

GUILHERME MATEUS DIAS BARBOSA

**RESPOSTA NA MORTALIDADE E COMPORTAMENTO DAS LARVAS DE
Chrysoperla externa (Neuroptera: Chrysopidae) EXPOSTAS A INSETICIDAS
PARA O CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes

Coorientadora: Marisol Giraldo Jaramillo

RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS

2020

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Campus Rio Paranaíba
UFV**

T

B238r Barbosa, Guilherme Mateus Dias, 1988-
Resposta na mortalidade e comportamento das larvas de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) expostas a inseticidas para o controle de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) / Guilherme Mateus Dias Barbosa. – Rio Paranaíba, MG, 2019.
39 f. ; 29 cm.

Orientador: Flavio Lemes Fernandes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bicho-mineiro. 2. Inimigo natural. 3. Bicho-lixeiro. 4. Controle químico. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal. II. Título.

633.73

GUILHERME MATEUS DIAS BARBOSA

**RESPOSTA NA MORTALIDADE E COMPORTAMENTO DAS LARVAS DE
Chrysoperla externa (Neuroptera: Chrysopidae) EXPOSTAS A INSETICIDAS
PARA O CONTROLE DE *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2020.

Assentimento:

Guilherme Mateus Dias Barbosa
Autor

Flávio Lemes Fernandes
Orientador

Aos meus pais, Sebastião Ferreira Barbosa e Nilda Dias Barbosa, aos meus irmãos
Nayara Maria Dias Barbosa e Samuel Mateus Dias Barbosa, e à minha esposa Vanessa
Maria Gonçalves, com carinho, por todo amor, companheirismo e apoio.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e ao Senhor Jesus Cristo, pelo dom da vida e pela luz espiritual com que me conduziram por todo o caminho.

Aos meus pais Sebastião Ferreira Barbosa e Nilda Dias Barbosa, pois foram grandes incentivadores, contribuindo com valiosos ensinamentos, motivação, apoio e amor.

À minha esposa Vanessa Maria Gonçalves pelo companheirismo, cumplicidade, apoio e amor.

À minha irmã Nayara Maria Dias Barbosa e meu irmão Samuel Mateus Dias Barbosa por todo apoio, amizade, e amor.

Aos meus tios e tias, pelo exemplo de vida e pelos conselhos.

As escolas estaduais “Professor Modesto” e “Marcolino de Barros” pela formação educacional como criança e como jovem.

Aos colegas de mestrado Pedro, Luciano, Carlos, Thyago, Daniel, Marcos, Diego, Enrique, Rafaela, Mariana, Arielle, por toda amizade e companheirismo.

Aos colegas do grupo Manejo Integrado de Pragas - MIP e graduandos da UFV-CRP. Juno, Layane, Brenda, Erick, Guilherme, Diego, Igor, Ronald, Wallyson, Gustavo, Bernard, Rafael, Jéssica, Ivan, Adalberto, Matheus, Willian, e Jean, por toda contribuição durante a pesquisa, dedicação, empenho e amizade.

Aos colegas Luiz Gustavo, João Marcos, Matheus e Alisson pelo convívio e companheirismo.

Aos docentes e servidores da Universidade Federal de Viçosa *campus* de Rio Paranaíba que contribuíram para a conclusão do curso.

Aos coorientadores Marisol Giraldo Jaramillo e Ézio Marques da Silva juntamente com o orientador Flávio Lemes Fernandes.

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

À Associação Mineira dos Produtores Algodão (AMIPA) pelo amparo material à pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Tudo posso naquele que me fortalece...” Paulo de Tarso.

BIOGRAFIA

Guilherme Mateus Dias Barbosa nasceu em Patos de Minas - MG no dia 16 de dezembro de 1988. Em 1999 concluiu o ensino primário na Escola Estadual Professor Modesto e em 2006 concluiu o Ensino Médio na Escola Estadual Marcolino de Barros, na cidade de Patos de Minas - MG. Em 2008, iniciou o Curso de Agronomia, participou de trabalhos de pesquisa nas áreas: olericultura e melhoramento da soja, e em agosto de 2014, graduou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Em agosto de 2018, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, submetendo-se à defesa de dissertação em 20 de fevereiro de 2020.

RESUMO

BARBOSA, Guilherme Mateus Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Resposta na mortalidade e comportamento das larvas de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) expostas a inseticidas para o controle de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae).** Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientadora: Marisol Giraldo Jaramillo.

O bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) é umas das principais pragas do café devido aos danos causados à suas folhas. O controle dessa praga é realizado por inseticidas com relativa toxicidade a insetos benéficos, como o bicho-lixeiro (*Chrysoperla externa*). Com isso se faz necessário o uso de métodos alternativos de controle que minimize tais problemas como o uso de agentes de controle biológico associado ao uso de inseticidas seletivos. Assim foram realizados bioensaios para avaliar métodos de aplicação e os efeitos de alguns inseticidas sobre o bicho-lixeiro. Foram avaliados o método de aplicação de inseticida, a mortalidade larval, a toxicidade relativa, a sobrevivência ao longo do tempo e efeitos sub-letais sobre a alimentação do bicho-lixeiro. O método de aplicação que teve maior mortalidade foi o método de Aplicação Direta sobre o Inseto - (ASI). Clorpirifós foi não seletivo para larvas de *C. externa* ($CL_{50} = 0,22 \text{ mg mL}^{-1}$ e 83% mortalidade) enquanto que flupiradifurona ($CL_{50} = 1,02 \text{ mg mL}^{-1}$ e 45% mortalidade) e piriproxifen ($CL_{50} = 0,37 \text{ mg mL}^{-1}$ e 28% mortalidade) foram seletivos. Clorpirifós, flupiradifurona, e piriproxifen apresentaram efeitos sub-letais sobre predação de ovos por *C. externa*. Conclui-se que o método utilizado para aplicar o inseticida influencia no valor da mortalidade. Os inseticidas flupiradifurona e piriproxifen podem ser indicados para o manejo de bicho-mineiro em café como inseticidas seletivos, mas reduzem a atividade predatória de *C. externa*.

Palavras-chave: Bicho-mineiro. Inimigo natural. Bicho-lixeiro. Controle químico.

ABSTRACT

BARBOSA, Guilherme Mateus Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Response in mortality and behavior of larvae of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) exposed to insecticides for the control of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae).** Advisor: Flávio Lemes Fernandes. Co-advisor: Marisol Giraldo Jaramillo.

The coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*) is one of the main coffee pests due to damage to its leaves. The control of this practice is carried out by insecticides with toxicity relative to beneficial insects, such as the lacewing (*Chrysoperla externa*). Thus, it is necessary to use alternative methods of control that minimize these problems, such as the use of biological control agents associated with the use of selective insecticides. Thus, bioassays were carried out to evaluate application methods and the effects of some insecticides on the lacewing. The insecticide application method, larval mortality, relative toxicity, survival over time and sub-lethal effects on lacewing were evaluated. The method of application that had the highest mortality was the method of Direct Application on Insects (DAI). Chlorpyrifos was not selected for *C. externa* larvae ($LC_{50} = 0.22 \text{ mg mL}^{-1}$ and 83% mortality) while flupyradifurone ($LC_{50} = 1.02 \text{ mg mL}^{-1}$ and 45% mortality) and pyriproxyfen ($LC_{50} = 0.37 \text{ mg mL}^{-1}$ and 28% mortality) were selective. Chlorpyrifos, flupyradifurone and pyriproxyfen presented sub-lethal effects on egg predation by *C. externa*. It was concluded that the method used to apply the insecticide affects the value of mortality. The insecticides flupyradifurone and pyriproxyfen can be indicated for the management of leaf miners in coffee as selective insecticides, but reduce predatory activity of *C. externa*.

Keywords: Leaf miner. Natural enemy. Lacewing. Chemical control.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Material e Métodos	14
2.1. Insetos e Inseticidas.....	14
2.2. Bioensaios	14
2.2.1. Método 1- Aplicação sobre o inseto - ASI (Efeito de contato “ <i>Knock-Down</i> ”).....	15
2.2.2. Método 2- Aplicação sobre a folha - ASF (Efeito de contato tarsal).....	15
2.2.3. Seleção do melhor método e avaliação da mortalidade de inseticidas.....	16
2.3. Obtenção das curvas de concentração-resposta	16
2.3.1. Curvas de concentração-resposta aos inseticidas para <i>C. externa</i>	17
2.3.2. Curvas de concentração-resposta aos inseticidas para <i>L. coffeella</i>	17
2.4. Análise da CL ₅₀ encontrada nas curvas de concentração-resposta para <i>C. externa</i> e <i>L. coffeella</i>	18
2.4.1. Toxicidade relativa (CL ₅₀)	18
2.4.2. Índice de seletividade diferencial (ISD ₅₀).....	18
2.5. Bioensaio de sobrevivência, predação e peso larval	19
2.6. Análise estatística.....	19
3. Resultados	21
3.1. Seleção do melhor método de aplicação e avaliação da seletividade dos inseticidas	21
3.2. Toxicidade relativa (CL ₅₀) e Índice de seletividade diferencial (ISD ₅₀).....	22
3.3. Análise de sobrevivência ao longo do tempo.....	25
3.4. Efeito sub-letal sobre a predação e peso larval	26
4. Discussão	28
5. Conclusões.....	30
6. Referências.....	31

1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea* spp.) é uma *commoditie* com grande relevância mundial, que vem sendo cultivado por 25 milhões de agricultores, em mais de 11 milhões de ha e 60 países (Waller et al. 2007). O cultivo do café em alguns países da África, América Central e Caribe é a principal fonte de renda para muitas famílias (Mishra e Slater, 2012; Schroth & Ruf, 2014). Em 2018 o país que mais produziu café foi o Brasil com 3750 toneladas, e o maior consumidor foi os Estados Unidos com 1566 toneladas (IOC, 2019). Os países produtores de café buscam aumentar a produtividade e a qualidade do café para atender às exigências dos países importadores, neste sentido os patógenos e as pragas sempre podem reduzir a produtividade e a qualidade do café (Vega et al. 2009; Silva et al. 2010; Oliveira et al. 2013; Mesquita et al. 2016).

