



GEÍSY NASCIMENTO LEAL

**TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA
DO MILHO PARA DORU LUTEIPES (DERMAPTERA:
FORFICULIDAE)**

**LAVRAS – MG
2025**

GEÍSY NASCIMENTO LEAL

**TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO PARA
DORU LUTEIPES (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

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

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Coorientadora

Prof.^a Dra. Rosangela Cristina Marucci

**LAVRAS – MG
2025**

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

Leal, Geísy Nascimento.

Toxicidade de fungicidas utilizados na cultura do milho para o predador *Doru luteipes* (dermaptera: forficulidae) / Geísy Nascimento Leal. - 2025.
52 p.

Orientador: Geraldo Carvalho

Coorientadora: Rosangela Marucci

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. pesticidas. 2. seletividade. 3. tesourinha. I. Carvalho, Geraldo. II. Marucci, Rosangela. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

GEÍSY NASCIMENTO LEAL

**TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO PARA
DORU LUTEIPES (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

**TOXICITY OF FUNGICIDES USED IN MAIZE CROP TO DORU LUTEIPES
(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 26 de setembro de 2025.

Dra. Ana Carolina Maciel Redoan

Embrapa

Pós- Dra. Livia Aparecida Souza

UFLA

Dr. Luiz Carlos Dias Rocha

IFSULDEMINAS

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Coorientadora

Prof.^a Dra. Rosangela Cristina Marucci

**LAVRAS – MG
2025**

AGRADECIMENTOS

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho, por todo seu trabalho de orientação, apoio, valores e conhecimentos essenciais para a minha formação como mestra em Entomologia. Além disso, foi meu maior exemplo de dedicação e excelência de trabalho.

À professora Rosangela Cristina Marucci, por toda dedicação ao trabalho de coorientação e apoio.

À minha carinhosa família, mas em especial aos meus avós, pais, irmãs e sobrinha por todo afeto e apoio incondicional que foram fundamentais para as minhas constantes superações. Ao meu namorado pelo amor, carinho, suporte e incentivo para que eu pudesse me tornar minha melhor versão.

Aos membros da banca examinadora, agradeço pelo aceite do convite e contribuições para aperfeiçoamento das minhas futuras publicações.

Aos professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos valiosos ensinamentos que carregarei para toda minha vida acadêmica e profissional. Aos colegas e técnicos do Laboratório de Ecotoxicologia e MIP, especialmente Karolina, Júlia, Livia e Daniel, por toda ajuda, amizade e ensinamentos. À equipe do Laboratório de Controle Biológico (LCBiol), principalmente à Ana Luiza, pela oportunidade e parceria com a criação de insetos.

Ao quadro de funcionários do Departamento de Entomologia que, de maneira direta e indireta, contribuíram para o êxito do meu trabalho.

