



LUCIANO BASTOS MOREIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS USADOS
NA CULTURA DO MILHO PARA O PREDADOR *Doru luteipes*
(SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

LAVRAS - MG

2020

LUCIANO BASTOS MOREIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS USADOS NA CULTURA DO
MILHO PARA O PREDADOR *Doru luteipes* (SCUDDER) (DERMAPTERA:
FORFICULIDAE)**

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

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

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

Moreira, Luciano Bastos.

Seletividade fisiológica de inseticidas usados na cultura do milho para o predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) / Luciano Bastos Moreira. - 2020.

44 p.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Zea mays. 2. Predador. 3. Pragas. I. Carvalho, Geraldo Andrade. II. Título.

LUCIANO BASTOS MOREIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS USADOS NA CULTURA DO
MILHO PARA O PREDADOR *Doru luteipes* (SCUDDER) (DERMAPTERA:
FORFICULIDAE)**

**PHYSIOLOGICAL SELECTIVITY OF INSECTICIDES USED IN MAIZE CROP
FOR THE PREDATOR *Doru luteipes* (SCUDDER) (DERMAPTERA:
FORFICULIDAE)**

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

Aprovada em 27 de fevereiro de 2020.

Dr. Antonio Biondi - Universidade de Catania/Itália

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza - Universidade Federal de Lavras

Dra. Livia Maria Silva Ataíde - Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Orientador

LAVRAS - MG

2020

AGRADECIMENTOS

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho, por sua orientação, exemplo, confiança, parceria, amizade e sua dedicação ao longo desses 2 anos, que sem dúvida foram de grande valia para a minha formação acadêmica.

Aos meus pais, irmão e namorada pelo apoio e suporte incondicional em todos os momentos difíceis que passei durante a realização do mestrado e por me fazer acreditar que os meus sonhos não são tão distantes, e que basta ter coragem e persistência para alcançá-los.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem prontamente o convite, bem como por suas sugestões fundamentais para o aperfeiçoamento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos colegas do Laboratório de Ecotoxicologia e MIP, especialmente Eliana, Jander, Túlio, Lucas e Karolina pelo auxílio na execução e condução dos experimentos e, principalmente, pelo entusiasmo nas coisas que se dispuseram a fazer e acima de tudo pelo ótimo bom humor, tornando as avaliações mais prazerosas.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia, pela amizade e boa convivência.

A todos aos meus familiares e amigos que conquistei durante a vida.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado!

RESUMO GERAL

A tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) é capaz de predação de ovos e pequenas lagartas de algumas espécies de lepidópteros que podem se alimentar de plantas de milho e por isto deve ser conservada. O objetivo desse trabalho foi avaliar a seletividade dos compostos flubendiamida, imidacloprido + betaciflutrina, metaflumizone e Baculovirus *Spodoptera frugiperda*, em suas maiores doses no controle de pragas na cultura do milho, para *D. luteipes* em suas fases imatura e adulta. Imidacloprido + betaciflutrina quando aplicado sobre superfície de folhas de milho causou mortalidade total das ninfas em 72h e quando ingerido por meio de ovos de *S. frugiperda* tratados apresentou mortalidade total em 6 dias. Esse composto ainda causou redução na predação do inseto. Metaflumizone aplicado sobre superfície de folhas de milho causou mortalidade total das ninfas em 13 dias e ao ser ingerido provocou alta mortalidade, porém não atingiu os 100% no período de 15 dias. Também reduziu a predação das ninfas, porém não diminuiu o tamanho de tibia, peso, razão sexual ou longevidade dos adultos oriundos dessas ninfas tratadas. Flubendiamida e Baculovirus *Spodoptera frugiperda* não reduziram nenhum parâmetro biológico avaliado. Nos bioensaios com adultos, imidacloprido + betaciflutrina reduziu a sobrevivência de adultos, causando mortalidade total em 12 dias, mas não atingiu os 100% quando os adultos foram expostos por meio de superfície contaminada. Ainda levou a uma redução significativa na predação dos adultos e reduziu o caminhar dos adultos contaminados por ingestão. Metaflumizone reduziu a sobrevivência dos adultos, sendo a redução mais acentuada quando expostos por contato com superfície contaminada, e também diminuiu tanto a predação quanto o caminhar. Em função da baixa toxicidade conferida por flubendiamida e Baculovirus *Spodoptera frugiperda* para *D. luteipes* em suas fases imatura e adulta, esses inseticidas devem ser priorizados em programas de manejo integrado de pragas visando à preservação dessa espécie de predador em lavouras de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. Pragas. Inimigo natural. Pesticidas. Toxicidade. Controle biológico.

ABSTRACT

The earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) is able to prey on eggs and small caterpillars of some species of lepidoptera that can feed on corn plants and therefore must be preserved. The objective of this work was to evaluate the selectivity of the compounds flubendiamide, imidacloprid + betaciflutrina, metaflumizone and Baculovirus *Spodoptera frugiperda*, in their highest doses in the control of pests in corn fields, for *D. luteipes* in its immature and adult stages. Imidacloprid + betaciflutrin when applied on corn leaf surface caused total nymph mortality in 72 hours and when ingested through treated *S. frugiperda* eggs presented total mortality in 6 days. This compound also caused a reduction in insect predation. Metaflumizone applied to the surface of maize leaves caused total mortality of nymphs in 13 days and when ingested it caused high mortality, but did not reach 100% in the period of 15 days. It also reduced the predation of the nymphs, but did not decrease the tibia size, weight, sex ratio or longevity of adults from these treated nymphs. Flubendiamide and Baculovirus *Spodoptera frugiperda* did not reduce any biological parameters evaluated. In adult bioassays, imidacloprid + betaciflutrin reduced adult survival, causing total mortality in 12 days, but did not reach 100% when adults were exposed through a contaminated surface. It also led to a significant reduction in adult predation and reduced the walking behavior of adults contaminated by ingestion. Metaflumizone reduced adult survival, the reduction being more pronounced when exposed to contact with a contaminated surface, and also decreased both predation and walking. Due to the low toxicity conferred by flubendiamide and Baculovirus *Spodoptera frugiperda* to *D. luteipes* in their immature and adult stages, these insecticides should be prioritized in integrated pest management programs aimed at the preservation of this species of predator in corn crops.

Keywords: *Zea mays*. Pests. Natural enemy. Pesticides. Toxicity. Biological control.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica, sendo o grão utilizado na alimentação animal e humana, além de servir para produção de biodiesel. O milho, por ser uma boa fonte de carboidratos, vem sendo utilizado, por exemplo, na alimentação de aves, suínos, caprinos e bovinos (PEREIRA & ANTUNES, 2007; CARVALHO et al., 2009). Na alimentação humana, o milho é consumido *in natura*, em conserva, em farinha e até na forma de salgadinhos industriais e petiscos (STRAZZI, 2015).

O Brasil, por ser um país tropical, produz mais de uma safra de milho por ano (safras verão e inverno), conhecidas também por safra e safrinha. Alguns agricultores cultivam o milho tanto na safra de verão quanto na safra de inverno por vários anos consecutivos na mesma área. Esse tipo de prática intensifica a pressão de pragas e doenças em função da “ponte verde”, sem haver pousio ou rotação de culturas que interrompa o ciclo das pragas da cultura. Para manter a alta produção e produtividade das lavouras de milho, muitos produtores têm utilizado o controle químico, sendo que, para conter as altas infestações, tem-se aumentado as doses e o número de aplicações, o que tem levado à seleção de populações de pragas resistentes aos diversos mecanismos de ação dos inseticidas, ao surto de pragas antes secundárias e causado desequilíbrios biológicos e impactos ambientais, uma vez que muitos produtos não são seletivos aos inimigos naturais e contaminam o ambiente de diversas formas (DEVINE et al., 2008).

Dentre os insetos-praga que causam maiores danos e reduzem o estande, e conseqüentemente, a produtividade do milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), cujas injúrias e danos prolongam-se por todos os estádios de desenvolvimento da planta de milho, levando a perdas consideráveis na produção (CRUZ & TURPIN, 1983; CRUZ, 1995). Essa lagarta tem preferência pelo cartucho da planta onde se aloja, o que dificulta sua exposição a inseticidas, fazendo com que o controle químico seja bem menos eficaz (FIGUEIREDO et al., 2006). Desse modo, tem-se buscado fazer uso de uma somatória de medidas de controle que visam a sustentabilidade ambiental e econômica e que também sejam socialmente aceitas. Pode-se citar o uso de plantas resistentes, tratamento de sementes, controle biológico e práticas culturais (VALICENTE, 2015). Dentre essas medidas, o controle biológico pode ser considerado como um importante componente em programas de manejo integrado de pragas (MIP), uma vez que

o uso de inimigos naturais pode contribuir para regular o crescimento populacional de pragas no campo, ou até mesmo mantê-las abaixo do nível de dano econômico (FERNANDES & CARNEIRO, 2006).

Os inimigos naturais estão presentes desde as primeiras fases de desenvolvimento da cultura de milho, momento em que predam ou parasitam principalmente ovos e pequenas lagartas. Na cultura do milho ocorre com grande frequência o predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), que é um importante agente de controle biológico de pragas. Essa espécie de predador apresenta grande potencial como agente biológico no controle de lagartas de *S. frugiperda* e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), e de pulgões (CRUZ et al., 1995). Em função disso, o desenvolvimento de pesquisas que visem buscar informações que permitam o uso de *D. luteipes* juntamente com produtos químicos seletivos é de suma importância para sucesso de programas de MIP na cultura do milho.

O uso indiscriminado de produtos fitossanitários na cultura do milho pode causar a redução de populações de predadores e parasitoides e reduzir a eficácia do controle biológico de pragas. Devido a esse fato, faz-se necessária a realização de estudos que busquem avaliar os efeitos de novos produtos lançados no mercado para controle de pragas, doenças e até mesmo plantas invasoras sobre os inimigos naturais. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a seletividade fisiológica de inseticidas registrados para a cultura do milho para o predador *D. luteipes* em suas diferentes fases de desenvolvimento.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Avaliar o efeito letal dos inseticidas sobre ninfas e adultos do predador expostos aos produtos via contato em substrato vegetal tratado e por meio de ingestão de ovos de presa alternativa tratados;

2) Avaliar os efeitos subletais dos inseticidas quando aplicados em ninfas (duração ninfal, capacidade predatória, razão sexual, tamanho da tibia e longevidade dos adultos oriundos das ninfas tratadas);

3) Avaliar os efeitos subletais dos inseticidas quando aplicados em adultos do predador, como alterações no comportamento de caminhar e predação.

3 HIPÓTESES

Ninfas e adultos do predador *D. luteipes* apresentam diferentes graus de suscetibilidade e/ou tolerância aos inseticidas a serem avaliados, quando submetidos a diferentes formas de exposição.

O predador *D. luteipes* apresenta diferentes graus de suscetibilidade e/ou tolerância aos produtos a serem avaliados, em função de suas fases de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J. C. C. et al. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 292-298, 2009.
- CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Circular Técnica 21**, p. 45, 1995.
- CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield Impact of Larval Infestations of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Midwhorl Growth Stage of Corn. **Journal of Economic Entomology**, Salt Lake, v. 76, n.2, 1052- 1054, 1983.
- CRUZ, I. et al. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). Embrapa Milho e Sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995.
- DEVINE, G. J. et al. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. **Rev Peru Med Exp Salud Publica**, v. 25, n. 1, p. 74-100, 2008.
- FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil. In: PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Org.). **Controle biológico de pragas na prática**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 75-82.
- FIGUEIREDO, M. L. C. et al. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1693-1698, 2006.
- PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. O milho na alimentação do gado de leite. EMBRAPA Semiárido. **IV Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite**, p. 49-70, abril, 2007.
- STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. **Visão agrícola**, n. 13, p. 146-150. Jul/Dez, 2015.

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho. **Circular Técnica 208**, ISSN 1679-1150, 2015.

CAPÍTULO 1

EFEITOS LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO SOBRE NINFAS E ADULTOS DE *Doru luteipes* (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)

Este capítulo foi escrito de acordo com as normas da Journal of Economic Entomology

Luciano Bastos Moreira¹ and Geraldo Andrade Carvalho¹

¹Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brazil.