As principais pragas do cafeeiro são o bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) (Silva et al. 2010; Mesquita et al. 2016). Essas pragas ocorrem em todas as regiões produtoras de café no Brasil, mas com importância relativa para cada região (Pantoja-Gomez et al. 2018). A broca-do-café tem sido considerada uma praga de maior preocupação, por estar distribuída em todas as regiões produtoras de café no mundo. Já o bicho-mineiro se concentra mais nas regiões secas e quentes e em muitas regiões cafeeiras essa praga não apresenta preocupação (Jaramillo et al. 2011; Ziska et al. 2018). Apesar de comparativamente ser uma praga menos importante que a broca, existe escassez de estudos com *L. coffeella* (De la Mora et al. 2008; Hoshino et al. 2018). Por ser uma praga antiga, registrada pela primeira vez em Guadalupe e Martinica no ano de 1842 são necessários estudos para ampliar o conhecimento dessa espécie (Green, 1984).

O bicho-mineiro-do-cafeeiro é considerado uma das pragas mais destrutivas do café (Righi et al. 2013). O bicho-mineiro é um microlepidóptero de origem africana, holometábolo, que se alimenta do tecido interno da folha. Os ovos são depositados na face adaxial da folha e após cinco dias emerge uma lagarta, que penetra na epiderme da folha e se alimenta do parênquima paliádico. As lesões causadas pelo bicho-mineiro nas folhas reduzem sua capacidade fotossintética e estimulam a síntese de etileno, ocasionando a senescência das folhas e conseqüentemente perdas de até 80% na produção em áreas onde não é controlado (Scalon et al. 2013; De Moraes, 2017). Para

reduzir os problemas com essa praga, é necessário adotar medidas de controle eficientes. Os métodos de controle mais utilizados são o químico e o biológico (Fernandes et al. 2013; Hoshino et al. 2018). Além dos fatores climáticos, outros fatores naturais podem ser determinantes para a mortalidade de *L. coffeella*, como inviabilidade dos ovos, parasitismo e predação por inimigos naturais (Pereira et al. 2007).

Os predadores da família Chrysopidae desempenham um papel importante como regulador das populações de *L. coffeella* (Flores et al. 2015; Lavagnini et al. 2015; Soares et al. 2018). O bicho-lixeiro *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) é um inseto com desenvolvimento holometábolo, seus ovos são fixados na extremidade de uma estrutura denominada pedicelo que é fixada na folha pela outra extremidade, essa estrutura serve como sustentação para o ovo. A fase de larva têm duração média de 6 dias, a fase de pupa duração média de 13 dias e a fase adulta 23 dias. A fase do ciclo responsável pela predação é a fase larval, sendo que, na fase adulta esses insetos se alimentam basicamente de néctar (Boregas et al. 2003). Esse inseto é um predador com alta capacidade reprodutiva e grande voracidade, que além de se alimentar dos ovos e pequenas larvas de *L. coffeella*, também se alimenta de pulgões, colchonilhas e ácaros (Pitwak et al. 2016). Estudos relatam que o bicho-lixeiro no terceiro ínstar larval pode preda 78,4 ninfas do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae), 169,9 ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e 1264,9 ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) (Tavares et al. 2011a; Fonseca et al. 2015).

Apesar da capacidade de predação e da participação na regulação das populações de pragas, *C. externa* ocorrendo naturalmente no ambiente pode não reduzir a população de *L. coffeella* abaixo do nível de dano econômico. Assim, como ocorrido com outros predadores como o percevejo-predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Heteroptera: Anthocoridae) em milho, ácaro-predador *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) em morango, e Tricograma *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diversas culturas, é necessária a produção massal e liberação das larvas no campo, permitindo o controle da praga no momento certo (Carvalho et al. 2011; Wang et al. 2014; Nguyen et al. 2015; He et al. 2019; Messelink et al. 2019). Biofábricas de controle biológico tem se dedicado à produção de microorganismos, parasitoides e ácaros predadores. Não havendo nenhuma biofábrica de bicho-lixeiro. Nesse sentido, a Associação Mineira dos

Produtores de Algodão (AMIPA) tem sido uma biofábrica brasileira pioneira na produção e liberação de *C. externa* no campo.

Aos serem liberadas no campo, as larvas podem entrar em contato com os inseticidas utilizados no cultivo (Pappas et al. 2011). Alguns dos principais grupos de inseticidas utilizados no café são organofosforados (clorpirifós), neonicotinoide (tiamectoxam), piretroide (cipermetrina), éter piridiloxipropílico (piriproxifen) e diamidas (clorantraniliprole) (AGROFIT, 2019). Estudos realizados com esses inseticidas, observaram que muitos podem apresentar alta toxicidade a inimigos naturais (Fernandes et al. 2008a; Soares et al. 2018). Os inseticidas reguladores de crescimento apresentam toxicidade elevada em estágios larvais mais próximos à metamorfose, que é quando os insetos não metabolizam mais as moléculas do inseticida (Soares et al. 2018). O grupo dos piretroides apresentam moderada toxicidade para Crisopídeos (Ham et al. 2019). Oxadiazinas e neonicotinoídeos são prejudiciais ao adulto (Golmohammadi et al. 2014). Os inseticidas que apresentam maior toxicidade aos Crisopídeos são de classes químicas mais antigas. A descoberta e o desenvolvimento de novas classes é imprescindível para o uso de inseticidas seletivos, podendo a seletividade ser fisiológica ou ecológica (Godfray et al. 2010; Bueno & Bueno, 2012; Bueno et al. 2017). A seletividade de inseticidas recém descobertos para o café precisa ser conhecida, assim como é conhecida a seletividade de outros inseticidas já utilizados há algum tempo (Fernandes et al. 2013; Castilhos et al. 2017).

Além da seletividade, é importante informações adicionais aos inseticidas quanto aos seus efeitos sub-letais. Os efeitos sub-letais é quando o inseticida mesmo não causando a mortalidade dos inimigos naturais, causa alguns efeitos sobre eles, afetando sua sobrevivência, longevidade, fecundidade, reprodução e comportamento (Bopape et al. 2014; Amarasekare et al. 2016; Rahmani e Bandani, 2016). Ao avaliar a seletividade e o efeito sub-letal de inseticidas, é importante definir qual o melhor método de aplicação do inseticida, pois para métodos diferentes, há variações nos valores de toxicidade dos inseticidas (Paramasivam et al. 2017; Gonring et al. 2019). Os valores de toxicidade de um inseticida para uma mesma espécie de inseto praga podem variar de uma população para outra (Costa et al. 2016; Rugno et al. 2019). Isso implica que em determinadas regiões seria necessário aplicar doses maiores do inseticida para se ter eficiência no controle do inseto praga em relação a outras regiões, o que pode causar

também maior mortalidade do inimigo natural, necessitando assim de liberação massal do inimigo natural nessas áreas.

Assim, os objetivos foram: 1) determinar o melhor método de aplicação a ser usado para avaliar a seletividade de inseticidas para *C. externa*; 2) determinar as concentrações letais (CLs) para o bicho-lixo e o bicho-mineiro; 3) avaliar o efeito sub-letal de três inseticidas sobre a taxa de sobrevivência, consumo de presas, e peso larval de *C. externa*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Insetos e inseticidas

As larvas de *Chrysoperla externa* foram obtidas da criação massal do laboratório da Associação Mineira de Produtores de Algodão (AMIPA). Os insetos foram adquiridos em cartelas de papel sulfite contendo ovos com cerca de 5000 unidades, e colocados em condições de ambiente: temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa 60-70% e fotoperíodo de 12:12 h até a eclosão das larvas. As larvas foram agrupadas em potes plásticos (500 mL) de 40-50 indivíduos e alimentadas com 0,1 g de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) por dois dias. A criação dos insetos de *Leucoptera coffeella* para os bioensaios de toxicidade foram feitos com base na metodologia usada por Gonring et al. (2019).

Os inseticidas selecionados para os bioensaios são registrados para o controle de *L. coffeella* em café *C. arabica* L. (AGROFIT, 2019) (Tabela 1).