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

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

A cultura do milho é frequentemente atacada por insetos-praga e doenças que comprometem a qualidade dos grãos e a produtividade das lavouras. Entre os principais insetos-praga da cultura destaca-se *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), cujo controle é realizado principalmente por meio de inseticidas químicos e tecnologia Bt. No entanto, populações destes insetos também podem ser naturalmente reguladas por inimigos naturais de ocorrência natural, como é o caso da tesourinha *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae). As doenças, por sua vez, são controladas principalmente com fungicidas sintéticos, os quais podem causar desequilíbrios biológicos em lavouras de milho. Desta forma, é importante que os programas de manejo integrado de pragas (MIP) considerem o impacto de pesticidas em inimigos naturais. Objetivou-se no presente estudo avaliar a toxicidade de fungicidas recomendados para a cultura do milho para ninfas de quarto instar (N₄) e adultos de *D. luteipes*, em diferentes vias de exposição. Os fungicidas utilizados e suas respectivas doses foram chlorotalonil (10,0 g/L); pyraclostrobin + epoxiconazole (5,0 mL/L); pyraclostrobin + fluxapiroxad (2,3 mL/L); mancozeb (14,0 g/L); azoxystrobin + carboxamide (1,0 g/L); azoxystrobin + difenoconazole (5,0 mL/L) e tiofanate-metílico (0,35 g/L). As testemunhas negativa e positiva foram água destilada e inseticida à base de *Beauveria bassiana* (3,25 mL/L). A aplicação desses fungicidas foi realizada por meio de torre de Potter, calibrada a 15 lb/pol² para aplicar $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. As vias de exposição dos fungicidas foram i) aplicação tópica, ii) contato com resíduos, iii) ingestão de presas contaminadas e iv) persistência em superfície inerte. Os bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, com 50 insetos por tratamento (10 insetos/repetição). Avaliou-se a mortalidade diária, a viabilidade de ovos e sobrevivência de ninfas em todos os tratamentos. Para adultos, os fungicidas aplicados topicamente não reduziram o tempo letal mediano (TL₅₀). Os tratamentos com pyraclostrobin, pyraclostrobin + epoxiconazole e *B. bassiana* mostraram alta toxicidade para ninfas e adultos de *D. luteipes*, enquanto chlorotalonil e thiophanate-methyl foram seletivos, com menor efeito sobre a sobrevivência. A toxicidade variou conforme a via de exposição, sendo que a exposição dos insetos a resíduos em superfície inertes causou maiores efeitos negativos, enquanto a ingestão de presas contaminadas se mostrou menos deletéria ao predador. A partir desses resultados, infere-se que *D. luteipes* apresenta resistência natural a alguns compostos, possivelmente ligada a características morfológicas e mecanismos de detoxificação. Os fungicidas avaliados mostraram seletividade ao predador *D. luteipes*, com toxicidade variável conforme a via de exposição. Resíduos de pyraclostrobin + epoxiconazole, azoxystrobin + difenoconazole e mancozeb foram letais para ninfas e adultos, enquanto a maioria dos produtos foram classificados como vida curta. A ingestão de presas contaminadas teve menor impacto sobre a sobrevivência e, em função da alta toxicidade, pyraclostrobin + epoxiconazole, pyraclostrobin + carboxamide, mancozeb e thiophanate-methyl não devem ser os preferidos para aplicações em lavouras de milho quando se pretende conservar o predador *D. luteipes*.

Palavras-chave: pesticidas; tesourinha; seletividade.

GENERAL ABSTRACT

Maize crops are attacked by pests and diseases that compromise both grain quality and productivity. Among the main insect pests of this crop is *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), whose control is mainly carried out using chemical insecticides and Bt technology. However, populations of this pest can also be naturally regulated by naturally occurring natural enemies, such as the earwig *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae). Diseases, in turn, are mainly controlled with synthetic fungicides, which may cause biological imbalances in maize fields. Therefore, it is important that integrated pest management (IPM) programs consider the impact of pesticides on natural enemies. The aim of this study was to evaluate the toxicity of fungicides recommended for maize crops to fourth-instar nymphs (N₄) and adults of *D. luteipes* via different exposure routes. The fungicides and their respective doses were: chlorothalonil (10.0 g/L); pyraclostrobin + epoxiconazole (5.0 mL/L); pyraclostrobin + fluxapyroxad (2.3 mL/L); mancozeb (14.0 g/L); azoxystrobin + carboxamide (1.0 g/L); azoxystrobin + difenoconazole (5.0 mL/L); and thiophanate-methyl (0.35 g/L). Negative and positive controls were distilled water and an insecticide based on *Beauveria bassiana* (3.25 mL/L), respectively. Fungicide applications were carried out using a Potter spray tower calibrated at 15 lb/in² to apply $1.5 \pm 0.5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. The exposure routes evaluated were: (i) topical application; (ii) contact with residues; (iii) ingestion of contaminated prey; and (iv) persistence on inert surfaces. The bioassays were conducted in a completely randomized design with 50 insects per treatment (10 insects per replicate). Daily mortality, egg viability, and nymph viability were assessed for all treatments. For adults, fungicides applied topically did not reduce the median lethal time (LT₅₀). Treatments with pyraclostrobin, pyraclostrobin + epoxiconazole, and *B. bassiana* showed high toxicity to nymphs and adults of *D. luteipes*, whereas chlorothalonil and thiophanate-methyl were selective, with lower effects on survival. Toxicity varied according to the exposure route: contact with residues on inert surfaces caused greater negative effects, while ingestion of contaminated prey proved less harmful to the predator. Based on these results, it is inferred that *D. luteipes* exhibits natural resistance to some compounds, possibly linked to morphological characteristics and detoxification mechanisms. The fungicides evaluated showed selectivity to the predator *D. luteipes*, with variable toxicity depending on the exposure route. Residues of pyraclostrobin + epoxiconazole, azoxystrobin + difenoconazole, and mancozeb were lethal to nymphs and adults, whereas most products were classified as short-lived. Ingestion of contaminated prey had a lower impact on survival, and due to their high toxicity, pyraclostrobin + epoxiconazole, pyraclostrobin + carboxamide, mancozeb, and thiophanate-methyl should not be preferred for applications in maize fields when the conservation of the predator *D. luteipes* is intended.