RESUMO

A manutenção de predadores de pragas na cultura do milho é indispensável como fator de equilíbrio. Entretanto, nem sempre o método biológico é suficiente para manter a população de insetos-praga abaixo do nível de dano econômico, sendo necessárias aplicações de inseticidas que geralmente apresentam alta toxicidade e largo espectro de ação. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos de inseticidas utilizados na cultura do milho sobre *Doru luteipes* (Scudder) em suas fases jovem e adulta. Os insetos foram expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho e ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith) tratados via torre de Potter. Os compostos avaliados foram flubendiamida, metaflumizone, imidacloprido + betaciflutrina e Baculovirus *Spodoptera frugiperda*. Imidacloprido + betaciflutrina quando aplicado sobre superfícies de folhas de milho causou mortalidade total das ninfas em 72h e quando ingerido por meio de ovos tratados de *S. frugiperda* provocou mortalidade total em 6 dias. Também reduziu a predação. Metaflumizone ao ser aplicado em superfícies de folhas de milho apresentou mortalidade total das ninfas em 13 dias e ao ser ingerido causou alta mortalidade, porém não atingiu os 100% no período total da avaliação que foi de 15 dias. Esse mesmo composto reduziu a predação das ninfas, porém não diminuiu o tamanho de tibia, peso, razão sexual ou longevidade dos adultos oriundos dessas ninfas tratadas. Flubendiamida e Baculovirus *Spodoptera frugiperda* não reduziram nenhum parâmetro biológico avaliado. Imidacloprido + betaciflutrina reduziu a sobrevivência de adultos, causando mortalidade total em 12 dias, mas não atingiu os 100% quando os adultos foram expostos por meio de superfície contaminada. Também causou redução na predação dos adultos e diminuiu o caminhamento dos adultos contaminados por ingestão. Metaflumizone reduziu a sobrevivência dos adultos, sendo mais acentuada quando expostos por contato em superfície contaminada; diminuiu também tanto a predação quanto o caminhamento. Em função da baixa toxicidade apresentada por flubendiamida e Baculovirus *Spodoptera frugiperda*, esses compostos devem ser priorizados em programas de MIP na cultura do milho visando a manutenção de *D. luteipes*.

Palavras-chave: *Zea mays*. Produtos fitossanitários. Inimigo natural. Seletividade. MIP.

1 INTRODUÇÃO

O predador mais importante da *S. frugiperda* encontrado em lavouras de milho, é a tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). A manutenção desse inimigo natural em campo é de extrema importância para manter a população de *S. frugiperda* abaixo do nível de dano econômico, uma vez que consomem uma quantidade muito alta tanto de ovos quanto de pequenas lagartas dessa praga (REIS et al., 1988; WAQUIL et al., 2002). Por ser um inseto de hábito noturno, sua exposição é maior no período da noite. Porém, mesmo durante o dia, a exposição desses insetos também é grande aos inseticidas. Vários estudos já comprovaram a susceptibilidade de *D. luteipes* a inseticidas de amplo espectro de ação, que independentemente da forma de exposição, se mostraram nocivos ao predador. Muitos inseticidas não causam mortalidade rápida desses insetos, mas provocam efeitos subletais, como redução de predação, caminhamento e reprodução.

Em plantações de milho, é muito comum o uso de inseticidas de largo espectro de ação, pois em geral são mais baratos e apresentam alta mortalidade de insetos pragas. Porém, estes inseticidas, em geral, não são seletivos para muitos inimigos naturais, o que leva a desequilíbrios biológicos. Por isto o uso do manejo integrado de pragas (MIP), que consiste na integração de alguns métodos de controle, como o biológico e o químico, é de fundamental importância para conservação de inimigos naturais nos agroecossistemas.

Devido a vários estudos com seletividade de inseticidas nos últimos anos, muito se evoluiu em relação a recomendação de produtos com efeitos reduzidos a inimigos naturais. Isso porque esses produtos, agem em fases específicas das pragas, que em vários momentos não coincidem com as dos predadores ou parasitoides. Alguns desses inseticidas comumente usados são os inseticidas biológicos, como o *Bacillus thuringiensis* e *Baculovirus* spp., e as diamidas, como a flubendiamida. O uso dos inseticidas biológicos tem sido bastante difundido em vários programas de MIP por apresentar alta seletividade aos inimigos naturais, além de serem de ocorrência natural, onde muitas lavouras que produzem alimentos orgânicos exploram essa ferramenta. Os inseticidas biológicos são conhecidos por atuar no processo digestivo dos insetos, em sítios de ação muito específicos, o que tornam esses ingredientes ativos grandes aliados para programas de MIP. As diamidas, por outro lado, são conhecidas por atuarem no sistema muscular dos insetos, agindo nos receptores de rianodina,

responsáveis por intermediar o cálcio intercelular. Esses inseticidas, no Brasil, são registrados para o controle de *S. frugiperda*, principal praga da cultura do milho no país.

Os poucos estudos realizados com espécies do gênero *Doru* têm mostrado que esses dermápteros possuem boa capacidade predatória de artrópodes-praga e por isto devem ser preservados em lavouras de milho. Uma das principais espécies que está presente em cultura do milho é a *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). Ninfas e adultos desse predador têm demonstrado alto potencial no controle de ovos e lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), além de afídeos nesta cultura (CRUZ et al., 1995). *Doru luteipes* é capaz de consumir durante seu desenvolvimento mais de 8.300 ovos de *H. zea* e 2.100 lagartas de *S. frugiperda* (CRUZ et al., 1995). Segundo Waquil et al. (2002) a presença desse predador em 70% de plantas de milho é suficiente para manter populações de *S. frugiperda* abaixo do nível de dano econômico. Referente à predação de pulgões por tesourinha, existem relatos em literatura de que esses dermápteros são capazes de predação mais de 3.800 espécimes durante seu desenvolvimento (ALVARENGA et al., 1995).

Em função da importância desses agentes de controle biológico na regulação populacional de artrópodes-praga, é muito importante que sejam utilizados em programas de MIP, e que estudos relacionados à sua preservação em agroecossistemas, como por exemplo, estudos de seletividade fisiológica, sejam estimulados, pois deve-se explorar ao máximo o conhecimento sobre esse predador devido à sua grande gama de presas e à diversidade de locais que habita.

Estudos dos efeitos subletais permite entender como esses inseticidas podem afetar o desenvolvimento do inseto e conseqüentemente como irá afetar a população total do inseto em campo. As informações geradas são importantes para selecionar inseticidas menos impactantes aos inimigos naturais para uso em programas de MIP. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letal e subletal dos inseticidas imidacloprido + betaciflutrina, flubendiamida, metaflumizone e Baculovirus *Spodoptera frugiperda* sobre ninfas do predador *D. luteipes*, expostas aos resíduos dos compostos por meio de ingestão e contato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Insetos utilizados nos bioensaios

Para o início da criação, cerca de 500 insetos adultos foram coletados em lavoura de milho localizada na Fazenda Muquén, no município de Lavras, Minas Gerais (21° 14' 43 latitude sul e 4° 59' 59 longitude oeste). Vez ou outra, novos insetos adultos foram coletados em campo e introduzidos na criação de laboratório para evitar endogamia. Os insetos foram acondicionados em gaiolas confeccionadas de PVC (20 cm de largura x 20 cm de altura). No interior das gaiolas de criação foram colocados pedaços de cartolina preta dobrados de forma sanfonada para servir de abrigo para os insetos. Foi colocada uma placa de Petri de 5 cm contendo pedaço de algodão umedecido com água, e como substrato para oviposição foi colocado canudo plástico com um pedaço de algodão em uma de suas extremidades, que foi diariamente umedecido. Foi fornecida dieta alimentar descrita por Pasini et al. (2007) em placas de Petri de 5 cm de diâmetro. A manutenção da criação dos insetos foi feita três vezes por semana em dias alternados, trocando-se a dieta e umedecendo-se o algodão.

As posturas do predador foram retiradas da gaiola de criação e colocadas juntamente com a progenitora em outras gaiolas cilíndricas de PVC (20 cm de largura x 20 cm de altura), apoiadas em bandejas de plástico circular de 25 cm de diâmetro, até a eclosão das ninfas. As extremidades das gaiolas de PVC foram fechadas com tecido *voile*, presas com gomas elásticas e mantidas em sala climatizada. Na sala de criação, foi colocado um umidificador de ar com o intuito de manter a umidade adequada para o desenvolvimento e reprodução de *D. luteipes*, uma vez que esse fator abiótico é muito importante para sua sobrevivência (PASINI et al., 2010).

2.2 Inseticidas utilizados

Os inseticidas utilizados nos ensaios e seus respectivos nomes comerciais, formulação e doses registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA, 2019] para controle de *S. frugiperda* foram: 1) inseticida microbiológico Baculovirus Spodoptera frugiperda – 0,25 g i.a.L⁻¹ água (VirControl S.F., pó molhável; 6,4 g i.a.kg⁻¹, Simbiose, Cruz Alta, RS, Brazil); 2) diamida do ácido ftálico flubendiamida – 1,5

mL.L⁻¹ água (Belt, suspensão concentrada, 480 g i.a.L⁻¹, Bayer S. A., São Paulo, SP, Brazil); 3) semicarbazone metaflumizone - 5 mL.L⁻¹ água (Verismo, suspensão concentrada; 240 g i.a.L⁻¹, Basf S. A., São Paulo, SP, Brazil) e 4) neonicotinoide + piretroide imidacloprido + beta-ciflutrina - 10 mL.L⁻¹ água (Connect, suspensão concentrada; 100 g i.a.L⁻¹ + 12,5 g i.a.L⁻¹, Bayer S. A., São Paulo, SP, Brazil) (Agrofit, 2019). Utilizou-se o inseticida clorpirifós (Capataz BR – 6 mL.L⁻¹) como testemunha positiva, visto que Hassan et al. (2000) relataram a importância da inclusão da testemunha positiva em bioensaios de seletividade. Foi utilizada água destilada como controle negativo.

2.3 Efeito de contato dos inseticidas sobre ninfas de *D. luteipes*

Plantas de milho convencional SHS4070 foram cultivadas em vasos de PVC de 10 L contendo terra mais esterco bovino (3:1 v/v) e também receberam fertilizante químico 4-14-8 de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo recomendações para o plantio comercial da cultura. Essas plantas, no estágio V4, foram tratadas por meio de pulverização manual dos inseticidas até o ponto de escorrimento (60 mL.planta⁻¹). Em seguida, foram deixadas na sombra e ao ar livre para a secagem da calda química. Duas horas após a aplicação, pedaço de folha tratado de 10 cm de comprimento foi colocado em placa de Petri de 10 cm de diâmetro e, em seguida, cinco ninfas de segundo ínstar, obtidas da criação de laboratório, foram introduzidas em cada placa.

As ninfas foram alimentadas com dieta artificial (PASINI et al., 2007) *ad libitum*, disponível em pequenos recipientes plásticos, e como fonte de água utilizou-se chumaço de algodão umedecido. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e 16 repetições, sendo cada uma constituída de cinco ninfas.

As características biológicas avaliadas foram a mortalidade diária dos insetos, tamanho da tibia ao atingirem a fase adulta, peso e número de adultos emergidos e mortalidade dos adultos até 15 dias logo após sua emergência. O tamanho das tibias foi medido usando o Software ImageView e câmera UA1000CA acoplada a um computador para captura das imagens. O peso dos adultos foi mensurado utilizando de balança de precisão.

2.4 Efeito de ingestão dos inseticidas sobre ninfas de *D. luteipes*

Ovos de *S. frugiperda* recém-colocados e oriundos de criação de laboratório foram tratados com os inseticidas por meio de torre de Potter regulada a 15 lb.pol-2 e com um

volume de aplicação de $1,5 \pm 0,4$ mg/cm², conforme normas da IOBC (HASSAN et al., 1985). Ninfas de segundo ínstar de *D. luteipes* com até 24 horas de idade, obtidas da criação de laboratório foram separadas em número de cinco por placa de Petri de 15 cm. Logo em seguida, chumaço de algodão umedecido e os ovos de *S. frugiperda* tratados foram ofertados *ad libitum* para as ninfas.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 6 tratamentos e 16 repetições, sendo que cada uma constituída de 5 ninfas. As características biológicas avaliadas foram a mortalidade diária dos insetos, tamanho da tibia ao atingirem a fase adulta, peso de adultos emergidos, número de machos e fêmeas para cálculo da razão sexual e longevidade dos adultos por 15 dias. O tamanho das tibias foi medido usando o Software ImageView e câmera UA1000CA acoplada a um computador para captura das imagens. O peso dos adultos foi mensurado utilizando de balança de precisão.

2.5 Efeito dos inseticidas na predação de ninfas de *D. luteipes*

Ninfas de segundo ínstar com até 24h de idade foram expostas aos inseticidas de duas maneiras: (i) em contato com folhas de milho tratadas (superfície contaminada) e (ii) ingestão de ovos de *S. frugiperda* tratados. Os produtos foram pulverizados via torre de Potter sobre pedaços de folhas de milho no estágio V4 e ovos de *S. frugiperda* e, de forma semelhante ao subitem 2.4.

