccinélídeo originário da região Paleártica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 13, p. 941-944, 2002.
- AMANCIO, M. B. et al. Seletividade de inseticidas utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre *Eriopis conexa* (Germar) e *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **XXX Congresso nacional de milho e sorgo**, 2014.
- ANDO, T.; NIIMI, T. Development and evolution of color patterns in ladybird beetles: A case study in *Harmonia axyridis*. **Develop Growth Differ**, v.61, p. 73– 84, 2019.
- ARAUJO, W. L. et al. Manejo de pragas no controle de doenças no cultivo de hortícolas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.5, p. 43-50, 2015.
- BARBOSA, P. R. R. et al. Differential impacts of six insecticides on a mealybug and its coccinellid predator. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.147, p. 963-971, 2018.
- BARON, G. L.; RAINE, N. E.; BROWN, M. J. F. General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens. **Proceedings Royal Society B**, v.284, n.1854, 2017.
- BEKETOV, M. A et al. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. **PNAS**, v.110, n.27, p. 11039–11043, 2013.
- BIRANVAND, A. et al. The genus *Harmonia* in the Middle East region (Coleoptera: Coccinellidae). **Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae**, v.59, n.1, p. 163-170, 2019.
- BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A. Manejo integrado da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) em Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria (PITI). **Circular Técnica EMBRAPA**, Brasília, n.73, 2009.
- BROWN, P. M. J. et al. *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. **BioControl**, p. 2008–2011, 2008.
- BUENO, A. de F. et al. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.47, n.6, e20160829, 2017.
- CABRERA, P.; CORMIER, D.; LUCAS, E. Differential sensitivity of an invasive and an indigenous ladybeetle to two reduced-risk insecticides. **Journal of Applied Entomology**, v.141, p. 690–701, 2017.
- CARLSON G. R. et al. The chemical and biological properties of methoxyfenozide, a new insecticidal ecdysteroid agonist. **Pest Management Science** v.57, p.115-119, 2001.

CARTON, B.; SMAGGHE, G.; TIRRY, L. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, v.127, p. 240-242, 2003.

CARVALHO, C. R. F.; PONCIANO, N. J; SOUZA, C. L. M. de. Levantamento dos agrotóxicos e manejo na cultura do tomateiro no município de Cambuci – RJ. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.14, n.1, p. 15-28, 2016.

CARVALHO, J. L. de; PAGLIUCA, L. G. Tomate Um Mercado Que Não Para De Crescer. **Hortifruti Brasil**, p.6-14, 2007.

CASTRO, A. A. et al. Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, v.21, p. 96-103, 2012.

CASTRO, C. F. de. **Biologia, parâmetros de crescimento populacional e preferência alimentar de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae)**. 77p., 2010. Tese. (Mestrado em Ciências Biológicas/Entomologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

CHAPMAN, R. F. **The insects: Structure and function**. Cambridge, Cambridge university press, 770p, 1998.

CHO, J. R. et al. Some biochemical evidence on the selective insecticide toxicity between the two aphids, *Aphis citricola* and *Myzus rnalisuctus* (Homoptera: Phididae), and their predator, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Asia-Pacific Entomology**, v.5, n.1, p. 49-53, 2002.

DEGRANDE, P. E. et al. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo, p.71-94, 2002.

DHADIALLA, T. S.; CARLSON, G. R.; LE, D. P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review of Entomology**, v.41, p. 545-569, 1998.

DI VITANTONIO, C. et.al. Response of the European Ladybird *Adalia bipunctata* and the Invasive *Harmonia axyridis* to a Neonicotinoid and a Reduced-Risk Insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.20, p. 1–5, 2018.

DOBZHANSKY, T. GEOGRAPHICAL VARIATION IN LADY-BEETLES. **The American Naturalist**, v.67, n.709, p. 97–126, 1933.

DUSI, A. N. et al. A cultura do tomateiro para mesa. **Coleção plantar tomateiro - EMBRAPA**, v.5, p. 92, 1993.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Catálogo brasileiro de hortaliças. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/dados/publicacao/Catalogo%20hortalicas.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2019.

EPA - Environmental protection agency. Spinetoram. **Pesticide Fact Sheet**, 13p, 2009.

EPA – Environmental Protection Agency. Ingredients used in pesticide products (Methomyl). Disponível em: < <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/methomyl>>. Acesso em: 23 de junho de 2018.

EVANS, E. W. Searching and reproductive behaviour of female aphidophagous ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): a review. **European Journal of Entomology**, v.100, p. 1-10, 2003.