Keywords: pesticides; earwig; selectivity.

INDICADORES DE IMPACTO

A presente pesquisa visou avaliar a compatibilidade de fungicidas utilizados na cultura do milho com o predador generalista *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), na busca de informações que possam colaborar para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas dessa poácea. A conscientização acerca do uso racional de pesticidas visando a preservação de insetos, é necessária para a obtenção de uma agricultura sustentável. Para o sucesso de programas de controle biológico natural é imprescindível o uso de produtos seletivos, ou seja, que matam as pragas ao mesmo tempo em que causam baixo ou nenhum efeito tóxico sobre inimigos naturais. Esta dissertação está diretamente relacionada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente os objetivos 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e 15 (Vida Terrestre). Impactos socioculturais estão alinhados aos princípios do manejo integrado de pragas, que preconiza a integração de medidas de controle. Contudo, conhecimentos acerca da seletividade, descontinuidade da calendarização e aprimoramentos da proteção de cultivos através de respostas cientificamente acuradas, incentivam a transformação agrícola local, fomenta a valorização da biodiversidade e transição de modelos convencionais para sistemas sustentáveis. Esta pesquisa envolveu, de forma direta, o trabalho de 1 docente orientador, 1 docente coorientador, 1 discente de mestrado e, indiretamente, colaboradores de graduação e pós-graduandos que auxiliaram em análises estatísticas, descrição de resultados e discussão dos dados obtidos. O trabalho se enquadra na área temática 7 - Tecnologia e Produção da Política Nacional de Extensão devido ao foco no uso de pesticidas agrícolas com menor impacto ambiental. Assim, esta pesquisa não contribui apenas para a produção científica, mas também para a sustentabilidade e resiliência de sistemas agrícolas socialmente responsáveis, que promovem a integração entre ciência, agricultura e sociedade.