Os ovos foram pesados e ofertados em pequenos discos de plástico como fonte de alimento para o predador em placa de Petri contendo 5 ninfas. Avaliou-se o peso dos discos diariamente até 72h para determinação do número de ovos consumidos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 10 repetições, sendo cada uma composta por cinco ninfas. Cerca de 300 ovos de *S. frugiperda* foram colocados em discos plásticos e ofertados para grupo de cinco ninfas em placa de Petri. Utilizou-se um tratamento com as mesmas condições dos outros, porém sem os insetos, a fim de calcular a perda de peso do ovo (alíquota).

2.6 Efeito dos inseticidas sobre adultos do predador quando em contato com folhas de milho tratadas

Plantas de milho convencional SHS4070 foram cultivadas em vasos de PVC de 10 L contendo terra mais esterco bovino (3:1 v/v) e também receberam fertilizante químico 4-14-8

de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações para plantio comercial da cultura. Essas plantas, no estágio V4, foram tratadas por meio de pulverização dos inseticidas utilizando-se pulverizador manual até o ponto de escorrimento (60 mL.planta⁻¹). Em seguida, foram deixadas ao ar livre para a secagem da calda química. Cerca de duas horas após a aplicação, um pedaço de folha tratada de 10 cm de comprimento foi anexado à extremidade inferior de cada placa de Petri (10 cm de diâmetro) e, em seguida, um casal de adultos por placa, com até 24 horas de idade, obtido da criação de laboratório, foi individualizado nas placas contendo os pedaços de folhas tratados com os inseticidas.

Os adultos foram alimentados com dieta artificial (PASINI et al., 2007) *ad libitum*, disponível em pequenos recipientes plásticos, e como fonte de água utilizou-se chumaço de algodão umedecido. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições, sendo cada uma constituída de cinco casais, totalizando 50 insetos por tratamento. As características biológicas avaliadas foram a mortalidade diária dos insetos, comportamento de caminhamento e capacidade predatória dos adultos sobreviventes.

2.7 Efeito da ingestão de ovos de *S. frugiperda* tratados com os inseticidas sobre adultos de *D. luteipes*

Ovos de *S. frugiperda* recém-colocados e oriundos de criação de laboratório foram tratados com os inseticidas via torre de Potter conforme subitem 2.4. Casais de adultos de *D. luteipes* com até 24 horas de idade, obtidos da criação de laboratório, foram individualizados em placas de Petri de 15 cm, onde receberam água em chumaços de algodão umedecidos e ovos de *S. frugiperda* tratados com os inseticidas.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições, sendo que cada uma foi constituída de cinco casais, totalizando 50 insetos por tratamento. As características biológicas avaliadas foram a mortalidade diária dos insetos, comportamento de caminhamento e capacidade predatória dos adultos.

2.8 Efeito dos inseticidas no caminhamento de adultos de *D. luteipes* tratados

Vinte adultos do predador por tratamento (dez fêmeas e dez machos) foram expostos aos inseticidas por meio de duas formas: (i) contato com superfície de folha de milho contaminada e (ii) ingestão de ovos de *S. frugiperda* contaminados. Pedacos de folhas e ovos

de *S. frugiperda* foram tratados com os inseticidas por meio de torre de Potter regulada conforme descrito anteriormente e acondicionados em placas de Petri de 10 cm de diâmetro. Vinte e quatro horas após a exposição aos inseticidas, cada predador foi transferido para uma placa de Petri de 10 cm de diâmetro, com as bordas cobertas por talco Teflon para evitar fuga. Avaliou-se o caminhamento de cada inseto por dez minutos e os parâmetros avaliados foram a distância caminhada e a velocidade média de cada inseto. Esses parâmetros foram avaliados por meio de câmera digital conectada a um computador equipado com o programa de rastreamento Ethowatcher (CAMPOS et al., 2011).

2.9 Efeitos dos inseticidas no comportamento de predação de *D. luteipes*

Adultos de *D. luteipes* com até 48h de idade foram expostos aos inseticidas por meio de duas formas: (i) contato com pedaços de folhas de milho contaminados (superfície contaminada) e (ii) ingestão de ovos de *S. frugiperda* tratados com os inseticidas. Os produtos foram pulverizados via torre de Potter em pedaços de folhas de milho no estágio V4 e em ovos de *S. frugiperda*.

Utilizou-se como controle positivo o inseticida Capataz BR[®] (clorpirifós – 600 mL.ha⁻¹) e negativo, água destilada. Os adultos foram deixados em jejum 24h antes da oferta dos ovos de *S. frugiperda*. Foram pesados 100 ovos de *S. frugiperda* e o peso serviu de padrão para montagem do experimento. Foram ofertados cerca de 300 ovos para cada dois insetos. Utilizou-se um tratamento com as mesmas condições dos demais, porém sem os insetos, a fim de calcular a perda de peso de água (alíquota) para determinação da quantidade consumida. Os ovos foram pesados e ofertados em pequenos discos de plástico como fonte de alimento. Avaliou-se o peso dos discos a cada 24h no intervalo total de 72h para determinação do consumo do predador.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 10 repetições, sendo cada uma composta por um casal de adultos do predador.

2.6 Análises dos dados

Os dados obtidos foram analisados por meio do software estatístico (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Os dados de tamanho de tibia e peso de adultos oriundos das ninfas tratadas e predação das ninfas foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, aplicados para verificação dos pressupostos de normalidade e

homocedasticidade, e posteriormente foi feita a análise de variância, teste de Scott Knott (SCOTT-KNOTT, 1974).

Os dados de sobrevivência foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Posteriormente foram submetidos à análise de sobrevivência, aplicando-se o modelo de Weibull, por meio do pacote Survival do software estatístico R® (THERNEAU, 2013). Após a seleção do modelo matemático mais adequado por meio da análise de resíduos, foi realizada a análise de contraste para verificar a semelhança entre os tratamentos empregados com vistas à formação de grupos congêneres. Também foi calculado o tempo letal mediano (LT₅₀) para cada grupo formado.

Os dados de caminhamento e predação dos adultos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, e posteriormente foi feita a análise de variância (ANOVA) e teste de Scott Knott (SCOTT-KNOTT, 1974).

Os dados de sobrevivência foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Posteriormente foram submetidos à análise de sobrevivência, aplicando-se o modelo de Weibull, por meio do pacote Survival do software estatístico R® (THERNEAU, 2013). Após a seleção do modelo matemático mais adequado por meio da análise de resíduos, foi realizada a análise de contraste para verificar a semelhança entre os tratamentos empregados com vista a formação de grupos congêneres. Também foi calculado o tempo letal mediano (LT₅₀) para cada grupo formado.

3 RESULTADOS

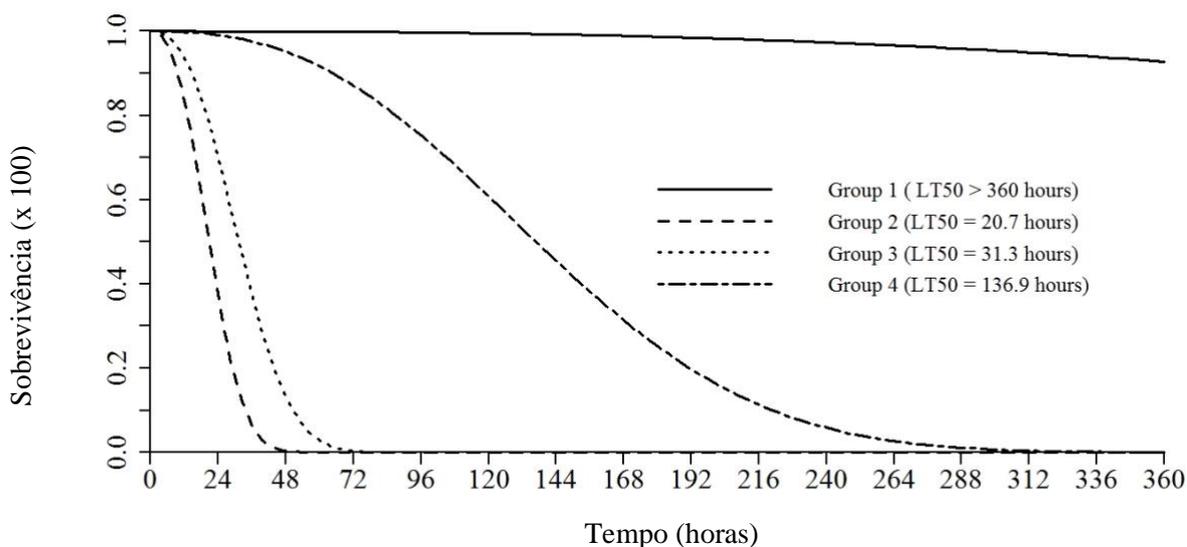
O modo de exposição dos insetos aos inseticidas influenciou em sua sobrevivência. Quando expostos por superfície contaminada, os predadores apresentaram maior mortalidade, sendo que os efeitos subletais dos produtos foram mais acentuados quando comparados com as populações que se alimentaram de ovos de *S. frugiperda* contaminados com os inseticidas. Metaflumizone e imidacloprido + beta-ciflutrina, independente da forma de exposição (contato ou ingestão), causaram maior e mais rápida mortalidade dos insetos. Os demais compostos não causaram mortalidade significativa. Clorpirifós (controle positivo) causou 100% de mortalidade em até 48 horas de sua aplicação. De modo geral, as ninfas apresentaram maior sensibilidade aos compostos quando entraram em contato com superfície contaminada (Figuras 1 e 2).

As ninfas que ingeriram presas contaminadas com metaflumizone tiveram redução no número de ovos predados (Figuras 3 a 8). Nenhum dos inseticidas em que se avaliaram os efeitos subletais reduziu os pesos e tamanhos das tíbias dos adultos oriundos das ninfas tratadas, nem mesmo alteraram a razão sexual.

Foi observado diferença na sobrevivência dos adultos de *D. luteipes* expostos aos inseticidas em contato com superfície contaminada e por ingestão. Os insetos tratados com o inseticida metaflumizone apresentaram menor sobrevivência; no entanto, esse composto foi mais tóxico quando seus resíduos em folhas de milho entraram em contato com o predador. O tratamento à base de imidacloprido + betaciflutrina foi bastante tóxico via exposição de contato, mas quando ingerido não causou alta mortalidade. Esse tratamento reduziu o caminamento dos insetos quando ingeriram ovos de *S. frugiperda* tratados. Observou-se maior taxa de sobrevivência para adultos expostos a Baculovirus *Spodoptera frugiperda* e flubendiamida (Figuras 9 e 10).

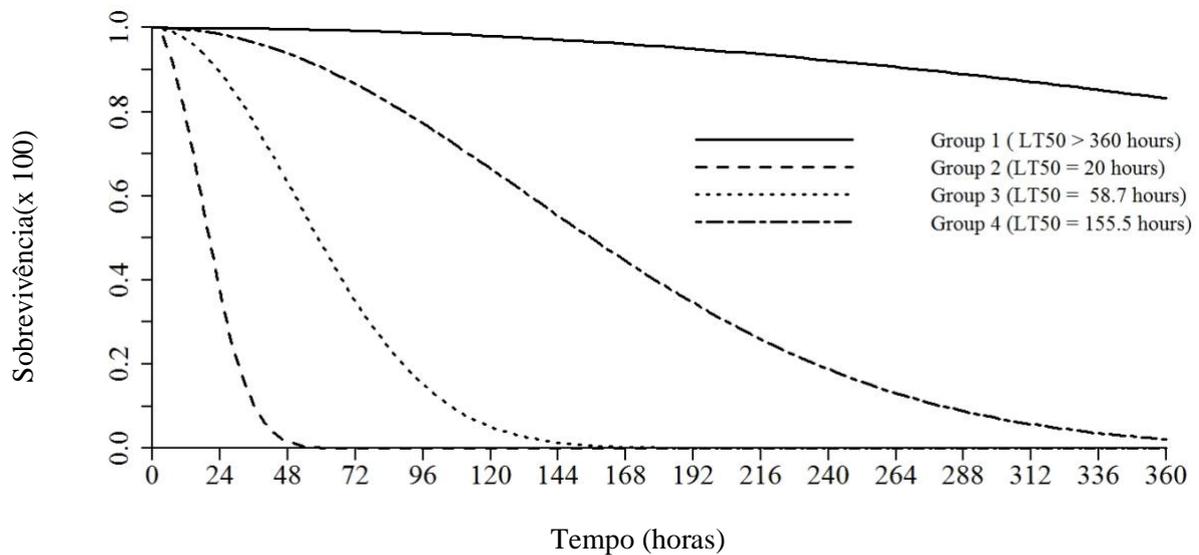
Os inseticidas Baculovirus *Spodoptera frugiperda* e flubendiamida não reduziram o número de ovos de *S. frugiperda* consumidos (Figuras 11 a 16) e nem afetaram negativamente o comportamento de caminamento dos adultos de *D. luteipes* quando submetidos às duas formas de exposição aos compostos (Figuras 17 a 20).