FAO – Food and Agriculture Organization. Pesticides evaluation (Metaflumizone). Disponível em:<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation09/Metaflumizone.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2018

FAO/WHO. 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Pesticide residues in food 2001 - Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues Evaluations Part I – Residues (Tebufenozide). **FAO Plant Production and Protection Paper**, n.235, p. 863-933, 2001.

FENG-JUAN, M.; YONG-DAN, L.; XI-WU, G. Sublethal effects of metaflumizone on the development and reproduction of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. **Chinese Journal of Applied Entomology**, v.2, 2012.

FILHO, J. S. R.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.307-316, 2009.

FILHO, W. P. C; CAMARGO, F. P. A quick review of the production and comercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015. **Horticultura Brasileira**, v.35, p. 160-166, 2017.

GALVAN, T. L.; KOCH, R. L.; HUTCHISON, D. Toxicity of indoxacarb and spinosad to the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), via three routes of exposure. **Pest Management Science**, v.62, p. 797-804, 2006.

GARZON, A. et al. Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere**, v.132, p. 87-93, 2015.

GODOY, M. S. et al. Seletividade fisiológica de inseticidas em duas espécies de crisopídeos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.11, p. 1253-1258, 2010.

HE, F. et al. Effects of insect growth-regulator insecticides on the immature stages of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.164, p. 665–674, 2018.

HELMY, E. I.; KWAIZ, F. A.; EL-SAHN, O. M. N. The usage of mineral oils to control insects. **Egyptian Academy Journal of Biological Sciences**, v.5, p. 167-174, 2012.

HODEK, I.; HONEK, A. **Ecology of Coccinellidae**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 464 p., 1996.

HONEK A.; MARTINKOVA, Z.; DIXON, A. F. G. Detecting seasonal variation in composition of adult Coccinellidae communities. **Ecological Entomology**, v.40, p. 543–552, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola 2019. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

JUNIOR, F. L. C. et al. Aspectos econômicos da produção e comercialização do tomate para mesa. **Informe Agropecuário Tomate para mesa - EPAMIG**, v.24, n.219, p. 7–18, 2003.

KIDD, H.; JAMES, D. R. **The Agrochemicals Handbook, Third Edition**. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, 1991.

KOCH, R. L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. **Journal of insect science**, v.3, n.32, 2003.

KOCH, R. L.; GALVAN, T. L. Bad side of a good beetle: The North American experience with *Harmonia axyridis*. **BioControl**, v.53, p. 23–35, 2008.

KOCH, R. L.; VENETTE, R. C.; HUTCHISON, W. D. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western hemisphere: implications for South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.4, p. 421-434, 2006.

KONO, Y.; OZEKI, N. Induction of ovarian development by juvenile hormone and pyrethroids in *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Applied Entomology and Zoology**, v.22, n.1, p. 68-76, 1987.

KRAISS, H.; CULLEN, E. M. Efficacy and nontarget effects of reduced-risk insecticides on *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) and its biological control agent *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.2, p. 391-398, 2008.

KUZNETSOV, V. N. **Lady beetles of the Russian Far East**. Center of Systematic Entomology, Gainesville, USA. 248 p., 1997.

LEE, Y. S. et al. Toxicity of pesticides to mycophagous ladybird, *Illeis koebeleri* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae: Halyziini). **Korean Journal of Pesticide Science**, v.21, n.4, p. 364-372, 2017.

LIU, Y. et al. Toxicity of nine insecticides on four natural enemies of *Spodoptera exigua*. **Scientific Reports**, v.6, n.39060, 2016.

MARDANI-TALAEI, M. et al. Occurrence of the Invasive Lady Beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Iran. **The Coleopterists Bulletin**, v.73, n.1, p. 114-120,

2019.

MCCORNACK, B. P; KOCH, R. L.; RAGSDALE, D. W. A simple method for in-field sex determination of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis*. **Journal of Insect Science**, v.7, n.10, 12p., 2007.

NATION, J. L. **Insect physiology and biochemistry**. Florida, CRC Press, 551 p., 2008.

NAUEN, R. et al. Spirodiclofen and Spiromesifen. **Pesticide Outlook**, v.14, p. 243-246, 2003.

NAWAZ, M. et al. Toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole on the development and fecundity of a non-specific predator, the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Pallas). **Chemosphere**, v.178, p. 496-503, 2017.

NCBI - NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. PubChem Database. Tebufenozide, CID=91773. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tebufenozide>>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

NCBI - National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Methoxyfenozide, CID=105010. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methoxyfenozide>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

NCBI - National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Spiromesifen, CID=9907412. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Spiromesifen>>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

NETO, E. T.; MALTA, M. M.; SANTOS, R. G. dos. Medidas de tensão superficial pelo método de contagem de gotas: descrição dos método e experimentos com tensoativos não-iônicos etoxilados. **Química nova**, v.32, n.1, p. 223-227, 2009.