IMPACT INDICATORS

The present study aimed to evaluate the compatibility of fungicides used in maize cultivation with the generalist predator *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), seeking information that may contribute to the development of integrated pest management programs for this poaceous crop. Awareness regarding the rational use of pesticides to preserve insects is essential for achieving sustainable agriculture. For the success of natural biological control programs, the use of selective products is crucial—that is, products that kill pests while causing low or no toxic effects on natural enemies. This dissertation is directly aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goals 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture), 12 (Responsible Consumption and Production), 13 (Climate Action), and 15 (Life on Land). Sociocultural impacts are in line with the principles of integrated pest management, which advocate for the integration of control measures. However, knowledge regarding selectivity, discontinuity in scheduling, and improvements in crop protection through scientifically accurate responses encourages local agricultural transformation, promotes the valuation of biodiversity, and supports the transition from conventional to sustainable systems. This research involved, directly, the work of one supervising professor, one co-supervising professor, and one master's student, and, indirectly, undergraduate and postgraduate collaborators who assisted with statistical analyses, description of results, and discussion of the data obtained. The study falls under Thematic Area 7 – Technology and Production of the National Extension Policy due to its focus on the use of agricultural pesticides with lower environmental impact. Thus, this research contributes not only to scientific production but also to the sustainability and resilience of socially responsible agricultural systems, promoting the integration of science, agriculture, and society.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 HIPÓTESES.....	14
REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 1: TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO PARA O PREDADOR <i>DORU LUTEIPES</i> (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)	19
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Fungicidas avaliados	23
2.2 Criação e manutenção de <i>D. luteipes</i>	24
2.3 Criação e manutenção de <i>S. frugiperda</i>	26
2.4 Efeito de resíduos de fungicidas sobre ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	27
2.5 Persistência de fungicidas em contato com ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	28
2.6 Efeito da aplicação tópica de fungicidas em ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	28
2.7 Efeito da ingestão de ovos de <i>S. frugiperda</i> contaminados com os fungicidas sobre ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	29
2.8 Análises estatísticas	29
3.1 Efeito de resíduos de fungicidas sobre ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	30
3.2 Persistência de fungicidas em contato com ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	31
3.3 Efeito da aplicação tópica de fungicidas em adultos de <i>D. luteipes</i>	35
3.4 Efeito da ingestão de ovos de <i>S. frugiperda</i> contaminados com os fungicidas sobre ninfas e adultos de <i>D. luteipes</i>	36
4 CONCLUSÃO	44

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Poaceae cultivada em âmbito mundial devido à sua adaptabilidade e versatilidade alimentar (RANUN et al., 2014; ERESTEIN et al., 2022; PEREIRA FILHO et al., 2022), sendo que essa *commodity* representa uma importante matéria prima para a indústria de alimentos, rações animais, bebidas, bioenergia e derivados (PEREIRA FILHO, BORGHI, 2022), e também o consumo *in natura*. De acordo com a CONAB (2025), existem mais de 21,3 milhões de hectares de milho cultivados no Brasil que produzem mais de 124.000 mil toneladas e se encontram em amplo crescimento. Vista sua relevância, o Brasil detém grande capacidade produtora desse grão e é o segundo maior exportador mundial (ROSA et al., 2023; COELHO, 2024).

A crescente produtividade nacional do milho é resultado de manejos cada vez mais avançados. Notadamente, fatores como o melhoramento genético de plantas (SIQUEIRA et al., 2024; SILVA et al., 2021a), nutrição e adubação (OLIVEIRA et al., 2023), agricultura de precisão (BORGES et al., 2022), irrigação (OLIVEIRA et al., 2025), fitossanidade (SOUSA et al., 2023) e as previsões do clima mais precisas (ASSAD, 2024) têm colaborado cada vez mais para maior produtividade e qualidade de grãos.

Apesar da produção significativa, fatores limitantes como pragas e doenças prejudicam a produção desse cereal e podem causar perdas de massa de grãos, em função do comprometimento da área foliar (SILVA et al., 2020). As fitopatologias fúngicas, como a ferrugem do milho (*Puccinia polysora*), mancha foliar de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*) e a mancha foliar cinzenta (*Cercospora zeae-maydis*), configuram ameaças recorrentes para a produtividade e são em geral controladas por meio de fungicidas químicos sintéticos (CAMERA et al., 2019; HAWKINS et al., 2019; PRESTES et al., 2019; SILVA et al., 2021b). As doenças fúngicas reduzem a área foliar e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados que interfere diretamente na qualidade dos grãos (SABATO e FERNANDES, 2014; SILVA; COTA, COSTA, 2015).

O manejo integrado de doenças do milho por meio de fungicidas colabora para boas produtividades (COTA et al., 2018; BISOGNIN e MARCHIORO, 2023; PFORDT e PAULUS, 2025). No entanto, esses produtos podem impactar negativamente populações de artrópodes

não-alvos, Apesar do menor número de pesquisas que visam avaliar os efeitos de fungicidas sobre inimigos naturais em comparação aos inseticidas, não significa que sejam sempre inertes aos artrópodes benéficos e por isso, devem ser avaliados (NICODEMO et al., 2020). O controle de doenças com fungicidas eficientes e menos tóxicos aos organismos não-alvos colabora para o sucesso de controle biológico natural e consequentemente com a sustentabilidade agrícola (PASINI et al., 2022).