FIGURA 1. Curvas de mortalidade de ninfas de *Doru luteipes* expostas aos inseticidas por meio de superfícies de folhas de milho contaminadas



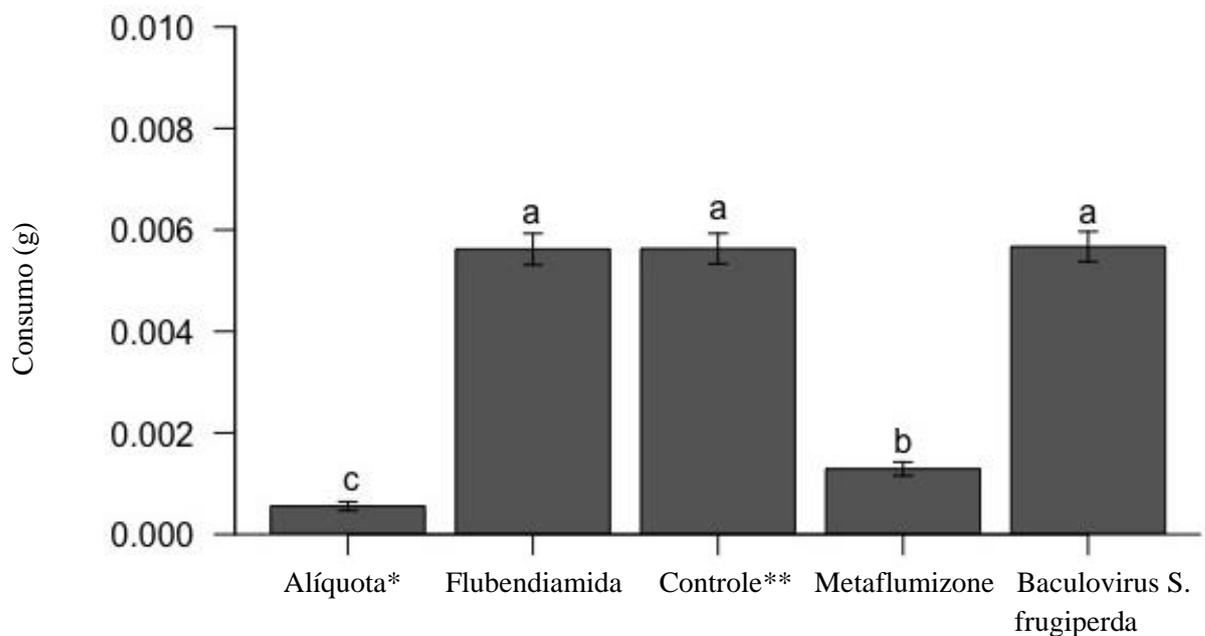
*Legenda: Grupo 1 = Controle (água destilada), flubendiamide, Baculovirus *Spodoptera frugiperda*; Grupo 2 = clorpirifós, Grupo 3 = imidacloprid + betaciflutrina e Grupo 4 = metaflumizone.

FIGURA 2. Mortalidade de ninfas de *Doru luteipes* expostas aos inseticidas por meio de ingestão de ovos de *Spodoptera frugiperda* contaminados.



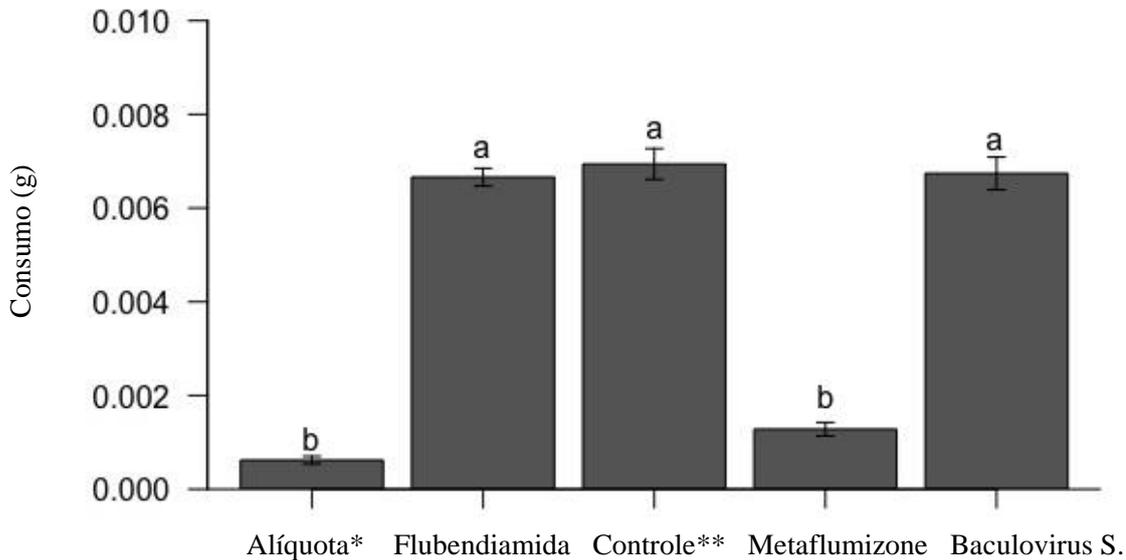
*Legenda: Grupo 1 = Controle (água destilada), flubendiamide, Baculovirus *Spodoptera frugiperda*; Grupo 2 = clorpirifós; Grupo 3 = imidaclopid + betaciflutrina e Grupo 4 = metaflumizone.

FIGURA 3. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 24h de avaliação, quando expostas aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas.



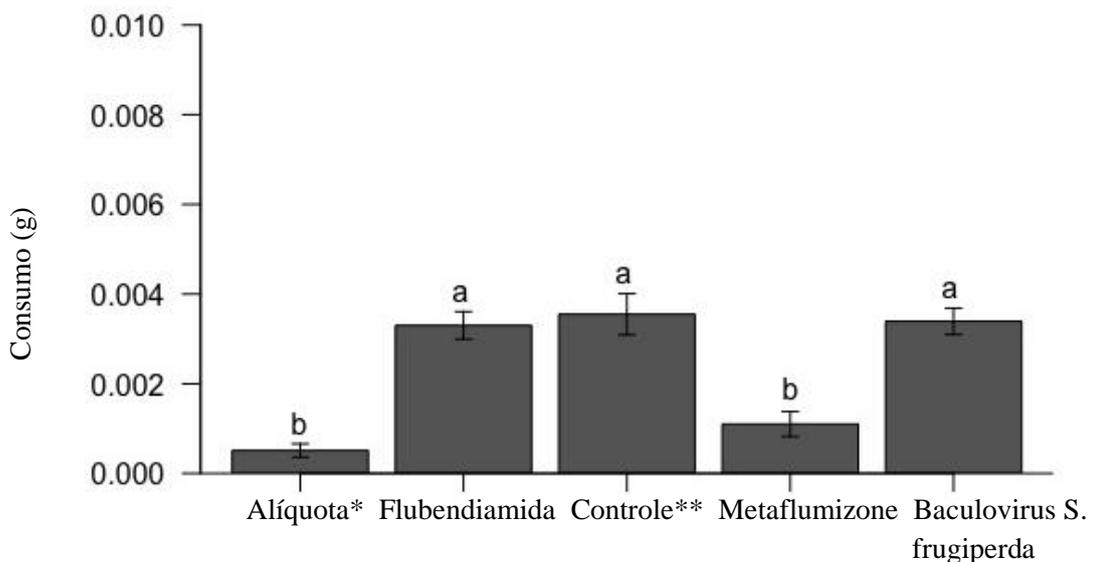
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; **l*água destilada.

FIGURA 4. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 48h de avaliação quando expostas aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas.



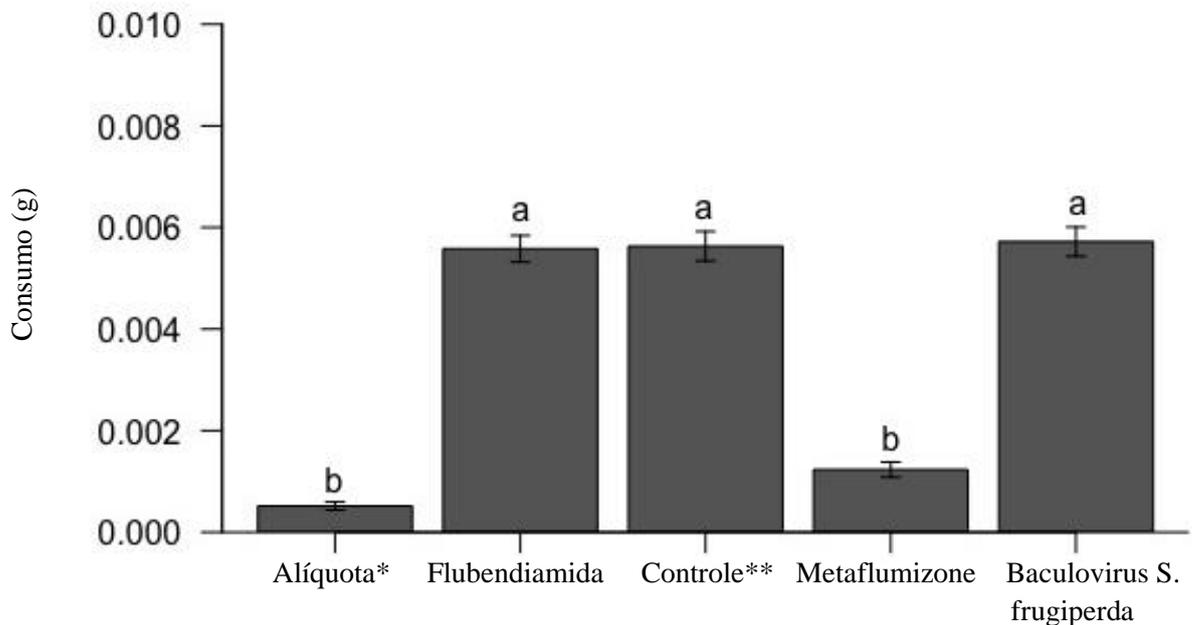
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 5. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 72h de avaliação quando expostas aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas.



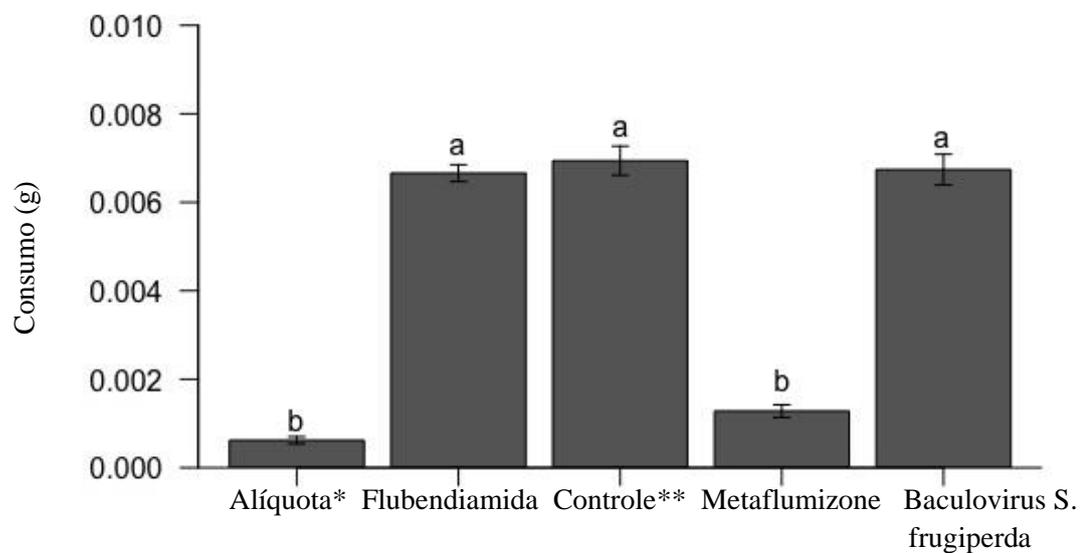
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 6. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 24h de avaliação quando expostas aos inseticidas por meio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.