Tabela 1. Grupo químico, modo de ação, ingrediente ativo e concentração dos inseticidas comercializados por empresas no Brasil para o controle de *L. coffeella*.

Grupo	Modo de Ação ¹	Ingrediente Ativo	Concentração (g.i.a./ha)
Organofosforado	1	clorpirifós 480 SC	1,8
Piretroide	3	fenpropatrina 300 CE	0,24
Butenolida	4	² flupiradifurona 200 SL	0,5
Avermectina	6	² abamectina 18 CE	0,018
Piriproxifen	7	Piriproxifen 100 CE	0,2
Benzoilureia	15	² novaluron 100 CE	0,06
Semicarbazona	22	metaflumizone 240 SC	1,2
Diamida	28	clorantraniliprole 350 WG	0,078
Diamida	28	ciantraniliprole 100 OD	0,375
Diamida + Avermectina	28+6	² clorantraniliprole + abamectina	0,045

¹Modo de ação seguindo a classificação do IRAC, 2019. ²Foi adicionado óleo vegetal 0,25% CE. CE = Concentrado emulsionável; SL = Concentrado solúvel; SC = Suspensão concentrada, WG = Granulado dispersível em água; OD = Suspensão concentrada em óleo.

2.2. Bioensaios – Toxicidade de inseticidas e seleção do melhor método de aplicação

O bioensaio de toxicidade aos inseticidas foi realizado por dois métodos de aplicação, o método de aplicação sobre o inseto (ASI) e o método de aplicação sobre a folha (ASF). Em ambos os métodos utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 10 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram os inseticidas citados no item 2.1 na tabela 1, e tiveram seus valores de mortalidade (%) corrigidos pela mortalidade (%) do controle (água destilada) conforme a fórmula de Abbot, 1925. A aplicação foi realizada por meio de um aerógrafo do tipo caneta conectado por uma mangueira a um compressor de 1,6 bar (modelo-mod-1, Wimpel, São Paulo, Brasil). A concentração utilizada nos tratamentos foi a recomendada para o controle de *L. coffeella* pelos respectivos fabricantes de cada inseticida. Após as aplicações, as larvas foram individualizadas em tubos de ensaio (12 x 75 mm) para evitar o canibalismo, em seguida, 0,05 g de ovos de *A. kuehniella* foram liberados em cada tubo para alimentação das larvas. Os tubos foram vedados e armazenados em condições de ambiente: temperatura 25 ± 1 °C, umidade relativa 60-70% e fotoperíodo de 12:12 h. A avaliação da mortalidade das larvas de *C. externa* foi feita com 24 e 48 h após a exposição aos inseticidas. Para os tratamentos com os inseticidas novaluron e piriproxifen, a avaliação se estendeu até 144 h após a exposição. As larvas foram consideradas mortas quando não se moviam ao toque em seu corpo por um pincel fino.

2.2.1 Método 1- Aplicação sobre o inseto - ASI (Efeito de contato “*Knock-Down*”)

Este método consistiu em verificar o efeito de choque “*knock-down*” dos inseticidas sobre as larvas de *C. externa*. Para cada repetição, 10 larvas de *C. externa* em primeiro ínstar foram liberadas na placa de Petri (área: 314,15 cm²) para receberem aplicação tópica dos tratamentos (Tabela 1). O aplicador foi mantido à distância de 20 cm da placa. O volume de calda dos inseticidas utilizado em cada repetição variou entre 1,3 e 1,6 mL, conforme a recomendação do volume de calda pelo fabricante, que variou entre 400 e 500 L ha¹, respectivamente. Nesse método, após a individualização das larvas nos tubos de ensaio, os mesmos foram vedados com filme plástico, antes de serem armazenados nas condições de ambiente descritas no item 2.2.

2.2.2. Método 2- Aplicação sobre a folha - ASF (Efeito de contato tarsal)

O objetivo foi verificar a contaminação tarsal das larvas de *C. externa* pelos inseticidas. Os inseticidas foram diluídos em água até obter a concentração citada no tópico 2.2. Folhas de café (*C. arabica*), dois anos de idade, cv. Catuaí, com 12 cm de comprimento, foram coletadas no terceiro nó em ramos do terço médio da planta, sem resíduos de inseticidas. As folhas foram presas pelo pecíolo em uma linha horizontal suspensa, para a aplicação dos tratamentos. A aplicação foi realizada pelo mesmo aerógrafo utilizado no ensaio “*Knock-Down*”. O aplicador foi mantido à distância de 20 cm, para que a aplicação dos tratamentos atingisse toda a superfície foliar suspensas. O volume de calda dos inseticidas utilizado em cada repetição variou entre 3,0 e 4,0 mL, conforme a recomendação do volume de calda pelo fabricante, que variou entre 400 e 500 L ha¹, respectivamente. Após aplicação dos tratamentos aguardou-se a secagem das folhas por 5 min. à sombra. As folhas foram enroladas em forma de cilindro oco, e individualizadas em tubos de ensaio (12 x 75 mm). Ovos de *A. kuehniella* foram liberados no interior da folha enrolada para alimentação das larvas de *C. externa*. Os tubos foram vedados com tecido de organza para evitar a retenção de umidade proveniente da transpiração das folhas, e dispostos na posição horizontal, antes de serem armazenados nas condições de ambiente citadas no item 2.2. O local de liberação dos ovos e a posição do tubo foram necessários para forçar as larvas a entrar em contato com a folha contendo o tratamento.

2.2.3 Seleção do melhor método de aplicação e avaliação da mortalidade de inseticidas

O método selecionado foi o que proporcionou maior mortalidade (%) larval de *C. externa* e menor tempo de execução. O método de aplicação sobre o inseto (ASI) foi selecionado para aplicação nos bioensaios com *C. externa*. Sendo um bioensaio para obtenção das curvas de concentração-resposta, e um bioensaio para avaliação de sobrevivência, predação e peso larval.

2.3. Obtenção das curvas de concentração-resposta

Na obtenção das curvas de concentração-resposta os tratamentos foram os inseticidas flupiradifurona 200 SL + óleo vegetal 0,25% EC, clorpirifós 480 CE, e piriproxifen 100 CE, com quatro repetições pra cada tratamento. De cada tratamento foi obtido uma curva de concentração-resposta para uma população de *C. externa* e para quatro populações de *L. coffeella* das seguintes localidades: Rio Paranaíba-MG, Luís

Eduardo Magalhães-BA, Santa Teresa-ES e Manhuaçu-MG. Inicialmente foi realizado um pré-teste com três concentrações de flupiradifurona (2,5; 5 e 10 ppm), clorpirifós (900; 1800 e 3600 ppm) e piriproxifen (100; 200 e 400 ppm) para determinar a variação da mortalidade das larvas de *C. externa* e de *L. coffeella* (0-99%). As concentrações foram a de campo registrada pelo MAPA (AGROFIT, 2019), o dobro e a metade da concentração de registro de cada inseticida. Após o pré-teste, foram determinadas as concentrações a compor a curva de concentração-resposta aos inseticidas para *C. externa* e *L. coffeella*. A mortalidade (%) dos tratamentos foi corrigida pela mortalidade (%) do controle (água destilada) conforme fórmula de Abbot, 1925.

2.3.1. Curvas de concentração-resposta aos inseticidas para *C. externa*

Em cada repetição, dez larvas de *C. externa* de primeiro ínstar providas da criação foram liberadas na placa de Petri de área superficial de 314,15 cm², para receberem aplicação sobre o inseto. As concentrações determinadas após o pré-teste de flupiradifurona foram (0,01; 0,02; 0,1; 0,5; 4; 20; 200; 600; 850; e 8510 ppm) + óleo vegetal 0,25%, de clorpirifós foram (100; 450; 900; 1500; 1800; 2000; 2100; 2400; 2700; e 3000 ppm) e de piriproxifen foram (10; 40; 80; 100; 200; 250; 300; 350; 500; e 700 ppm). Foi utilizado o método de aplicação sobre o inseto (ASI) conforme descrito no item 2.2.1. Após a aplicação, para evitar o canibalismo entre as larvas, essas foram individualizadas em tubos de ensaio (12 x 75 mm), juntamente com ovos de *A. kuehniella*. Os tubos foram vedados com filme plástico e dispostos em condições de ambiente: temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa 60-70% e fotoperíodo de 12:12 h. Após 24 e 48 h, avaliou-se a mortalidade das larvas para os inseticidas flupiradifurona e clorpirifós, para o inseticida piriproxifen a avaliação se deu até 144 h, devido a ação desse inseticida ser mais lenta.