Segundo Cloyd (2012), embora haja menos prejuízos aos inimigos naturais pelos fungicidas do que por inseticidas ou acaricidas, é fundamental determinar os efeitos e a compatibilidade de ingredientes ativos antifúngicos sobre inimigos naturais. O manejo químico de fungos fitopatógenos pode acarretar impactos sobre a entomofauna benéfica, como predadores, parasitoides ou agentes polinizadores (SÁNCHEZ-BAYO, 2021). Por exemplo, aplicações dos fungicidas trifloxystrobin + cyproconazole e tetraconazole, ingredientes ativos também utilizados em lavoura de milho, ocasionaram mortalidades do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) entre 48,0 a 50,0% e 45,0% a 71,5% (SANTOS; OLIVEIRA, SOSA-GÓMEZ, 2012).

Mesmo com a aplicação de fungicidas, os fazendeiros ao redor do mundo perdem 10 a 23% das lavouras anualmente por conta das doenças fúngicas (STUKENBROCK; GURR, 2023). Por meio do monitoramento de doenças foi demonstrado que a mancha branca, a cercosporiose, a ferrugem polissora, a ferrugem tropical, a ferrugem comum e a helmintosporiose foram as principais doenças fúngicas da cultura do milho na última década. Estas doenças se desenvolvem nas condições ideais para o patógeno, que incluem fatores como: alta precipitação e umidade relativa, época de plantio, vento que dissemina esporos, restos de cultura levados, respingos de chuva, presença de orvalho e plantas hospedeiras e altitude (CASELA, FERREIRA, PINTO, 2006). O surgimento dessas doenças em campo varia conforme o patógeno, entretanto, os fungicidas podem ser utilizados para prevenção, como tratamento de sementes, ou para controle via pulverizações (SABATO e FERNANDES, 2014; EL-BAKY, AMARA, 2024).

Além das ameaças fúngicas, plantas de milho podem sofrer danos causados por muitos insetos desde a semeadura até a colheita (ROSA e BARCELOS, 2012). Uma das espécies mais prejudiciais é a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) que pode ocasionar grandes prejuízos em lavouras dessa poácea em função do seu potencial de desfolha, presença generalizada no Brasil e por todas as dificuldades que permeiam

seu controle (OVERTON et al., 2023). Embora o controle químico seja o método mais usado, uma das formas de reduzir a população dessa praga é utilizar agentes biológicos, como predadores e parasitoides (SHYLESHA et al., 2018).

Um dos predadores naturais mais importantes da lagarta-do-cartucho é a espécie *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), popularmente conhecida como “tesourinha”. Segundo Lima Júnior et al. (2012), a família Forficulidae é uma das mais abundantes em sistemas produtores de milho irrigado ou em condições de sequeiro. Pacheco, Silva e Mendes (2023) verificaram que ninfas e adultos de *D. luteipes* são predadoras da lagarta-do-cartucho em milharais por partilharem o mesmo ambiente de desenvolvimento da praga, os cartuchos de milho. Neste sentido, as plantas de milho são abrigos muito importantes para as tesourinhas por proporcionar proteção e fontes de alimento diversificado. Em seus abrigos escolhidos, as fêmeas realizam o cuidado maternal da prole e, como os primeiros instares ninfais são frágeis, metodologias de pesquisas são adaptadas para evitar mortalidade decorrente da manipulação humana (MEYEL, DEVERS, MEUINIER, 2021). As tesourinhas exercem a predação de pragas de diferentes ordens (Hemiptera, Diptera, Lepidoptera e Coleoptera), consomem pólen de diferentes plantas e fungos fitopatogênicos, como os urediospóros da ferrugem do milho (NARANJO-GUEVARA et al., 2017; MARUCCI et al., 2019; PACHECO et al., 2023). A preservação desse inimigo natural colabora para o controle biológico de ovos e lagartas de *S. frugiperda*, sendo que a sua presença no agroecossistema é capaz de reduzir o número de posturas de *S. frugiperda* (RODRIGUES-SILVA et al., 2024). As ninfas de *D. luteipes* de terceiro e quarto ínstares chegam a consumir entre 80% a 90% de lagartas recém eclodidas de *S. frugiperda* em plantas de milho (CARVALHO et al., 2019). Ademais, a capacidade de predação das tesourinhas não se restringe a essa praga, podendo alimentar-se de outras espécies, como a *Helicoverpa armigera* (Boddie) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae). No quarto ínstar, as tesourinhas podem consumir mais de 20 ovos e também lagartas neonatas de *S. frugiperda* ou outros lepidópteros (CRUZ et al., 1995).