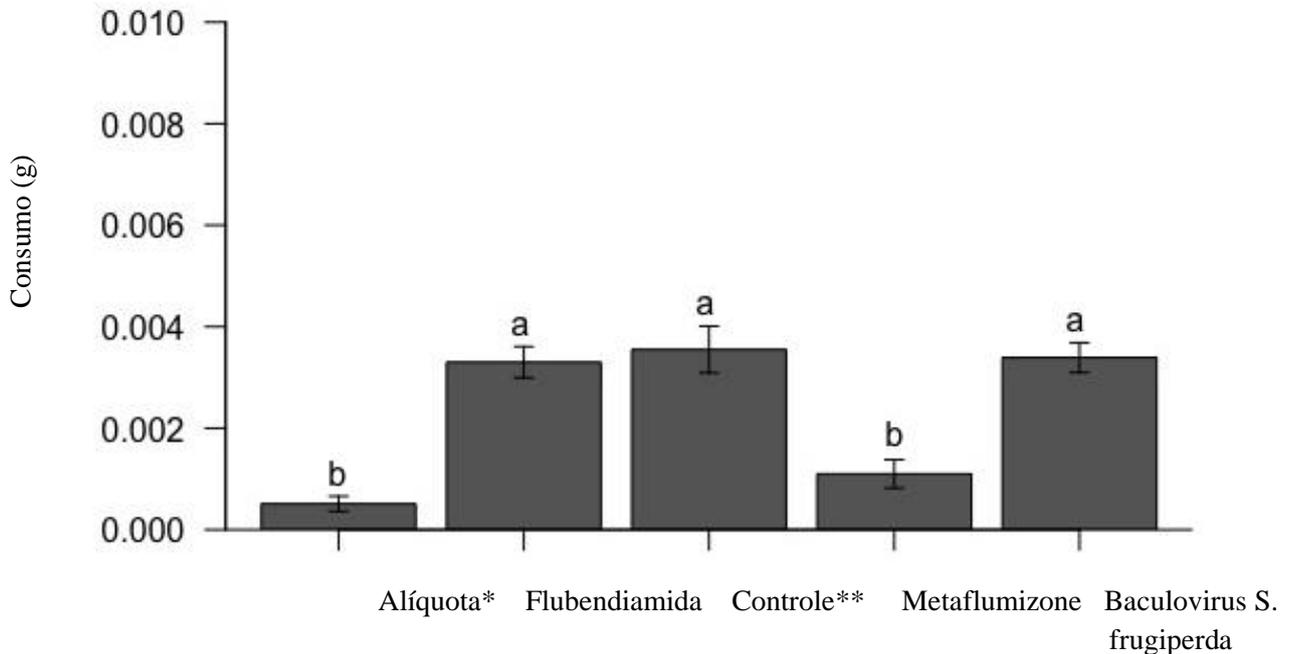
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 7. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 48h de avaliação quando expostas aos inseticidas por meio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.



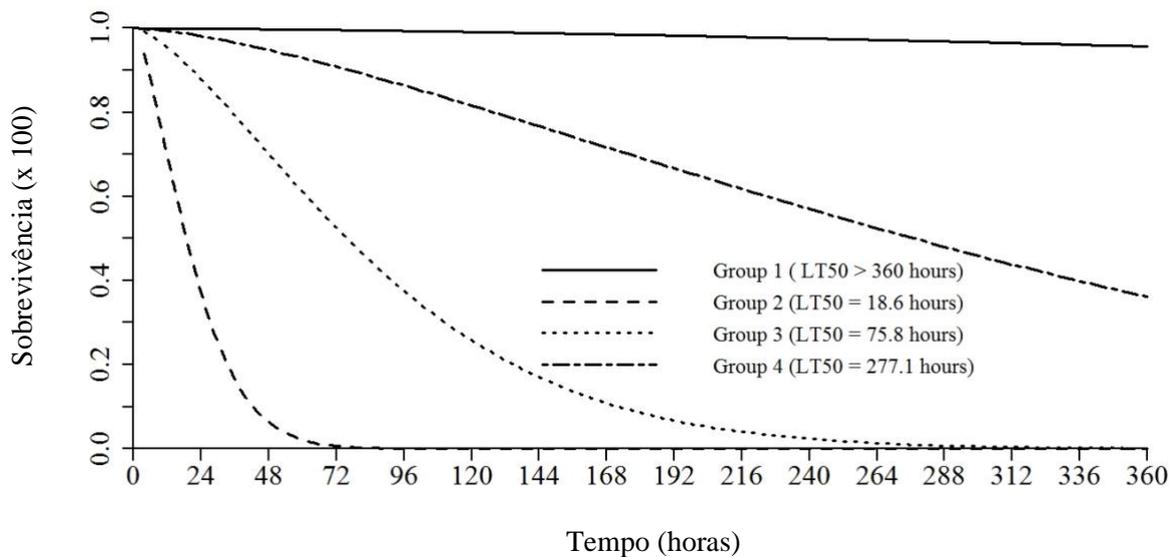
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 8. Consumo médio (g) de ovos de *Spodoptera frugiperda* por ninfas de *Doru luteipes* nas primeiras 72h de avaliação quando expostas aos inseticidas por meio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.



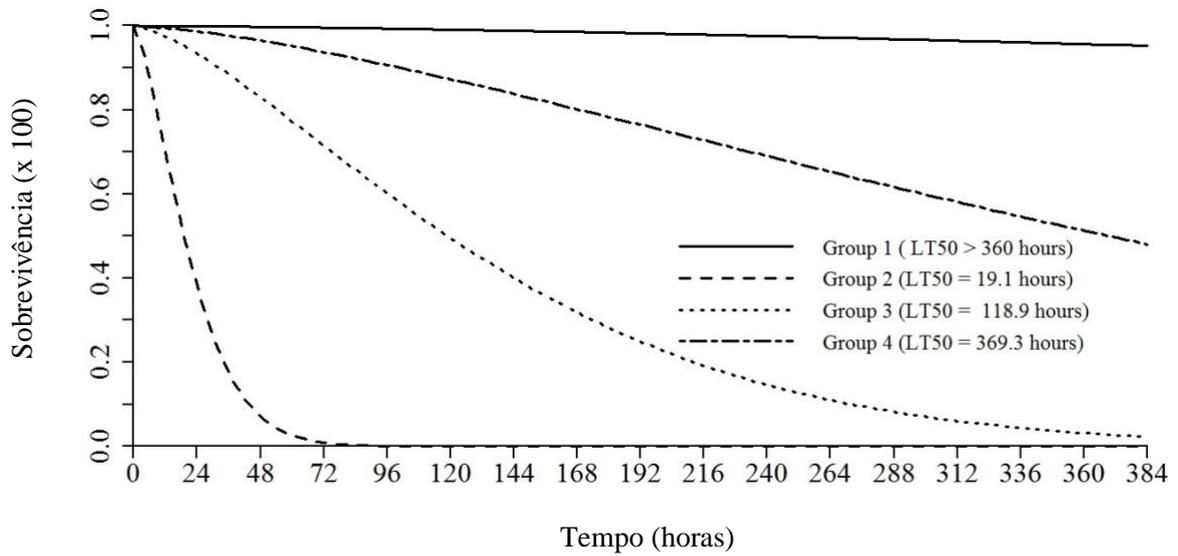
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 9. Mortalidade de adultos de *Doru luteipes* expostos a folhas de milho tratadas com os inseticidas.



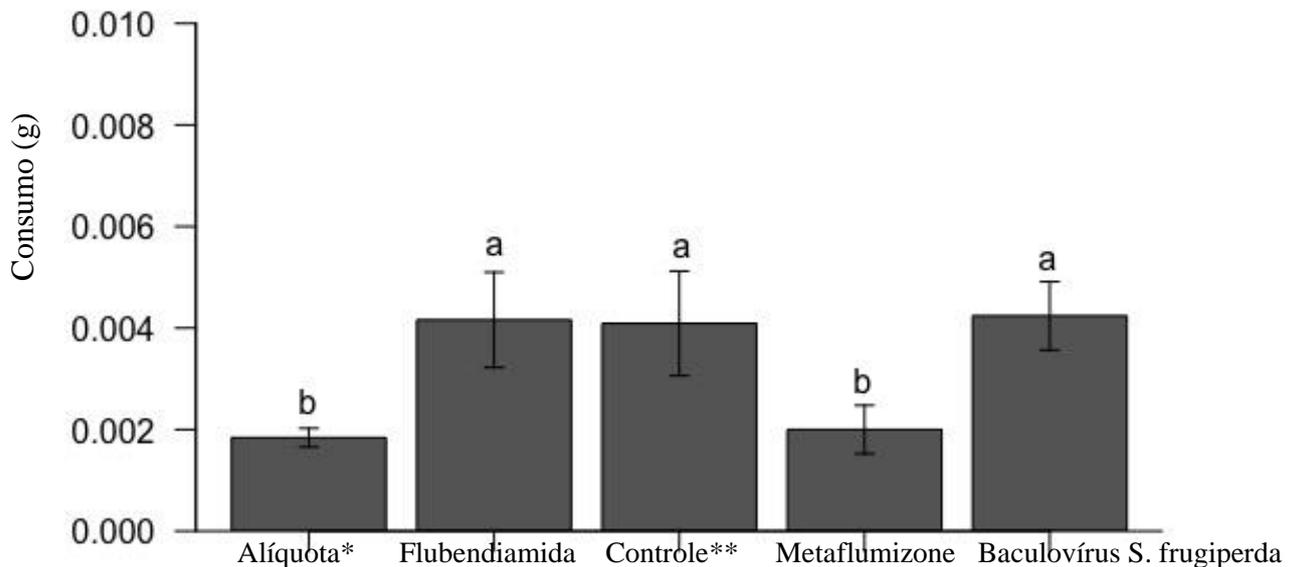
*Legenda: Grupo 1 = Controle, Flubendiamide, Baculovirus S. frugiperda; Grupo 2 = Clorpirifos; Grupo 3 = Imidaclopid + Betaciflutrina e Grupo 4 = Metaflumizone.

FIGURA 10. Mortalidade de adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de ingestão de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.



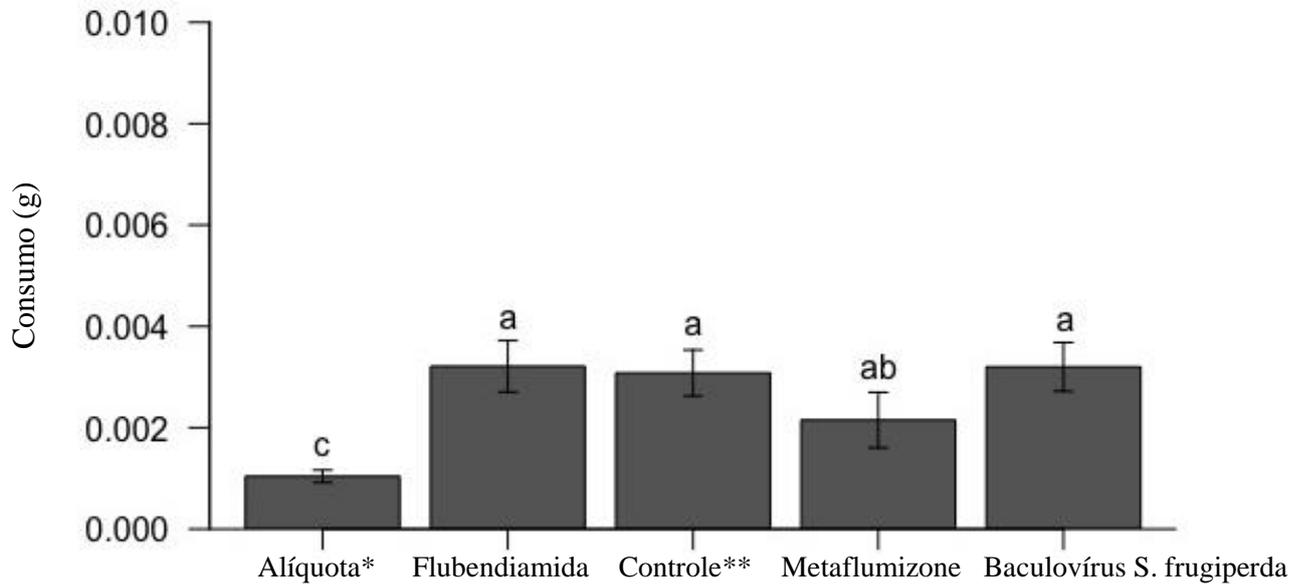
*Legenda: Grupo 1 = Controle, Flubendiamide, Baculovirus *S. frugiperda*; Grupo 2 = Clorpirifós; Grupo 3 = Imidaclopid + Betaciflutrina e Grupo 4 = Metaflumizone.

FIGURA 11. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* por adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas nas primeiras 24h de avaliação.