NETO, D. de O. A. et al. **Inseticidas utilizados no controle de pragas do algodoeiro são seletivos para *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae)**. 57p., 2017. Tese. (Mestrado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, R. L. et al. Long-term effects of chlorantraniliprole reduced risk insecticide applied as seed treatment on lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere**, v.219, p. 678-683, 2019.

ORLOVA-BIENKOWSKAJA, M. J. et al. Coinvasion by the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasites, *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales) and *Parasitylenchus bifurcatus* (Nematoda: Tylenchida, Allantonematidae), in the Caucasus. **PLOS ONE**, v.13, n.11, 2018.

PEDROSO, E. C. et al. Seletividade de inseticidas utilizados na cultura algodoeira a ovos e larvas de terceiro instar de *Cycloneda sanguinea*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79,

n.1, p. 61-68, 2012.

POLSTON, J. E.; ANDERSON, P. K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. **Plant Disease**, v.81, n.12, p. 1358-1369, 1997.

PPDB - PESTICIDE PROPERTIES DATABASE. Metaflumizone. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/443.htm>>. Acesso em 12 de junho de 2018.

REZENDE, M. Q. et al. Coleoptera, Coccinellidae, *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773): New record in Minas Gerais, southeastern Brazil. **Check List**, v. 6, n. 3, p. 465-466, 2010.

ROY, H.; WAJNBERG, E. From biological control to invasion: The ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. **BioControl**, n.53, p. 1-4, 2008.

SALGADO, V. L.; HAYASHI, J. H. Metaflumizone is a novel sodium channel blocker insecticide. **Veterinary Parasitology**, v.150, n.3, p. 182-189, 2007.

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

SEDIYAMA, M. A. N.; FONTES, P. C. .R., SILVA, D. J. H. Práticas culturais adequadas ao tomateiro. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.24, n.219, p. 19-25, 2003.

SEKO, T; ABE, J; MIURA, K. Effect of supplementary food containing *Artemia salina* on the development and survival of flightless *Harmonia axyridis* in greenhouses. **BioControl**, v. 64, n. 3, p. 333-341, 2019.

SEKO, T; YAMASHITA, K; MIURA, K. Residence period of a flightless strain of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in open fields. **Biological Control**, v.47, n.2, p. 194-198, 2008.

SILVA A. C.; CARVALHO G. A.; ALVARENGA M. A. R. Tomate: **Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Editora universitária de Lavras, cap.13, p.359-409, 2013.

STERNESEN, J. **Chemical pesticides: mode of action and toxicology**. Washington DC, 271p, 2004.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, v.38, p. 165-177, 1993.

TOURNIAIRE, R. et al. A natural flightless mutation in the ladybird, *Harmonia axyridis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.96, p. 33-38, 2000.

TREICHEL, M. et al. **Anuário Brasileiro do Tomate**. Santa Cruz do Sul, 2016.

VINCENT C. et.al. Effects of imidacloprid on *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) larval biology and locomotory behavior. **European Journal of Entomology**, v.97, n.4, p. 501-506, 2000.

WANG, P. et.al. Lethal and behavioral sublethal side effects of thiamethoxam on the predator *Harmonia axyridis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.166, p. 703–712, 2018.

WEN-SU, H. et al. Sublethal effects of metaflumizone on abamectin-resistant and susceptible strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Acta Entomologia Sinica**, v.55, n.6, p. 694-702, 2012.

WPTC – The world production tomato council. WPTC crop update and world production estimate as of 25 October 2018. Disponível em: <<https://www.wptc.to/pdf/releases/WPTC%20crop%20update%20as%20of%2025%20October%202018.pdf>>. Acesso em: 08 de março de 2019.

YU, C. et al. Toxic effects of hexaflumuron on the development of *Coccinella septempunctata*. **Environmental Science and Pollution Research International**, v.21, n.2, p. 1418-1424, 2013.

YU, X. et al. Cytotoxic effects of tebufenozide in vitro bioassays. **Ecotoxicology and environmental safety**, v.129, p. 180-188, 2016.

XIAO, D. et al. Sublethal effects of imidacloprid on the predatory seven-spot ladybird beetle *Coccinella septempunctata*. **Ecotoxicology**, v. 25, n.10, p. 1782-1793, 2016.

ZAVATTI, L. M. S.; ABAKERLI, R. B. Resíduos de agrotóxicos em frutos de tomate. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.3, p.473-480, 1999.

ZHANG, Z.; LI, J. H.; GAO, X. W. Sublethal Effects of Metaflumizone on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v.11, n.7, p. 1145-1150, 2012.