Ao considerar que em um sistema agrícola ocorre o manejo simultâneo de pragas e fitopatógenos, deve-se atentar para a importância de se compreender como as aplicações de diferentes produtos fitossanitários afetam os organismos não-alvos. Isso porque, segundo Angon et al. (2023), a manutenção de inimigos naturais é essencial para equilibrar os níveis populacionais de pragas. Desta forma, é importante estudar a compatibilidade entre os métodos químico e biológico em programas de manejo de pragas na cultura do milho por meio de

seletividade. O conceito de seletividade pode ser classificado como ecológica, baseada na minimização de efeitos negativos sobre inimigos naturais por meio do manejo; enquanto a seletividade fisiológica é inerente ao pesticida, que devido suas características físico-químicas podem impactar menos os organismos não alvos (RIPPER et al., 1951; CROFT, 1990; FOESTER, 2002).

Priorizar manejos de doenças e pragas em agroecossistemas por meio de produtos seletivos favorece para a sustentabilidade e auxilia na redução do impacto ambiental (GALVAN et al., 2006; SERRÃO et al., 2022). Nesse contexto, o uso intensivo de fungicidas na cultura do milho pode oferecer risco ecológico e ou fisiológico a organismos benéficos, uma vez que são biocidas de amplo espectro e capazes de inibir processos celulares em artrópodes (ZUBROD et al., 2019). Isto ressalta a importância de realizar pesquisas que busquem informações a respeito da seletividade de fungicidas aplicados em culturas agrícolas para predadores e parasitoides, visto que há escassez de estudos a esse respeito (ZUBROD et al., 2019).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade de fungicidas, comumente utilizados em lavouras de milho, para o predador *Doru luteipes*.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar os efeitos da aplicação tópica dos fungicidas sobre ninfas de quarto ínstar (N₄) e adultos de *Doru luteipes*;
- 2) Avaliar os efeitos da ingestão de ovos e lagartas de *Spodoptera frugiperda* tratados com os fungicidas sobre *Doru luteipes*.
- 3) Avaliar o efeito residual de fungicidas para ninfas de quarto ínstar (N₄) e adultos de *Doru luteipes*;

3 HIPÓTESES

H1: Os efeitos residuais dos fungicidas para ninfas e adultos de *D. luteipes* variam em função de cada molécula e do estágio de desenvolvimento desse predador;

H2: A aplicação tópica dos fungicidas podem causar a inibição do desenvolvimento de ninfas N₄ e redução de sobrevivência e capacidade reprodutiva de *D. luteipes*;

H3: Ninfas N₄ e adultos de *D. luteipes* têm seu desenvolvimento e reprodução reduzidos quando alimentados com ovos e lagartas de *S. frugiperda* contaminados com os fungicidas.