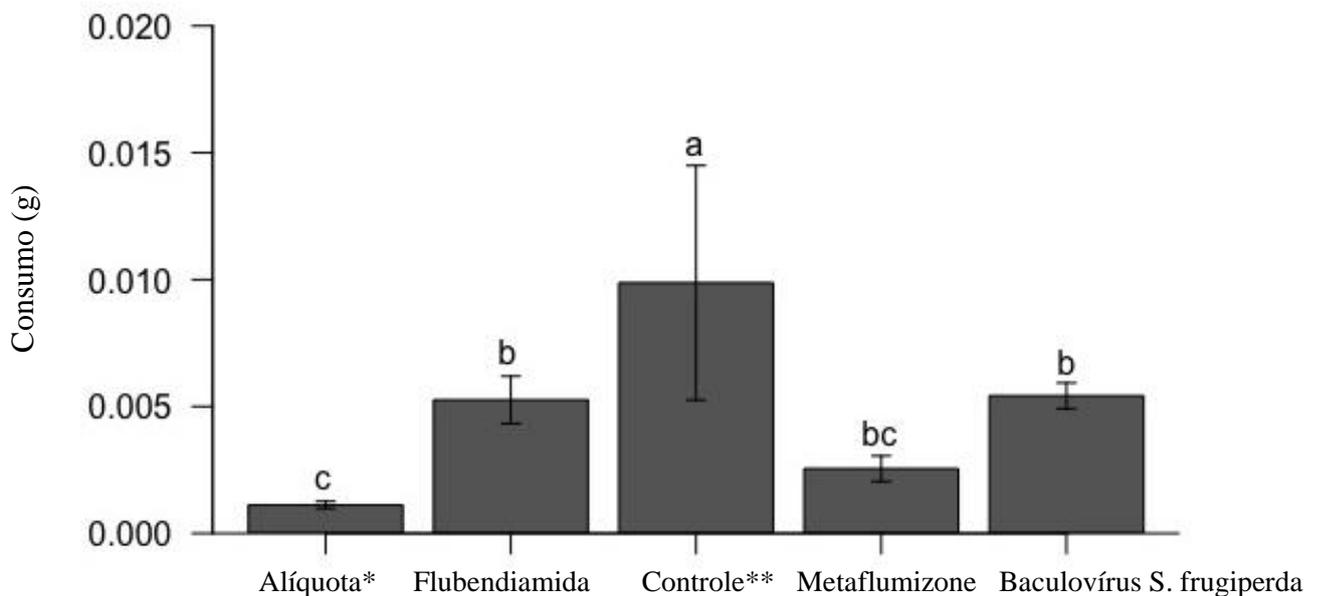
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 12. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* por adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas nas primeiras 48h de avaliação.



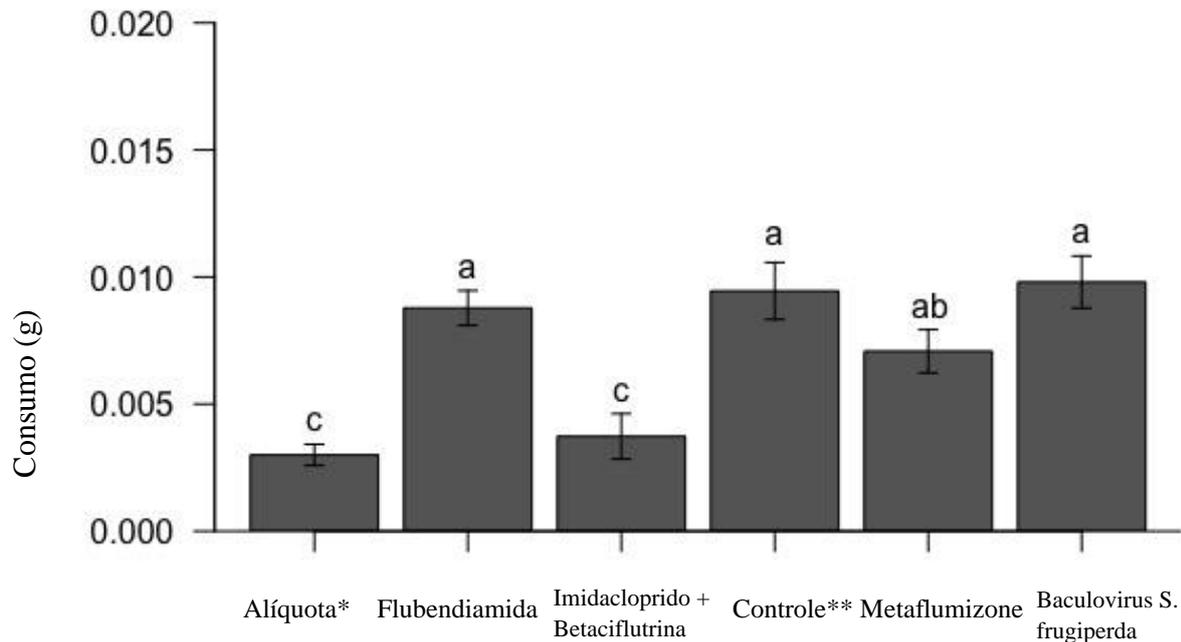
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 13. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* por adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas nas primeiras 72h de avaliação.



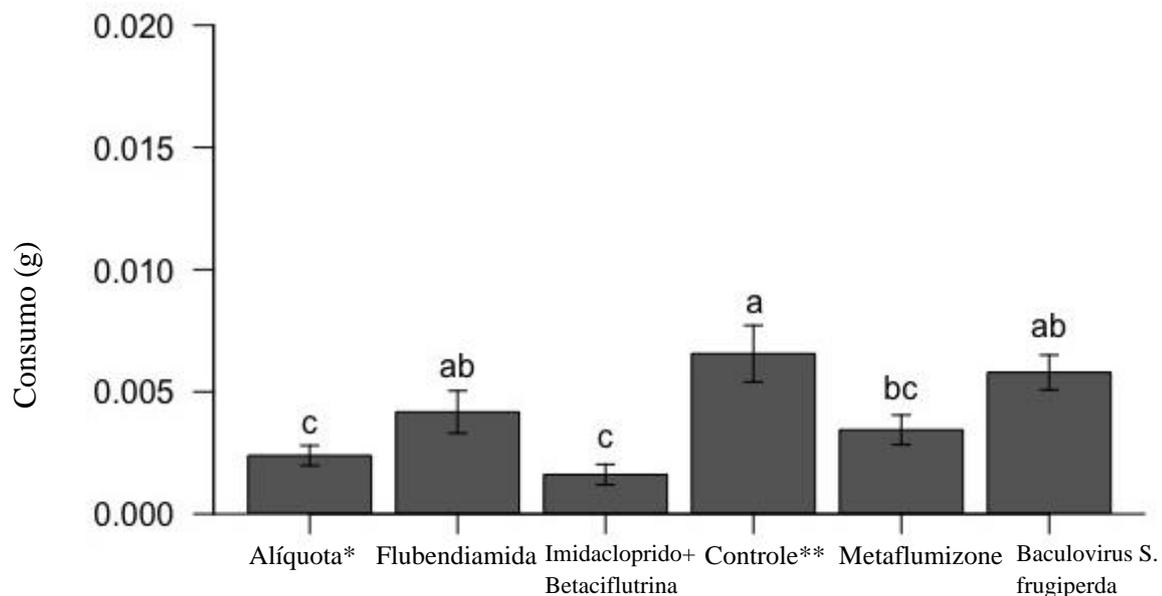
Legenda: *tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

Figura 14. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com inseticidas nas primeiras 24h de avaliação, por adultos de *Doru luteipes*.



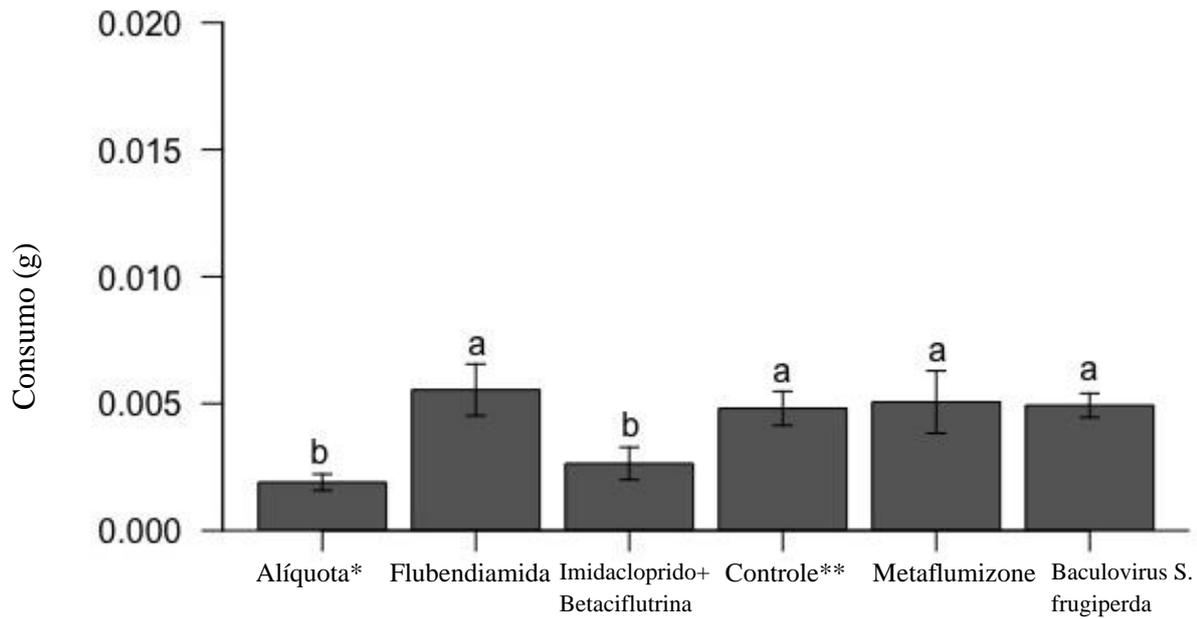
Legenda: *Tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 15. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com inseticidas nas primeiras 48h de avaliação, por adultos de *Doru luteipes*.



Legenda: *Tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 16. Consumo médio de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com inseticidas nas primeiras 72h de avaliação, por adultos de *Doru luteipes*.



Legenda: *Tratamento para computar a perda de peso por perda de água dos ovos de *Spodoptera frugiperda*; ** água destilada.

FIGURA 17. Distância média caminhada por adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas.

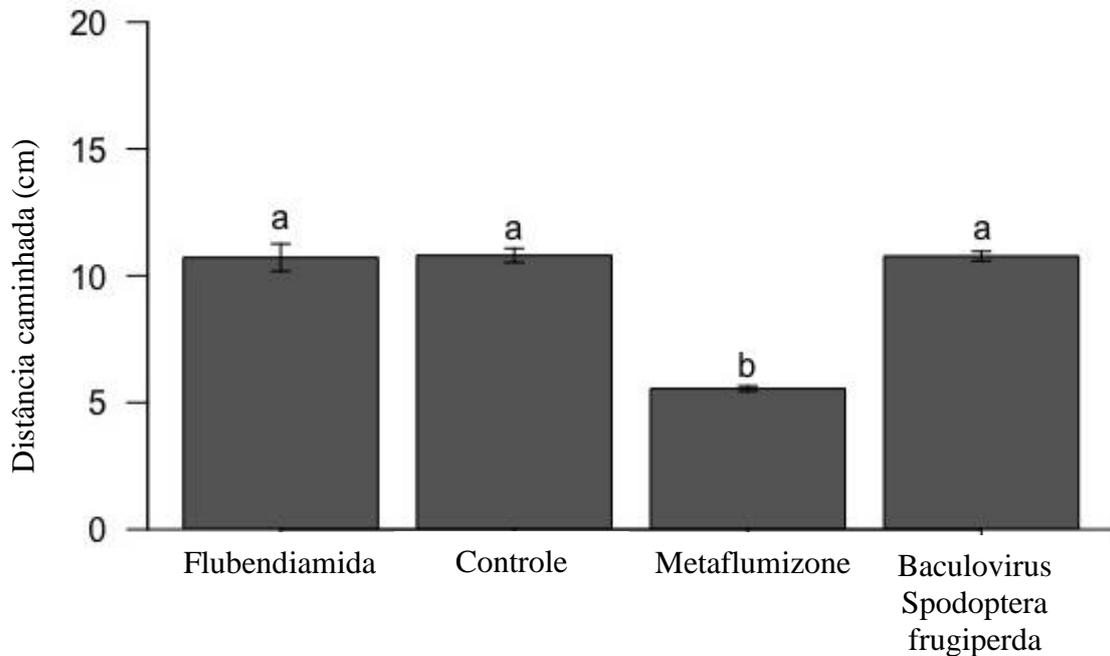
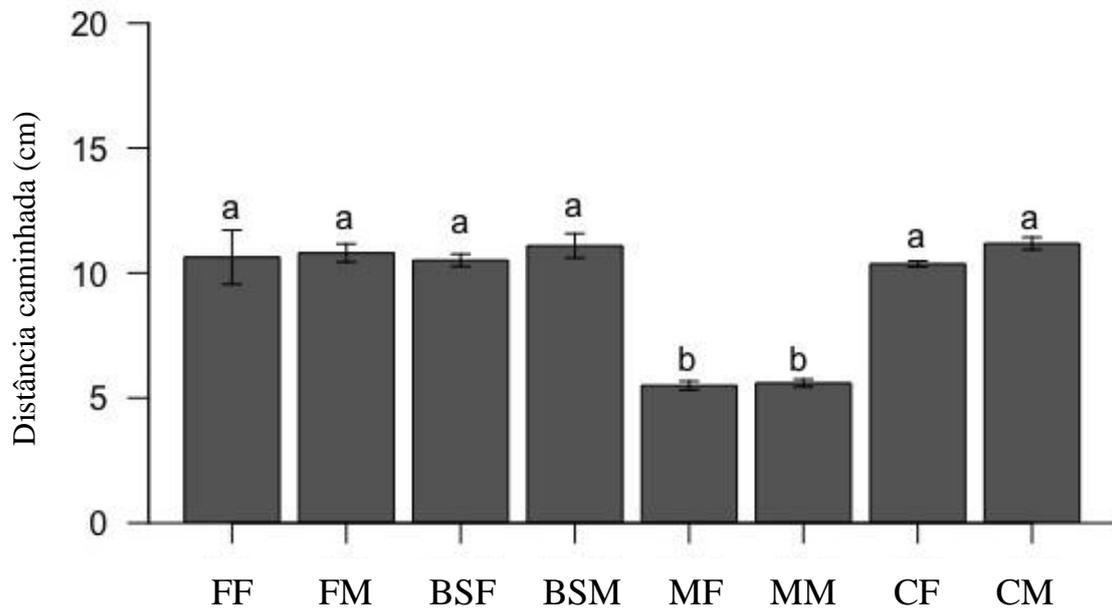


FIGURA 18. Distância média caminhada por machos e fêmeas de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de folhas de milho tratadas.