2.3.2. Curvas de concentração-resposta aos inseticidas para *L. coffeella*

As concentrações determinadas após o pré-teste para compor a curva de concentração-resposta de flupiradifurona foram (0,01; 0,02; 0,1; 0,5; 4; 20; 200; 600; 850; e 8510 ppm) + óleo vegetal 0,25%, de clorpirifós 480 CE foram (100; 450; 900; 1500; 1800; 2000; 2100; 2400; 2700; e 3000 ppm); e de piriproxifen 100 CE foram (10; 40; 80; 100; 200; 250; 300; 350; 500; e 700 ppm). O método de aplicação utilizado nesse bioensaio foi feito com base na metodologia usada por Gonring et al. (2019). O

volume de calda dos inseticidas utilizado em cada plântula variou entre 5 e 6,25 mL, conforme a recomendação do volume de calda pelo fabricante, que variou entre 400 e 500 L ha¹, respectivamente. Após a secagem, as mudas foram transferido para gaiolas de madeira (45 x 45 x 55 cm) (Labcreation, modelo DS; 8 mudas / gaiola) e 50 adultos da lagarta *L. coffeella* foram liberados em cada gaiola para ovipositarem pelo período de 48 h. As gaiolas foram armazenadas em condições de ambiente: temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa 60-70% e fotoperíodo de 12:12 h. Depois de remover os adultos, as mudas foram inspecionadas e os ovos removidos por um pincel fino, até se ter um total de 25 ovos por gaiola para permitir aproximadamente 20 minas por gaiola após a alimentação larval. Isso foi necessário para padronizar o número de ovos por muda. Quatro gaiolas (réplicas) foram usadas para cada concentração de inseticidas. Os ovos e minas foram contados após dois e oito dias somente nos primeiros três pares de folhas; as folhas não foram removidas, para evitar possíveis alterações fisiológicas da planta. Uma contagem de dois dias foi necessária para verificar o número mínimo de minas (20 minas por gaiola). As minas de folhas observadas foram registradas como ativas quando de cor clara e contendo larva viva, e inativa quando seca e cor escura contendo larva morta. Assim, a mortalidade larval foi registrada, e corrigida pela mortalidade do controle.

2.4. Análise da CL₅₀ encontrada nas curvas de concentração-resposta para *C. externa* e *L. coffeella*

Após a obtenção das curvas de concentração-resposta de clorpirifós, flupiradifurona e piriproxifen para a população de *C. externa* e para às quatro populações de *L. coffeella*, foi feita a análise de toxicidade relativa e calculado o índice de seletividade diferencial.

2.4.1. Toxicidade relativa (CL₅₀).

Na análise de toxicidade relativa foi feito um estudo comparativo dos valores de CL₅₀ dos três inseticidas, para às quatro populações de *L. coffeella* bem como para à população de *C. externa*. Em cada população foi obtido o valor da razão de toxicidade para cada inseticida ($RT_{CL50} = CL_{50} \text{ do inseticida} / \text{menor } CL_{50} \text{ dentro da população}$).

2.4.2. Índice de seletividade diferencial (ISD₅₀).

Para cada inseticida avaliado no bioensaio de concentração-resposta, foi calculado o índice de seletividade diferencial ($ISD_{50} = CL_{50}$ do inseticida para o inimigo natural/ CL_{50} do inseticida para a praga), sendo que foi considerado uma população de *C. externa* como inseto predador e quatro populações de *L. coffeella* (Rio Paranaíba-MG, Luís Eduardo Magalhães-BA, Santa Teresa-ES e Manhuaçu-MG) como inseto praga, para os cálculos da CL_{50} do inseticida para o predador e CL_{50} do inseticida para a praga, respectivamente.

2.5. Bioensaio de sobrevivência, predação e peso larval

Foi avaliado o efeito das concentrações letais (CL_{10} , CL_{50} e CL_{65}) dos inseticidas, sobre a sobrevivência dos insetos por um período prolongado de dez dias. As larvas de *C. externa* foram expostas à dez tratamentos: CL_{10} , CL_{50} e CL_{65} do inseticida flupiradifurona 200 SL; CL_{10} , CL_{50} e CL_{65} do inseticida clorpirifós 480 CE; CL_{10} , CL_{50} e CL_{65} do inseticida piriproxifen 100 CE; e o controle (água destilada). A aplicação dos inseticidas foi realizada pelo método ASI já descrito anteriormente. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições e 10 larvas por repetição, em cada tratamento. Após a aplicação dos tratamentos as larvas foram individualizadas em tubos de ensaio (12 x 75 mm), sendo adicionado em cada tubo 500 ovos de *A. Kuehniella*. Os tubos foram vedados com filme plástico e dispostos em condições de ambiente de temperatura $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa 60-70% e fotofase de 12:12 h. A cada 24 hrs, durante dez dias, foi contabilizado o número de larvas mortas, de modo a obter a porcentagem diária de larvas sobreviventes para cada tratamento. Paralelamente a avaliação de sobrevivência, nesse mesmo bioensaio foi selecionado 8 insetos em cada tratamento, para avaliar se as concentrações letais (CL_{10} , CL_{50} e CL_{65}) dos inseticidas afetam a taxa de predação pelas larvas e o peso larval de *C. externa*. A cada 24 h, durante dez dias, foi contabilizado o número de ovos de *A. Kuehniella* predados pelas larvas de *C. externa* de forma a obter a taxa de ovos predados ao dia. Ao segundo dia do terceiro ínstar de cada larva, essas eram pesadas utilizando balança de precisão, para avaliação do efeito do inseticida sobre o peso larval.

2.6. Análise estatística

As mortalidades (%) em cada tratamento foram corrigidas pela mortalidade ocorrida no controle pela fórmula de Abbot (1925). As mortalidades (%) foram

classificadas quanto a toxicidade seguindo a classificação da IOBC/WPRS (IOBC/WPRS, 1992). As mortalidades (média de larvas mortas) foram submetidas a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey a ($P < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SPEED Stat (Carvalho e Mendes, 2017). Na obtenção das curvas de concentração-resposta, as mortalidades corrigidas de cada tratamento foram submetidas à análise de probit ($P > 0,05$), utilizando-se o procedimento PROC PROBIT (SAS, 2008). As curvas de sobrevivência foram estimadas pelo método de Kaplan-Meier (teste de log-rank) utilizando-se o procedimento PROC LIFE TEST (SAS, 2008). O consumo de ovos e o peso larval foram submetidas a análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste SNK a ($P < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SPEED Stat (Carvalho e Mendes, 2017).

3. RESULTADOS

3.1. Seleção do melhor método de aplicação e avaliação da seletividade dos inseticidas

O método de aplicação sobre o inseto proporcionou maior mortalidade para *C. externa* em relação ao método de aplicação sobre a folha para todos os inseticidas avaliados ($F_{1;60} = 40,43$; $P < 0,001$) (Tabela 2). O método ASI expressou uma mortalidade 21 vezes maior para o inseticida abamectina, em relação ao método ASF.

Observou-se diferença estatística entre os tratamentos ($F_{9;60} = 6,60$; $P < 0,001$) para o efeito dos inseticidas sobre a mortalidade de *C. externa*. Para o método ASI, o inseticida clorpirifós apresentou maior mortalidade (83%) para *C. externa*, em relação aos demais inseticidas, sendo classificado como nocivo (n). Entre os inseticidas que foram classificados como moderadamente nocivos (mn) estão, fenpropatrina (70%) e abamectina (53%), mas não apresentando diferença significativa quanto ao número médio de larvas mortas. Os inseticidas flupiradifurona, piriproxifen, novaluron, metaflumizone e ciantraniliprole foram levemente nocivos (ln), mas somente piriproxifen, metaflumizone e ciantraniliprole apresentaram diferença significativa quanto ao número médio de larvas. Os inseticidas metaflumizone (20%), clorantraniliprole (15%), e clorantraniliprole + abamectina (21%) foram classificados como inócuos (i), apresentando também diferença significativa quanto ao número médio de larvas mortas. Para o método ASF, clorpirifós (57%) foi moderadamente nocivo (mn), flupiradifurona (32%) foi levemente nocivo (ln) e o restante dos inseticidas foram classificados como inócuos (i). Os inseticidas clorpirifós e fenpropatrina apresentaram maior toxicidade quanto ao número médio de larvas mortas.

Tabela 2. Média de larvas mortas e mortalidade (%) de larvas de *C. externa* a inseticidas submetidas a dois métodos de aplicação após 144 horas de exposição para piriproxifen e 48 horas de exposição para os demais inseticidas.

Inseticida	¹ Larvas mortas (mortalidade %)		² Relação de mortalidade		
	ASI	ASF	ASI	ASF	ASI/ASF
Clorpirifós	8,3Aa (83n)	4,0Ab (57mn)	5,5	22,9	1,4
Fenpropatrina	7,0Aa (70mn)	2,0Ab (20i)	4,7	8,0	3,5
Flupiradifurona	4,5ABa (45ln)	3,0Aa (32ln)	3,0	12,8	1,4
Abamectina	5,3ABa (53mn)	0,3Ab (3i)	3,5	1,0	21,0
Piriproxifen	2,8Ba (28ln)	2,0Aa (20i)	1,8	8,0	1,4
Novaluron	5,0ABa (50ln)	0,8Ab (8i)	3,3	3,0	6,7
Metaflumizone	2,0Ba (20ln)	0,8Aa (8i)	1,4	3,0	2,7
Clorantraniliprole	1,5Ba (15i)	0,5Aa (6i)	1,0	2,5	2,4
Ciantraniliprole	2,5Ba (25ln)	2,0Aa (21i)	1,7	8,2	1,2
Clorantraniliprole + abamectina	2,0Ba (21i)	0,3Aa (3i)	1,4	1,0	8,3

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ²Maior mortalidade (%) / menor mortalidade (%) das larvas de *C. externa* para os métodos ASI = aplicação sobre o inseto e ASF = aplicação sobre a folha; ASI/ASF = mortalidade (%) de ASI / mortalidade (%) de ASF. ³Classificação IOBC/WPRS em função da mortalidade média do predador: Classe A = >75% (nocivo = n); Classe B = 51-75% (moderadamente nocivo = mn); Classe C = 25-50% (levemente nocivo = ln); Classe D = <25% (inócuo = i). N = número de insetos utilizados em cada tratamento (40).