*Legenda: FF = Flubendiamida inseto fêmea; FM = Flubendiamida inseto macho; BSF: Baculovirus Spodoptera frugiperda inseto fêmea; BSM: Baculovirus Spodoptera frugiperda inseto macho; MF = Metaflumizone inseto fêmea; MM = Metaflumizone inseto macho; CF = Controle inseto fêmea; CM = Controle inseto macho.

FIGURA 19. Distância média caminhada por adultos de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de ingestão de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.

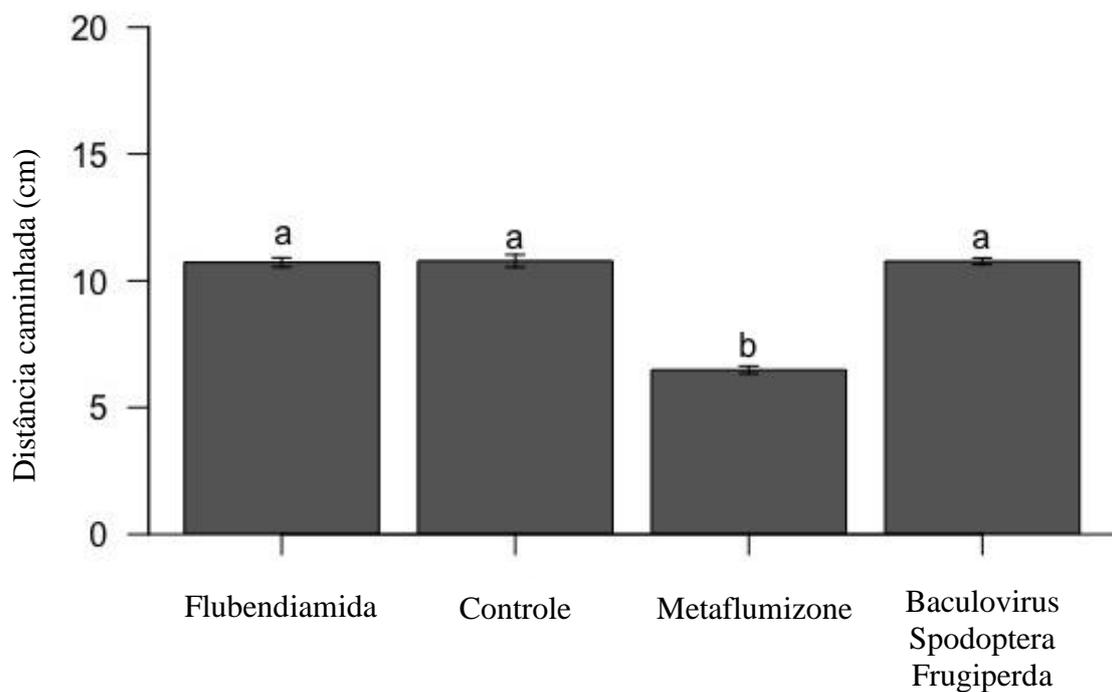
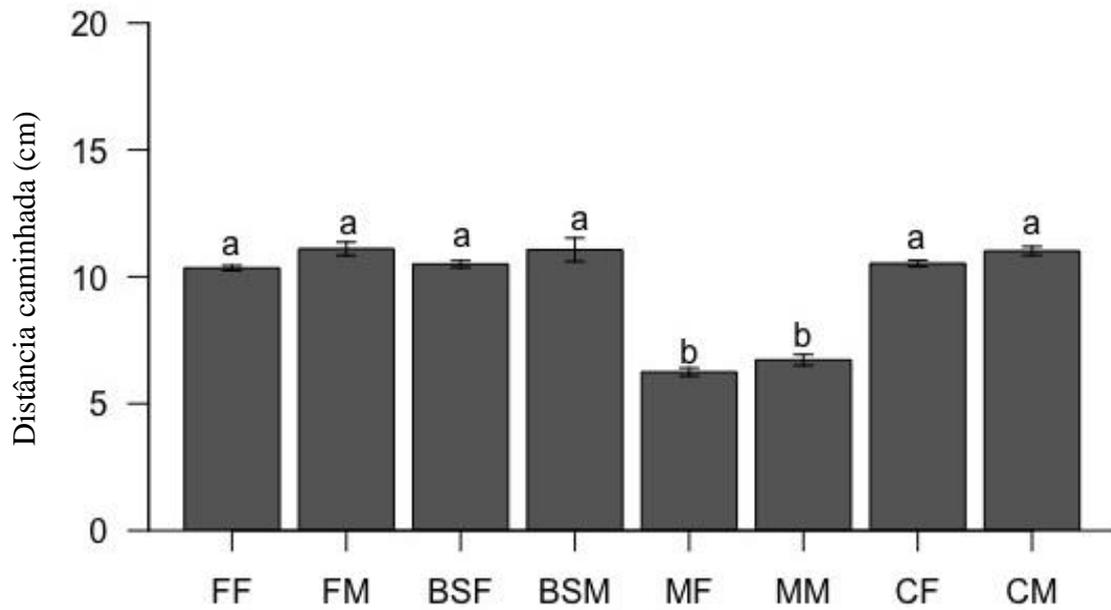


FIGURA 20. Distância média caminhada por machos e fêmeas de *Doru luteipes* expostos aos inseticidas por meio de ingestão de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados.



* Legenda: FF = Flubendiamida inseto fêmea; FM = Flubendiamida inseto macho; BSF: Baculovirus *Spodoptera frugiperda* inseto fêmea; BSM: Baculovirus *Spodoptera frugiperda* inseto macho; MF = Metaflumizone inseto fêmea; MM = Metaflumizone inseto macho; CF = Controle inseto fêmea; CM = Controle inseto macho.

4 DISCUSSÃO

Insetos em seus primeiros estádios de desenvolvimento larval ou ninfal, são em sua maioria mais susceptíveis aos inseticidas. O fato de imidacloprido + beta-ciflutrina reduzir a sobrevivência das ninfas do predador pode ser explicado pela combinação de ingredientes ativos, em que ambos agem no sistema nervoso dos insetos, nas transmissões axônicas e sinápticas, o que pode potencializar seu efeito tóxico (RIGITANO E CARVALHO, 2001). Esse composto foi mais tóxico ao predador via exposição à superfície contaminada, uma vez que o inseto permaneceu por um período de tempo mais longo em contato com seus resíduos, aumentando a concentração adquirida do produto. Além disso, neonicotinoides têm alta persistência no ambiente, sendo bastante estáveis, até mesmo em condições adversas de luz, umidade e calor, o que elevou o tempo de exposição do predador ao inseticida, aumentando a possibilidade de contaminação. Como o tratamento em que as ninfas foram expostas por contato a imidacloprido + betaciflutrina matou 100% dos insetos em 72h, não foi possível avaliar os seus efeitos subletais.

Picanço et al. (2003) avaliaram os efeitos de alguns inseticidas, dentre eles dois piretroides, sobre ninfas e adultos de *D. luteipes*, e também verificaram alta sensibilidade de ninfas de primeiro estágio aos produtos. Zotti et al. (2008) observaram que a combinação dos ingredientes ativos tiametoxam + lambda-cialotrina causaram alta mortalidade de ninfas de *D. lineare*. Esses resultados são semelhantes aos do presente estudo, em que a combinação de neonicotinide e piretroide (imidacloprido + beta-ciflutrina) causaram alta mortalidade das ninfas. Devido a essa alta sensibilidade da fase imatura do predador, o uso desses produtos pode comprometer a regulação populacional de lagartas em lavouras de milho.

A alta taxa de mortalidade dos adultos de *D. luteipes* no tratamento com imidacloprido confirma resultados de Elbert (1992) e Abbink et al. (1992), os quais relataram que neonicotinoides, em geral, são muito tóxicos para insetos sugadores, mas também possuem boa eficiência no controle de mastigadores. Há relatos que em altas doses, o imidacloprido pode apresentar ação ovicida e ou matar insetos adultos. Trata-se de uma molécula com grande estabilidade, mesmo em condições variáveis de temperatura, umidade e luz. Desta forma, os seus resíduos podem permanecer por maior período no tecido de plantas quando em aplicação foliar. Outra característica importante é que os neonicotinoides ligam-se aos

receptores nicotínicos dos neurônios pós-sinápticos do sistema nervoso dos insetos, causando excitabilidade irreversível.

Os resultados obtidos no presente estudo com o inseticida piretroide em mistura com imidacloprido corroboram com aqueles de Campos et al. (2011), que observaram redução na sobrevivência de adultos de *D. luteipes* quando expostos diretamente aos inseticidas piretroides lambdacialotrina e alfacipermetrina. Em ensaio de exposição de adultos de *D. luteipes* aos resíduos desses inseticidas aplicados em placas de vidro, ambos produtos foram nocivos ao predador. Em ensaio de ingestão de ovos contaminados, a sobrevivência dos adultos para o inseticida lambdacialotrina foi de somente 46,7% e para alfacipermetrina não foi reduzida. Redoan et al. (2013) constataram que o produto à base de tiametoxam + lambdacialotrina foi pouco tóxico quando ingerido por *D. luteipes*. Zotti et al. (2010) verificaram que esse composto quando aplicado em superfície inerte foi tóxico ao predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae).

No presente estudo o inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina apresentou efeitos subletais, reduzindo a predação e caminhamento dos adultos de *D. luteipes*, sendo aqueles que ingeriram ovos de *S. frugiperda* contaminados apresentaram sinais de intoxicação, porém não chegaram a morrer. Possivelmente, esse efeito fez com que os adultos predassem menos em comparação com aqueles dos demais tratamentos. Também é possível que quando aplicado sobre ovos de *S. frugiperda* seus resíduos causaram repelência, impedindo a predação.