3.2. Toxicidade relativa (CL_{50}) e Índice de seletividade diferencial (ISD_{50})

Verificou-se relações não significativas ($P > 0,05$) entre as concentrações crescentes dos inseticidas e a mortalidade das larvas de *L. coffeella* e *C. externa*, mostrando ajuste à curva de probite (concentração-mortalidade) (Tabela 3). O inseticida clorpirifós apresentou menor toxicidade para população de *L. coffeella* proveniente de Santa Teresa - ES ($CL_{50} = 3,1200$), e maior toxicidade para população proveniente de Rio Paranaíba ($CL_{50} = 18,31$). Para o inseticida flupiradifurona as menores concentrações letais foram observadas na população de Santa Teresa - ES ($CL_{50} = 0,00002$), e a maior concentração letal foi observada na população de Rio Paranaíba - MG ($CL_{50} = 0,00250$). O inseticida piriproxifen foi mais tóxico para a população de Santa Teresa ($CL_{50} = 0,00002$), e foi menos tóxico para a população de Luis Eduardo Magalhães - BA ($CL_{50} = 0,37$). Para *C. externa* ($CL_{50} = 0,22$), clorpirifós teve uma toxicidade maior em relação a todas as populações de *L. coffeella*. A flupiradifurona teve uma concentração letal

menor para as populações de *L. coffeella* em relação a população de *C. externa*. A toxicidade do piriproxifen para a população de *C. externa* ($CL_{50} = 0,37$) foi igual para a população de *L. coffeella* de Luis Eduardo Magalhães - BA, mas foi menor em relação às outras populações de *L. coffeella*.

A razão de toxicidade (RT_{CL50}) entre os inseticidas testados para as populações de *L. coffeella* obteve variação de 2,00 a 59064,51 vezes, demonstrando assim quantas vezes o inseticida é mais tóxico em relação ao inseticida menos tóxico dentro da mesma população, sendo a menor para o inseticida piriproxifen, e a maior para o inseticida clorpirifós. A população de Rio Paranaíba - MG obteve a maior razão de toxicidade para o inseticida clorpirifós ($RT_{CL50} = 59064,51$), assim como para o inseticida flupiradifurona ($RT_{CL50} = 8,06$). Já a população de Luís Eduardo Magalhães - BA teve maior razão de toxicidade para o inseticida piriproxifen ($RT_{CL50} = 168,18$). Para a população de *C. externa* a flupiradifurona foi o inseticida que apresentou maior razão de toxicidade ($RT_{CL50} = 4,64$). As inclinações das curvas de concentração-mortalidade variaram de 0,38 a 5,08 para os inseticidas clorpirifós e piriproxifen, referentes à população de *L. coffeella* de Luís Eduardo Magalhães - BA e de *C. externa*, respectivamente.

A flupiradifurona foi altamente seletiva ao predador *C. externa* para população de Rio Paranaíba - MG ($ISD_{90} = 408,00$), e para a população de Manhuaçu - MG ($ISD_{90} = 1700,00$). A concentração do clorpirifós que ocasionou 90% de mortalidade a *L. coffeella* foi de 0,01 a 0,07 vezes menor do que a concentração que ocasionou a mesma mortalidade à *C. externa*, para as populações *L. coffeella* de Rio Paranaíba - MG e Santa Teresa - ES, respectivamente. Assim, o clorpirifós pode ser considerado pouco seletivo ao predador. O piriproxifen apresentou seletividade à *C. externa* para às populações de *L. coffeella* de Santa Teresa - ES ($ISD_{90} = 18500,00$) e Manhuaçu - MG ($ISD_{90} = 176,90$), não apresentando seletividade em comparação às populações de Rio Paranaíba - MG ($ISD_{90} = 1,68$) e Luís Eduardo Magalhães - BA ($ISD_{90} = 1,00$) (Tabela 4).

Tabela 3. Toxicidade relativa dos inseticidas clorpirifós e flupiradifurona após 48 h de exposição e de piriproxifen após 144 h de exposição, à quatro populações de *L. coffeella* e uma de *C. externa*.

Inseticidas	n	CL ₅₀	RT _{CL50}	Inclinação	P	χ ²
<i>L. coffeella</i> (Pop. Manhuaçu - MG)						
Clorpirifós	800	6,8600	11433,33	0,95	0,08	3,6254
Flupiradifurona	720	0,0006	1,00	2,12	0,06	3,8051
Piriproxifen	720	0,0021	3,50	1,15	0,09	2,6147
<i>L. coffeella</i> (Pop. Santa Teresa - ES)						
Clorpirifós	800	3,1200	312,00	0,64	0,11	2,5470
Flupiradifurona	640	0,00001	1,00	0,65	0,15	2,1160
Piriproxifen	720	0,00002	2,00	1,01	0,22	1,8590
<i>L. coffeella</i> (Pop. Luís Eduardo Magalhães - BA)						
Clorpirifós	720	10,22	4645,45	0,38	0,19	1,9954
Flupiradifurona	800	0,0022	1,00	1,28	0,08	2,6952
Piriproxifen	720	0,37	168,18	3,01	0,07	2,8451
<i>L. coffeella</i> (Pop. Rio Paranaíba - MG)						
Clorpirifós	640	18,31	59064,51	0,46	0,08	2,6145
Flupiradifurona	640	0,00250	8,06	1,33	0,09	2,8412
Piriproxifen	720	0,00031	1,00	1,24	0,06	2,9870
<i>C. externa</i>						
Clorpirifós	400	0,22	1,00	4,15	0,06	3,6254
Flupiradifurona	400	1,02	4,64	1,32	0,10	2,7144
Piriproxifen	400	0,37	1,68	5,08	0,12	2,4297

n = número total de insetos por bioensaio; CL₅₀ = Concentração letal (mg mL⁻¹) para matar 50% da população; RT_{CL50} = CL₅₀ do inseticida/menor CL₅₀ dentro da população; χ² Qui-quadrado calculado; e P = probabilidade.

Tabela 4. Índice de seletividade diferencial (ISD₅₀) de três inseticidas utilizados para *L. coffeella* em quatro populações diferentes em relação ao predador *C. externa*.

Inseticida	ISD ₅₀ ¹			
	Manhuaçu/MG	Sta. Teresa/ES	L. E. Magalhães/BA	Rio Paranaíba/MG
Clorpirifós	0,03	0,07	0,02	0,01
Flupiradifurona	1700	102	464	408
Piriproxifen	176	18500	1,00	1,68

¹ISD₅₀ = CL₅₀ do inseticida em relação à *C. externa*/CL₅₀ do inseticida em relação à população de *L. coffeella*.

3.3. Análise de sobrevivência ao longo do tempo

A análise de sobrevivência de larvas de *C. externa* expostos aos inseticidas clorpirifós, piriproxifen e flupiradifurona indicaram que houve diferenças significativas entre as diferentes concentrações letais CL₁₀ ($\chi^2 = 38,32$; GL = 3; P < 0,001); CL₅₀ ($\chi^2 = 61,02$; GL = 3; P < 0,001) e CL₆₅ ($\chi^2 = 37,91$; GL = 3; P < 0,001). O tempo de sobrevivência diminuiu com aumento da concentração dos inseticidas (Figura 1). Após 10 dias de exposição, a sobrevivência para a CL₁₀ dos inseticidas foram de 75% para clorpirifós, 84% para piriproxifen e 69% para flupiradifurona. Para a CL₅₀ a sobrevivência foi de 84% para clorpirifós, 83% para piriproxifen e 87% para flupiradifurona. Para a CL₆₅ a sobrevivência foi de 70% para clorpirifós, 79% para piriproxifen e 46% para flupiradifurona.

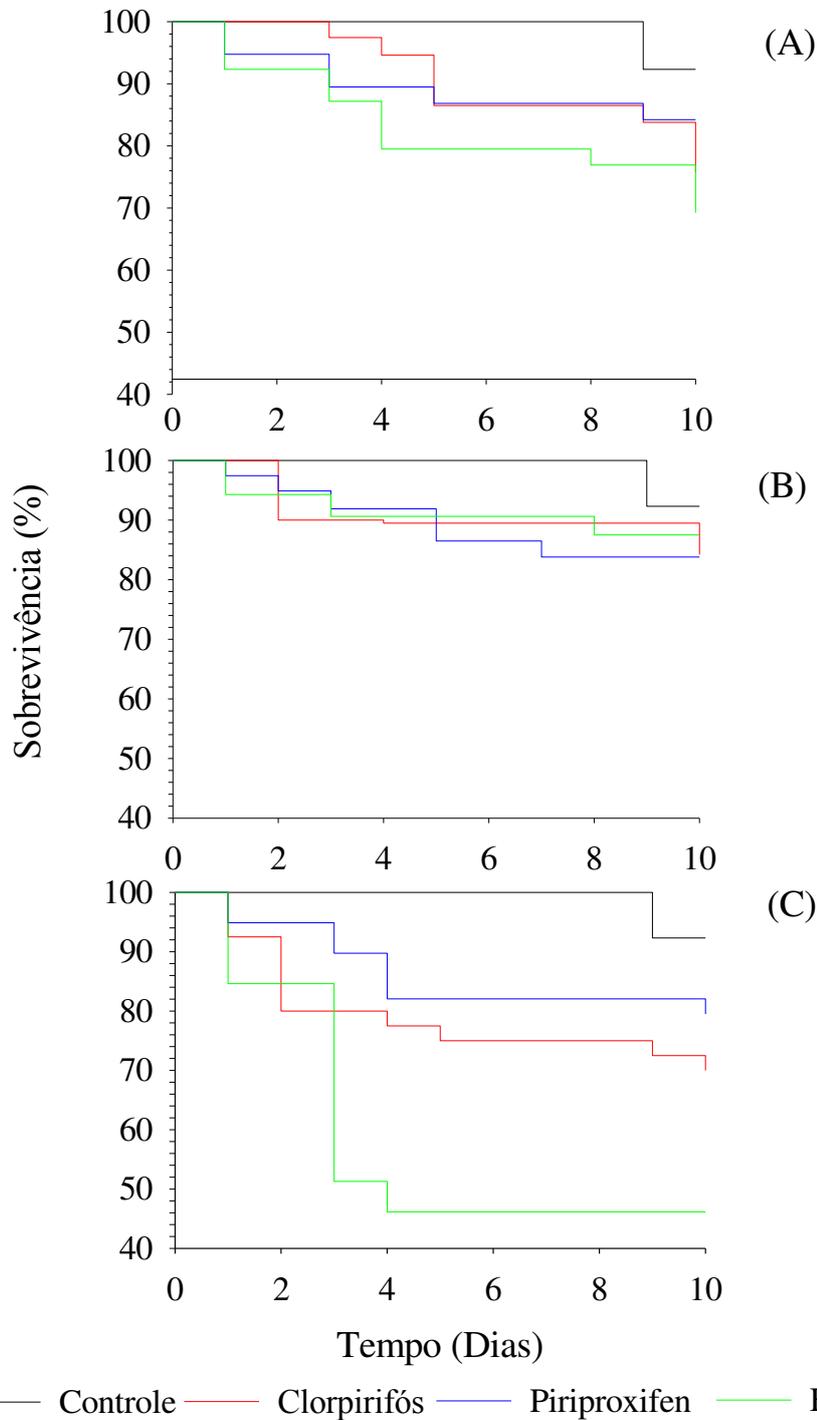


Figura 1. Curvas de sobrevivência de larvas de *C. externa*, até o 10^o dia, submetidas a CL₁₀ de clorpirifós, CL₁₀ de piriproxifen, CL₁₀ de flupiradifurona (A), CL₅₀ de clorpirifós, CL₅₀ de piriproxifen, CL₅₀ de flupiradifurona (B), CL₆₅ de clorpirifós, CL₆₅ de piriproxifen, CL₆₅ de flupiradifurona (C) e controle. As curvas foram comparadas usando-se o método de Kaplan–Meier usando-se o teste de log-rank, CL₁₀ ($\chi^2 = 38,32$; GL = 3; P < 0,001); CL₅₀ ($\chi^2 = 61,02$; GL = 3; P < 0,001) e CL₆₅ ($\chi^2 = 37,91$; GL = 3; P < 0,001).

3.4. Efeito sub-letal sobre a predação e peso larval

Foram constatadas diferenças significativas no consumo de ovos/larva/dia para o segundo ínstar ($F_{9;70} = 19,60$; $P < 0,001$) e para o terceiro ínstar ($F_{9;70} = 9,70$; $P < 0,001$) (Tabela 5). Para o segundo ínstar o consumo dos tratamentos submetidos aos inseticidas foram menor em relação ao controle. Para o terceiro ínstar embora houve diferença entre os tratamentos, apenas a flupiradifurona - CL₆₅ apresentou menor consumo em relação ao controle.

Na avaliação do peso larval (mg) houve diferenças significativas entre os tratamentos ($F_{9;70} = 9,65$; $P < 0,001$) (Tabela 5). Apenas quatro tratamentos submetidos aos inseticidas teve menor peso larval em relação ao controle, flupiradifurona - CL₅₀, piriproxifen - CL₆₅, clorpirifós - CL₁₀, e clorpirifós - CL₆₅.

Tabela 5. Média \pm erro padrão da quantidade de ovos de *A. kuehniella* consumidos por larva/dia para 2º e 3º ínstars, da duração em dias do 2º e do 3º instar e do peso larval do 3º instar de *C. externa*.

Tratamento	Consumo*		Duração		Peso larval (mg)*
	Total de ovo/larva/dia		(dias)		
	2º ínstar	3º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	
Controle	26,09 \pm 1,20 a	28,61 \pm 1,69 ab	2,75 \pm 0,25	5,37 \pm 0,18	3,20 \pm 0,19 ab
C - CL ₁₀	15,42 \pm 0,82 c	31,67 \pm 1,82 a	3,37 \pm 0,37	4,50 \pm 0,18	1,69 \pm 0,28 d
P - CL ₁₀	13,42 \pm 0,62 c	26,80 \pm 1,96 ab	3,87 \pm 0,22	4,75 \pm 0,16	2,43 \pm 0,19 bcd
F - CL ₁₀	8,97 \pm 0,18 d	27,60 \pm 1,59 ab	2,87 \pm 0,12	6,00 \pm 0,00	2,94 \pm 0,25 abc
C - CL ₅₀	17,47 \pm 1,31 bc	30,89 \pm 1,63 ab	3,00 \pm 0,00	3,75 \pm 0,16	2,63 \pm 0,19 bc
P - CL ₅₀	18,29 \pm 1,39 bc	24,65 \pm 0,72 b	3,00 \pm 0,26	5,00 \pm 0,26	3,59 \pm 0,24 a
F - CL ₅₀	18,14 \pm 1,77 bc	24,60 \pm 1,12 b	3,00 \pm 0,26	4,12 \pm 0,12	2,26 \pm 0,18 cd
C - CL ₆₅	17,17 \pm 0,95 bc	28,13 \pm 1,47 ab	3,25 \pm 0,16	4,87 \pm 0,12	1,68 \pm 0,24 d
P - CL ₆₅	21,44 \pm 1,61 b	26,06 \pm 1,39 ab	3,12 \pm 0,22	4,62 \pm 0,18	1,70 \pm 0,10 d
F - CL ₆₅	14,31 \pm 0,60 c	17,93 \pm 0,73 c	3,00 \pm 0,32	4,50 \pm 0,18	2,66 \pm 0,23 bc

*Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de SNK ($p < 0,05$). C - CL₁₀ = clorpirifós - CL₁₀; P - CL₁₀ = piriproxifen - CL₁₀; F - CL₁₀ = flupiradifurona - CL₁₀; C - CL₅₀ = clorpirifós - CL₅₀; P - CL₅₀ = piriproxifen - CL₅₀; F - CL₅₀ = flupiradifurona - CL₅₀; C - CL₆₅ = clorpirifós - CL₆₅; P - CL₆₅ = piriproxifen - CL₆₅; F - CL₆₅ = flupiradifurona - CL₆₅.

4. DISCUSSÃO

A maior toxicidade proporcionada pelo método ASI pode ser explicada pela maior exposição das larvas de *C. externa* ao inseticida em relação ao método de aplicação tópica (Gonring et al. 2019). Pela aplicação tópica ocorre contato do inseticida por todo o corpo do inseto em relação a aplicação sobre a folha, em que há somente contato tarsal, isso acarreta uma maior penetração do inseticida pela cutícula do inseto (Bacci et al. 2007; Hussain et al. 2012; Maia et al. 2012; Yu, 2015). A menor seletividade do clorpirifós pode se dar pelo fato de compostos lipofílicos terem maior afinidade com a cutícula do inseto e são mais facilmente absorvidos e translocados para o local de ação, essa hipótese baseia-se na baixa solubilidade em água desse inseticida (Soares et al. 2018). O clorpirifós causa distúrbios neurológicos pelo alto acúmulo de acetilcolina na sinapse (Rigitano & Carvalho, 2001).

Em geral, a toxicidade de inseticidas para algumas espécies de Chrysopidae, está relacionada ao fato de suas moléculas atuarem dificultando a fisiologia da seletividade desses compostos, o que envolve processos de absorção, penetração, transporte e ativação em tecidos e órgãos vitais alvo dos organismos (Godoy et al. 2010). Menor valor de toxicidade para abamectina pode estar relacionado a menor capacidade de penetração desse inseticida devido o peso molecular das substâncias presentes nas formulações (Berg et al. 2003; El-Zahi 2012). Abamectina é um inseticida pertencente ao grupo avermectina e consiste de uma mistura de dois compostos homólogos, a avermectina B1a (80%) e avermectina B1b (20%) com alto peso molecular (872,1) (Pozo et al. 2003; Biondi et al. 2013). Portanto, compostos com alto peso molecular pode reduzir a capacidade de penetração dos ingredientes ativos na cutícula do inseto, e diminuir os níveis de toxicidade (Stock & Holloway, 1993; Bacci et al. 2007). A flupiradifurona e o clorantraniliprole são inseticidas que se translocam pela planta, seu efeitos se tornam maior quando ingeridos pela praga, o que pode explicar sua maior seletividade aos inimigos naturais (Jeschke, 2015; Barbosa et al. 2017; Silva et al. 2017).