Salienta-se que não existem registros em literatura de pesquisas referentes aos efeitos de metaflumizone sobre *D. luteipes*. No presente estudo, foi possível observar que esse inseticida reduziu a sobrevivência do inseto quando exposto a superfície contaminada (58% de sobreviventes); no entanto, não diminuiu a sobrevivência de adultos que ingeriram ovos contaminados, mas provocou efeitos subletais (diminuição de predação e caminhamento). Metaflumizone atua no sistema nervoso de insetos bloqueando os canais de sódio dependentes da voltagem, como o indoxacarbe. Esse inseticida pode ter sido metabolizado no organismo do predador, uma vez que isso geralmente ocorre com o indoxacarbe (YU, 2002). Devido a isso, possivelmente o inseticida foi neutralizado ou teve sua ação reduzida no corpo do predador após algum tempo de exposição. Por ser um inseticida de ação neurotóxica, o inseto apresentou um quadro de intoxicação aguda, o que geralmente não leva a efeitos a longo prazo decorrentes dessa contaminação. Provavelmente, devido a isso, o predador apresentou redução da predação, parâmetro em que se avaliou o efeito da exposição do inseto ao

produto a curto prazo. Porém, a longo prazo, não apresentou efeito e, logo não reduziu o peso, tamanho de tibia e nem mesmo a longevidade dos adultos. Possivelmente, o inseticida metaflumizone foi tóxico às ninfas de *D. luteipes* devido ao seu maior peso molecular, o que faz com que seja menos sensível à degradação, permanecendo no ambiente por um maior período de tempo. Esse composto pode ter tido maior aderência ao corpo do predador, o que facilitou sua absorção, ou mesmo ter permanecido bioativo por mais tempo na superfície do limbo foliar (NETO, MALTA, SANTOS, 2009), evidenciando que as ninfas expostas por contato tiveram mortalidade maior do que aquelas expostas via ingestão de alimento contaminado. Além disso, os tarsos do predador permaneceram em contato com o inseticida durante todo o tempo do teste, o que pode ter contribuído para uma maior quantidade absorvida. De acordo com Rajashekar, Rao e Shivanandappa (2012), alguns inseticidas podem se mostrar mais eficazes quando penetram no corpo dos insetos via tarsos. Relataram ainda que, a atividade inseticida dos compostos geralmente é perdida pela hidrólise, e que vários açúcares modificam sua resposta tóxica, mostrando que há maior atividade inseticida nos sítios localizados nos tarsos. De acordo com Maia et al. (2001), o tempo de exposição de insetos a produtos químicos é fator importante de toxicidade, visto que quanto maior for o tempo de exposição dos organismos aos produtos, maior é a probabilidade de intoxicação.

A forma de exposição do inseto por contato em superfície contaminada pode apresentar efeito mais acentuado, visto que os dermápteros apresentam comportamento de limpeza do seu corpo (*grooming*) com as peças bucais (LANGSTON E POWELL, 1975), e isto pode aumentar a assimilação do produto, resultando na alta mortalidade observada no presente estudo. Yu (2002) constatou que carbaril, permetrina e indoxacarbe quando ingeridos, foram degradados devido à ação de diversas enzimas que atuam no sistema digestivo e excretor do inseto, quebrando-os em moléculas atóxicas ou mesmo com toxicidade reduzida ao inseto.

No experimento de predação, foi observado que nas primeiras 24h, metaflumizone permitiu que o predador alimentasse normalmente, demonstrando não haver efeito repelente. Porém, nas 48h seguintes, a predação foi quase nula. Os adultos contaminados por metaflumizone apresentaram dificuldades de locomoção. Possivelmente, isto ocorreu em função do modo de ação desse inseticida, visto que é neurotóxico e age nos canais de Na⁺, dificultando a transmissão de impulsos nervosos, o que limita sua locomoção e alimentação. Porém, após alguns dias apresentaram comportamento normal, podendo estar relacionado

com sua capacidade em metabolizar e excretar o composto de seu corpo. A diferença de susceptibilidade do predador em função dos dois modos de exposição aos inseticidas pode estar associada 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). De forma análoga ao resultado do presente estudo, metaflumizone apresentou baixa toxicidade para adultos de *Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera Coccinellidae) (GARZÓN et al., 2015; LEE et al., 2017).

O inseticida flubendiamida não reduziu nenhum parâmetro biológico das ninfas do predador. Flubendiamida possui estrutura química única e por isso o composto mostra atividade inseticida especificamente contra lepidópteros-praga (MASANORI et al., 2005). As diamidas, de modo geral, têm-se mostrado bastante seletivas a diversos grupos de inimigos naturais. Stecca et al. (2014) observaram que flubendiamida e clorraniliprole aplicados sobre *D. lineare* foram inofensivos ao predador e, que lambdacialotrina + clorraniliprole e somente lambdacialotrina aplicados da mesma forma sobre o predador foram nocivos. Guerrero et al. (2013) avaliaram flubendiamida e flubendiamida + enxofre no controle de *S. frugiperda* e seus efeitos sobre o predador *D. luteipes* e constataram que foram eficientes no controle da praga e ao mesmo tempo seletivos à tesourinha. Freitas et al. (2017) constataram que clorraniliprole reduziu a sobrevivência e o caminamento de ninfas de *D. luteipes*, e consequentemente afetou o papel na regulação populacional de *S. frugiperda* em campo.

Outro inseticida que apresentou seletividade ao predador foi o Baculovirus Spodoptera frugiperda. Diversos estudos para vários inimigos naturais obtiveram os mesmos resultados do presente estudo, e chegaram à conclusão que inseticidas microbiológicos do gênero *Baculovirus* são seletivos por agirem especificamente nos receptores das lagartas-alvo. Esse resultado assemelhou-se ao de Simoes et al. (1998) que verificaram baixa toxicidade do inseticida biológico à base de *Baculovirus* a *D. luteipes*.

Os predadores quando se alimentaram de ovos de *S. frugiperda* contaminados com os inseticidas sofreram menor influência em relação à sua exposição em superfícies tratadas. Esse resultado assemelhou-se ao de Simoes et al. (1998), que verificaram baixa toxicidade dos inseticidas deltametrina, lambda-cialotrina e permetrina para adultos de *D. luteipes* em testes de ingestão, com porcentagem média de sobrevivência de 95,3%. Observaram que o inseticida biológico à base de *Baculovirus* foi seletivo ao predador, de forma semelhante ao resultado do

presente trabalho. Isso se deve pelo fato de que inseticidas biológicos agem em receptores específicos das pragas, apresentando seletividade aos inimigos naturais.

As diamidas, de modo geral, têm-se mostrado seletivas a diversos grupos de inimigos naturais. Stecca et al. (2014) aplicaram flubendiamida e clorantraniliprole topicamente em adultos de *D. lineare* e observaram que ambos foram inofensivos ao predador e, portanto, os recomendaram para uso em programas de manejo integrado de pragas na cultura do milho. Avaliaram também os efeitos de lambdacialotrina + clorantraniliprole e somente lambdacialotrina sobre esse predador, sendo os inseticidas considerados nocivos. Guerrero et al. (2013) avaliaram flubendiamida e flubendiamida + enxofre no controle de *S. frugiperda* e seus efeitos sobre o predador *D. luteipes*, e constataram que foram eficientes no controle da praga e ao mesmo tempo seletivos à tesourinha.

Foi registrado que 80% das aplicações dos inseticidas no estado do Paraná são foliares e com grande uso de piretroides e neonicotinídeos, principalmente para o controle de percevejos e lagartas em milho. Verificaram alta taxa de aplicação de imidacloprid + beta-ciflutrina e baixo uso de flubendiamida (GRANDE & RANDO, 2018). No entanto, resultados do presente trabalho demonstraram seletividade de flubendiamida a *D. luteipes* e, desta forma, deve ser priorizado o seu uso em programas de manejo integrado de pragas, visando a conservação desse predador, a fim de se obter uma agricultura mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente.

Em suma, foi observado que a exposição de *D. luteipes* aos inseticidas imidacloprido + betaciflutrina e metaflumizone pode levar a uma redução no potencial de controle biológico de *S. frugiperda* por esse predador, devido à baixa porcentagem de sobrevivência ou pela baixa taxa de predação. O uso de inseticidas biológicos à base de *Baculovirus* deve ser encorajado, uma vez que foi seletivo a *D. luteipes*. O uso de diamidas ainda tem sido questionado em relação ao seu impacto em organismos não-alvo. Vários trabalhos mostraram que clorantraniliprole tem efeito negativo em inimigos naturais, enquanto flubendiamida tem se mostrado inócuo a organismos benéficos.

5 CONCLUSÕES

1. Os inseticidas imidaclopride + betaciflutrina e metaflumizone são tóxicos para ninfas e adultos de *D. luteipes*.
2. Os compostos flubendiamide e Baculovirus *Spodoptera frugiperda* são seletivos ao predador.

REFERÊNCIAS

- ABBINK, J. The biochemistry of imidacloprid. **Agris-FAO**, v.42, n.2, p. 183-195, 1992.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.html
- ALVARENGA, C. D. et al. Biologia e predação de *Doru luteipes* (Scud.) sobre *Schizaphis graminum* (Rond.) criado em diferentes genótipos de sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 523-531, 1995.
- CAMPOS, M. R. et al. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**, v. 30, p.1535-1540, 2011.
- 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.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CRUZ, I. et al. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). Embrapa Milho e Sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995.
- ELBERT, A. et al. Imidacloprid - a new systemic insecticide. **Agris-FAO**, v. 44, n.2, p.113-136, 1992.
- FREITAS, C. D. et al. Survival and Locomotory Behavior of Earwigs After Exposure to Reduced-Risk Insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 0, n. 0, p. 1–7, 2017.
- 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.
- GRANDE, M. L. M.; RANDO, J. S. S. Integrated pest control adopted by soybean and corn farmers in Londrina, Paraná state, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.85, p. 1-4, 2018.
- GUERRERO, J. C. et al. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, v.12, n.4, p.275-285, 2013.

HASSAN et al. Standard methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **Bulletin OEPP**, v.15, n.2, 1985.

HASSAN, S. A.; HALSALL, N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F. M.; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. A. A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M. P.; BLUMEL, S.; FORSTER, R.; BAKKER, F. M.; GRIMM, C.; HASSAN, S. A.; HEIMBACH, U.; MEAD-BRIGGS, M. A.; REBER, B.; SCHMUCK, R.; VOGT, H. (eds.): **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-targeted arthropods**. Reinheim: IOBC WPRS, p. 107-119, 2000.

LANGSTON, R. R.; POWELL, J. A. The earwigs of California (Order Dermaptera). **Bulletin California Insect Survey**, v. 20, p. 1- 25, 1975.

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

MAIA, B. V.; BUSOLI, A. C.; DELABIE, J. H. C. Seletividade fisiológica de endosulfam e deltametrina às operárias de *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistema cacauero do sudoeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 449-454, 2001.

MARGNI, M.; ROSSIER, D.; CRETZAZ, P.; JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.93, p. 379-392, 2002.

MASANORI, T. et al. Flubendiamide, a Novel Insecticide Highly Active against Lepidopterous Insect Pests - **Journal of Pesticide Science**, v. 4, n. 30, p. 354-360, 2005.

MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; PEREIRA, A. E.; ROCHA, L. C. D. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol**, v. 51, p. 769-778, 2006.

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

PASINI, A. et al. Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), predador da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n.2, 308-311, 2007.

PASINI, A. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p. 1562-1568, 2010.

PICANÇO, M. C. et al. Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepdoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.183-188, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, 2019.

RAJASHEKAR, I.; RAO, J. M. L; SHIVANANDAPPA, T. Decaleside: a new class of natural insecticide targeting tarsal gustatory sites. **Naturwissenschaften**, v. 99, n. 10, p. 843-852, 2012.

REDOAN, A. C. M et al. Physiological selectivity of insecticides to adult of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 842-850, 2013.

REIS, L. L. et al. Biologia e potencial de *D. luteipes* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 333-342, 1988.

RIGITANO, R. L. O.; Carvalho, G. A. Toxicologia e seletividade de inseticidas, **Universidade Federal de Lavras (UFLA)/Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE)**, p. 72, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SIMÕES, J. C et al. Seletividade de Inseticidas às Diferentes Fases de Desenvolvimento do Predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n.2, p. 289-294, 1998.

STECCA, C. dos S. et al. Insecticide selectivity for *Doru lineare* (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 107- 115, 2014.

STERK, G. et al. Results of the seventh joint pesticide testing programmer carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticide and Beneficial Organisms". **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.

THERNEAU, T. M. A **Package for Survival**: survival analysis. Version 2.37-7, 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=survival>. Acesso em: 10 nov-2019.

TUKEY, J.W. The problem of multiple comparisons. Mimeographs Princeton University, Princeton, N.J., 1953.

WAQUIL, J. M. et al. Cultivo do milho: manejo integrado de pragas (MIP). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Comunicado técnico**, v.50, p. 16, 2002.

YU, S. J. Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 80, n. 2, p. 113-122, 2002.

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.

ZOTTI, M. J. et al. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ninfas e adultos do predador *Doru lineare* em condições de semi-campo. **R. Bras. Agrobiologia**, v.14, n.3-4, p.96-105, 2008.

ZOTTI, M. J. et al. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para adultos de *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.2, p. 291-299, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento dos efeitos da aplicação dos produtos fitossanitários avaliados no presente estudo sobre ninfas e adultos do predador *D. luteipes* é de suma importância para o sucesso de programas de controle biológico, uma vez que podem causar efeitos letal e subletais ao predador, limitando seu potencial como agente regulador de pragas em agroecossistema de milho.

As informações obtidas no presente estudo poderão colaborar para a integração dos métodos biológico e químico, permitindo avanços em programas de manejo de pragas na cultura do milho. Para os compostos tóxicos ao predador em condições de laboratório, propõe-se que sejam realizados trabalhos em semicampo e campo para comprovação ou não de sua toxicidade.