O menor valor da CL_{50} do clorpirifós para *C. externa* em relação ao valor da CL_{50} para as populações de *L. coffeella*, pode ser explicado pelo intenso uso desse inseticida nessas regiões produtoras de café, isso aumenta a pressão de seleção para indivíduos resistentes nessas populações de *L. coffeella* (Fragoso et al. 2002; Costa et al.

2016). Apesar de diversos casos de resistência para outros inseticidas agonistas da acetilcolina, a flupiradifurona apresenta diferenças com base na sua atividade estrutural (Jeschke et al. 2015). No bioensaio de concentração-mortalidade encontrou-se menor inclinação da curva para o inseticida clorpirifós referente às populações de Carmo do Paranaíba. A variabilidade entre indivíduos de uma mesma população pode ser indicada pela inclinação da curva de concentração-mortalidade (Kerns & Gaylor, 1992). Curvas com inclinações menores apontam uma maior variabilidade genética, sugerindo a ausência da predominância de um genótipo na população, indicando uma maior heterogeneidade de resposta diante o uso de inseticidas (Siqueira et al. 2000).

A ação de inseticidas sobre a sobrevivência dos insetos não se estende somente ao momento de exposição, ao longo dos estágios de desenvolvimento afetam a taxa intrínseca de crescimento populacional, longevidade, sobrevivência e reprodução (Thrash et al. 2013; Xu et al. 2016; Al Naggar et al. 2019). O clorpirifós por ter maior potencial lipofílico ($\log K_{ow} = 5,0$) penetra mais rápido, sugerindo uma resposta mais rápida (Soares et al. 2018). A ação mais lenta da flupiradifurona sobre a sobrevivência ao longo do tempo se deve ao seu menor potencial lipofílico ($\log K_{ow} = 1,2$), demorando mais a penetrar na cutícula do inseto (Nauen et al. 2015). A ação mais lenta do piriproxifen se dá devido seu modo de ação, pois reguladores de crescimento levam mais tempo para agir, interferindo especificamente na deposição da quitina, um dos compostos da cutícula dos insetos (Reynolds, 1987; Cremonez et al. 2017).

No segundo ínstar, a diferença de consumo entre os tratamentos e o controle se dá pelo modo de ação dos inseticidas. O clorpirifós, devido ser um inibidor da acetilcolinesterase (AChE), se acumula nas sinapses colinérgicas, periféricas ou centrais, causando hiperestimulação colinérgica e desenvolvimento de sintomas como hiperexcitação, inquietação, incoordenação, e paralisia. Essas alterações comportamentais na motilidade do inimigo natural influenciam negativamente na coordenação motora, prejudicando a busca por alimento (Suchail et al. 2001; Gholamzadeh et al. 2014). No terceiro ínstar como observado para flupiradifurona - CL_{65} , o efeito sub-letal pode estar associado a maior concentração do inseticida no corpo do inseto (Rafiee-Dastjerdi et al. 2009, Ambrose et al. 2010). Os mecanismos que explicam o efeito sub-letal da flupiradifurona ainda não foram bem explicados, mas já foi detectado que esse inseticida também tem efeitos sub-letais em abelhas (Al Naggar & Baer, 2019).

5. CONCLUSÕES

O método de aplicação de inseticidas influencia na avaliação de seletividade ao bicho-lixo. Levando-se em conta os métodos de aplicação avaliados, o método de aplicação direta sobre o inseto é o mais indicado para avaliar a seletividade de inseticidas à *C. externa*. Os inseticidas flupiradifurona, piriproxifen, novaluron, metaflumizone e ciantraniliprole podem ser utilizados como seletivos à *C. externa* no controle de *L. coffeella* no cafeeiro. Embora os inseticidas piriproxifen e flupiradifurona sejam indicados como inseticidas seletivos à *C. externa*, eles têm efeito negativo na taxa de predação por esse inimigo natural.

6. REFERÊNCIAS

Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomology* 18:265-267.

AGROFIT (2019) Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasil - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Accessed 12 December 2019.

Al Naggar Y, Baer B (2019) Consequences of a short time exposure to a sublethal dose of Flupyradifurone (Sivanto) pesticide early in life on survival and immunity in the honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Scientific Reports* 9:19753.

Amarasekare KG, Shearer PW, Mills NJ (2016) Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. *Biological Control* 102:7-16.

Ambrose DP, Rajan SJ, Raja JM (2010) Impacts of Synergy-505 on the functional response and behavior of the reduviid bug *Rhynocoris marginatus* (Heteroptera: Reduviidae). *Journal Insect Science* 10:1-10.

Bacci L, Crespo ALB, Galvan TL, Pereira EJM, Picanço MC, Silva GA, Chediak M (2007) Toxicity of insecticides to the *Sweetpotato whitefly* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Management Science* 63:699-706.

Barbosa PRR, Michaud JP, Bain CL, Torres JB (2017) Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Ecotoxicology* 26:589-599.

Berg GL, Sine C, Meister RT, Poplyk J. (2003) *Farm Chemicals Handbook*. Meister Publishing Co, Willoughby, pp. 1000.

Biondi A, Zappala L, Stark JD, Desneux N (2013) Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects. *PloS ONE* 8:76458.

Bopape MJ, Nofemela RS, Mosiane MS, Modise DM (2014) Effects of a selective and a broad-spectrum insecticide on parasitism rates of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and species richness of its primary parasitoids. African Entomology 22: 115-126.

Boregas KGB, Carvalho CF, Souza B (2003) Biological aspects of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) in greenhouse. Ciência e agrotecnologia 27:07-16.

Bueno AF, Carvalho GA, Santos AC, Sosa-Gómez DR, Silva DM (2017) Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. Ciência Rural 47:1-10.

Bueno AF, Bueno RCOF (2012) Integrated pest management as a tool to mitigate the pesticide negative impact into the agroecosystem: the soybean example. In: Jokanovic, M (ed.) The impact of pesticides. Academy Publish, Cheyenne, pp. 165-190.

Carvalho LM, Bueno VHP, Castañé C (2011) Olfactory response towards its prey *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) of wild and laboratory-reared *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae). Journal of Applied Entomology 135:177-183.

Carvalho AMX, Mendes FQ. (2017) SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. In: Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria. Universidade Federal de Lavras, Lavras, pp. 333.

Castilhos RV, Grützmacher AD, Neves MB, Moraes IL, Gauer CJ (2017) Selectivity of insecticides used in peach farming to larvae of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) in semi-field conditions. Revista Caatinga, Mossoró 30:109-115.

Costa DP, Fernandes FL, Alves FM, Da Silva EM, Visôto LE (2016) Resistance to neurotoxic insecticides in populations of the coffee leafminer. In: Insecticide resistance. IntechOpen, London, pp. 3-17.

Cremones PSG, Pinheiro DO, Falleiros AMF, Neves PMOJ (2017) Performance of reproductive system of *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) subjected to

buprofezin and pyriproxyfen: Morphological analysis of ovarioles and testis. *Ciências Agrárias* 38:2279-2291.

De La Mora A, Livingston G, Philpott SM (2008) Arboreal Ant Abundance and Leaf Miner Damage in Coffee Agroecosystems in Mexico. *Biotropica* 40:742-746.

De Morais MR, Zanardi OZ, Rugno GR, Yamamoto PT (2016) Impact of five insecticides used to control citrus pests on the parasitoid *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Ecotoxicology* 25:1011-1020.

El-Zahi ES (2012) Selectivity of some pesticides for various stages of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) using different methods of exposure. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 22:211-216.

Fernandes FL, Da Silva PR, Gorri JER, Pucci LF, Da Silva IW (2013) Selectivity of old and new organophosphate insecticides and behaviour of Vespidae predators in coffee. *Sociobiology* 60:471-476.

Fernandes MES, Fernandes FL, Picanço MC, Queiroz RB, Silva RS, Huertas AAG (2008) Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. *Sociobiology* 51:765-774.

Flores GC, Reguilón C, Alderete GL, Kirschbaum DS (2015) Liberación de *Chrysoperla argentina* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera, Aleyrodidae) en invernáculo de pimiento en Tucumán, Argentina. *Intropica* 10:28-36.

Fonseca AR, Carvalho CF, Cruz I, Souza B, Ecole CC (2015) Development and predatory capacity of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae at different temperatures. *Revista Colombiana de Entomología* 41:4-11.

Fragoso DB, Guedes RNC, Picanço MC, Zambolim L (2002) Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research* 92:203-212.

Gholamzadeh CM, Hajizadeh J, Ghadamyari M, Karimi-Malati A, Hoda H (2014) Sublethal effects of diazinon, fenitrothion and chlorpyrifos on the functional response of predatory bug, *Andrallus spinidens* (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Journal of King Saud University - Science* 26:113-118.

Godoy MS, Carvalho GA, Carvalho BF, Lasmar O (2010) Physiological selectivity of insecticides to two lacewing species. *Pesquisa agropecuária brasileira* 45:1253-1258.

Golmohammadi G, Hejazi M (2014) Toxicity and side effects of three insecticides on adult *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 33:23-28.

Gonring AHR, Silva FM De A, Picelli E, Da Cruz M, Plata-Rueda A, Gorri JER, Fernandes FL (2019) Comparative bioassay methods to determine diamide susceptibility for two coffee pests. *Crop Protection* 121:34-38.

Green DS (1984) A proposed origin of the coffee leaf-miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research* 30:30-31.

Ham EH, Lee JS, Jang MY, Park JK (2019) Toxic effects of 12 pesticides on green lacewing, *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomological Research* 49:305-312.

He L, Li L, Yu L, He XZ, Jiao R, Xu C, Liu J (2019) Optimizing cold storage of the ectoparasitic mite *Pyemotes zhonghuajia* (Acari: Pyemotidae), an efficient biological control agent of stem borers. *Experimental and Applied Acarology* 78:327-342.

Hoshino AT, Bortolotto OC, Hata FT, Ventura UM, Menezes Júnior A De O (2018) Effect of pigeon pea intercropping or shading with leucaena plants on the occurrence of the coffee leaf miner and on its predation by wasps in organic coffee plantings. *Ciência Rural* 48:e20160863.

Hussain D, Ali A, Tariq R, Hassan MM, Saleem M (2012) Comparative toxicity of some new chemistry Insecticides on *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Research* 50:509-515.

International Organization For Biological Control (1992) West Palaearctic Regional Section. Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms", Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: description of test methods. Bulletin IOBC/WPRS 15:1-186.

Irac (2019) Insecticide Resistance Actioncommittee MoA classification. <https://www.irac-online.org/modes-of-action/>. Accessed 09 December 2019.

Jaramillo J, Muchugu E, Veja FE, Davis A, Borgemeister C, Chabi-Olaye A (2011) Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) and Coffee Production in East Africa. PloS ONE 6:24528.

Jeschke P, Nauen R, Gutbrod O, Beck ME, Matthiesen S, Haas, M, Velten, R (2015) Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. Pesticide Biochemistry and Physiology 121:31-38.

Kerns DL, Gaylor MJ (1992) Sublethal effects of insecticides on cotton aphid reproduction and color morph development. Southwestern Entomologist 17:245-250.

Lavagnini TC, Morales AC, Freitas S (2015) Population genetics of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and implications for biological control. Brazilian Journal of Biology 75:878-885.

Maia JB, Carvalho GA, Medina P, Garzón A, Gontijo PC, Viñuela E (2012) Lethal and sublethal effects of pesticides on *Chrysoperla carnea* larvae (Neuroptera: Chrysopidae) and the influence of rainfastness in their degradation pattern over time. Ecotoxicology 25:845-855.

Mesquita CM, Rezende JE, Carvalho JS, Júnior MAF, Moraes NC, Dias PT, Carvalho RM, Araújo WG (2016) Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). EMATER-MG, Belo Horizonte, pp. 62.

Messelink GJ, Bennison, J, Alomar, O, Ingegno BL, Tavella L, Shipp L (2014) Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. Journal of the International Organization for Biological Control 59:377-393.

- Mishra MK, Slater A (2012) Recent Advances in the Genetic Transformation of Coffee. *Biotechnology Research International* 2012:580857.
- Nauen R, Jeschke P, Velten R, Beck ME, Ebbinghaus-Kintscher U, Thielert W, Raupach G (2014) Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science* 71:850-862.
- Nguyen DT, Vangansbeke D, De Clercq P (2015) Performance of four species of phytoseiid mites on artificial and natural diets. *Biological Control* 80:56-62.
- OIC - International Coffee Organization (2019) Trade Statistics Tables. http://www.ico.org/trade_statistics.asp. Accessed 14 Octobre 2019.
- Oliveira CM, Auad AM, Mendes SM, Frizzas MR (2013) Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal Applied Entomology* 137:1-15.
- Pantoja-Gomez LM, Corrêa AS, De Oliveira LO, Guedes RNC (2019) Common Origin of Brazilian and Colombian Populations of the Neotropical Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Journal of Economic Entomology* 112:924-931.
- Pappas ML, Broufas GD, Koveos DS (2011) Chrysopid predators and their role in biological control. *Journal of Entomology* 8:301-326.
- Paramasivam M, Selvi C (2017) Laboratory bioassay methods to assess the insecticide toxicity against insect pests-A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5:1441-1445.
- Pereira EJG, Picanço MC, Bacci L, Crespo ALB, Guedes RNC (2007) Seasonal mortality factors of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) *Bulletin of Entomological Research* 97:421-432.
- Pitwak J, Menezes Jr AO, Ventura MU (2016) Development and reproductive performance of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) using preys from wheat crop. *Revista Colombiana de Entomología* 42:118-123.

Pozo OJ, Marin JM, Sancho JV, Hernandez F (2003) Determination of abamectin and azadirachtin residues in orange samples by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 992:133-140.

Rafiee-Dastjerdi H, Hejazi MJ, Nouri-Ganbalani GH, Saber M (2009) Effects of some insecticides on functional response of ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Entomology* 6:161-166.

Rahmani S, Bandani AR (2016) Pirimicarb, an aphid selective insecticide, adversely affects demographic parameters of the aphid predator *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Plant Protection Research* 56:353-363.

Reynolds SE (1987) The cuticle, growth regulators and moulting in insects: the essential background to the action of acylurea insecticides. *Pesticide Science* 20:131-146.

Righi CA, Campoe OC, Bernardes MS, Lunz AMP, Piedade SMS, Pereira CR (2013) Influence of rubber trees on leaf-miner damage to coffee plants in an agroforestry system. *Agroforestry Systems* 87:1351-1362.

Rigitano RLO, Carvalho GA (2001) *Toxicologia e seletividade de inseticidas*. UFLA/FAEPE, Lavras, pp. 72.

Rugno GR, Rugno JBC, Stansly PA, Yamamoto PT (2019) Pest Management Systems and Insecticide Tolerance of Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* 112:1183-1189.

Sas Institute (2008) *A Guide to Statistical and Data Analysis*, version 9.2. SAS Institute.

Scalon JD, Mateus ALSS, Zacarias MS (2013) Space-time analysis of level infestation of the coffee-leaf-miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in an organic coffee (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science* 8:347-353.

Schroth G, Ruf F. (2014) Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34:139-154.

Silva BKDA, Godoy MSD, Lima AGD, Oliveira AKSD, Pastori PL (2017) Toxicity of insecticides used in muskmelon on first-instar larvae of *Chrysoperla genanigra* (Neuroptera: Chrysopidae). *Revista Caatinga* 30:662-669.

Silva RA, Souza JC, Reis PR, Cecília LVCS (2010) Sintomas de injúrias causadas pelo ataque de pragas em cafeeiro. In: Guimarães RJ, Mendes ANG, Baliza DP (eds.) *Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas*. Editora UFLA, Lavras, pp. 215.

Siqueira HAA, Guedes RNC, Picanço MC (2000) Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology* 2:147-153.

Soares AFT, Carvalho GA (2018) Physiological selectivity of insecticides to eggs and larvae of predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Coffee Science* 13:292-303.

Stock D, Holloway PJ (1993) Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. *Pesticide Science* 38:165-177.

Suchail S, Guez D, Belzunces LP (2001) Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Toxicology and Chemistry* 20:2482-2486.

Tavares WS, Cruz I, Silva RB, Serrão JE, Zanuncio JC (2011) Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. *Maydica* 56:283-289.

Thrash B, Adamczyk JJ Jr, Lorenz G, Scott AW, Armstrong JS, Pfannenstiel R (2013) Laboratory evaluations of lepidopteran-active soybean seed treatments on survivorship of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Florida Entomologist* 96:724-728.

Vega FE, Infante F, Castillo A, Jaramillo J (2009) The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews* 2:129-147.

Waller JM, Bigger M, Hillocks RJ (2007) World coffee production. In: Coffee Pests, Diseases and Their Management. CABI, Egham, Surrey, pp. 17-33.

Wang S, Michaud JP, Tan XL, Zhang F (2014) Comparative suitability of aphids, thrips and mites as prey for the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). European Journal of Entomology 111: 221-226.

Xu C, Zhang Z, Cui K, Zhao Y, Han J, Liu F (2016) Effects of sublethal concentrations of cyantraniliprole on the development, fecundity and nutritional physiology of the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). PloS ONE 11:e0156555.

Yu SJ (2015) The toxicology and biochemistry of insecticides. CRS Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 380.

Ziska LH, Bradley BA, Wallace RD, Barger CT, Laforest JH, Choudhury RA, Garrett KA, And Vega FE (2018) Climate change, carbon dioxide, and pest biology, managing the future: coffee as a case study. Agronomy 8:152.