REFERÊNCIAS

- ANGON, P. B. et al. Integrated Pest Management (IPM) in Agriculture and Its Role in Maintaining Ecological Balance and Biodiversity. **Advances in Agriculture**, p. 1-19, 2023.
- ASSAD, E. D.; ASSAD, M. L. R. C. L. Mudanças do clima e agropecuária: impactos, mitigação e adaptação. Desafios e oportunidades. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 112, p. 271–292, 2024.
- BORGES, L. C.; A. R. NASCIMENTO; C. M. A. MORGADO. Agricultura de precisão: ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.
- CASELA, C. R., FERREIRA, A. S., & PINTO N. F. A. **Doenças na cultura do milho**. Circular Técnica n. 83, Embrapa - Sete Lagoas, 2006.
- CAMERA, J. N. et al. Reaction of maize hybrids to Northern corn leaf blight and common rust, and chemical control of Northern corn leaf blight. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p.1-10, 019.
- CLOYD, R. **Indirect Effects of Pesticides on Natural Enemies**. In: Soundararajan R.P. (org) **Pesticides: Advances in Chemical and Botanical Pesticides**. InTech, 2012. p. 127–149.
- COTA et al. **Monitoramento do Uso de Fungicidas na Cultura do Milho no Brasil**. Circular Técnica n. 249, Embrapa - Sete Lagoas, 2018.
- CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D.; FIGUEIREDO, P. E. F. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, 1995.
- EL-BAKY, N. A.; AMARA, A. A. A. F. Recent Approaches towards Control of Fungal Diseases in Plants: An Updated Review. **Journal of Fungi**, n. 7, v. 900, 2021.
- FOESTER, A. F. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: PARRA, J. R. et al. **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**, Manole, p. 95-103, 2022.
- GALVAN, T. L.; KOCH, R. L.; HUTCHISON, W. D. Toxicity of indoxacarb and spinosad to the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), via three routes of exposure. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 62, p. 797-804, 2006.
- HAWKINS, N. J. et al. The evolutionary origins of pesticide. **Biological Review**, v. 94, p. 135–155, 2019.
- LIMA JÚNIOR, I. S. et al. Infestação de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho nas condições de sequeiro e irrigado. **Revista Agrarian**, v.5, n.15, p.14-19, 2012.

MARUCCI, R. C. et al. Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 584–588, 2019.

MEYEL, S. V.; DEVERS, S.; MEUNIER, J. Earwig mothers consume the feces of their juveniles during family life. **Insect Science**, 2021.

NARANJO-GUEVARA, N. et al. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **Science of Nature**, v. 104, n. 9–10, 2017.

NICODEMO, D. et al. Mitochondrial respiratory inhibition promoted by pyraclostrobin in fungi is also observed in honey bees. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 39, n. 6, p. 1267–1272, 2020.

OLIVEIRA, D. T. M. et al. Avaliação biométrica do uso de diferentes fontes de nitrogênio no milho safrinha. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 63–71, 2023.

OLIVEIRA, Z. et al. Recomendações de práticas de manejo para a elevação da produtividade do milho na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, v. 11, n. 3, p. 63-71, 2025.

OVERTON, K. et al. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. **Crop Protection**, v. 145, 2021.

PACHECO, R. C. et al. How omnivory affects the survival and choices of earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae)? **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023.

PASINI, R. A. et al. Efeito de quatro fungicidas registrados para a cultura do trigo sobre larvas do predador *Chrysoperla externa*. **Científica Digital**, p. 247–256, 2022.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. Cultivares de milho para safra 2022/2023. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2023. 27 p. (Circular Técnica, 272).

PFORDT, A.; PAULUS, S. A review on detection and differentiation of maize diseases and pests by imaging sensors. **Journal of Plant Diseases and Protection**, p. 132–40, 2025.

PRESTES, I. D. et. al. Fungi and mycotoxins in corn grains and their consequences. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559–570, 2019.

RIPPER, R.; GREENSLADE R. M.; HARTLEY, G. S. Selective Insecticides and Biological Control. **Pest Control**. v. 44, n. 4, 1951.

ROSA, A. P. S. A.; BARCELOS, H. T. Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho. **Embrapa**, 2012.

SÁNCHEZ-BAYO, F. Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. **Toxics**, v. 9, n. 177, 2021.

SABATO, E. O.; FERNANDES, F. T. . Doenças do Milho, 2014.

SERRÃO, J. E. et al. Side-effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a mini-review. **Science of Nature**, n. 109 v. 17, 2022.

SIQUEIRA, J. C. et al. Genetic Improvement of Corn: The Improvement of the Plant in Antagonism to Pest Resistance. **Campo Digital**, v. 16, 2024.

SHYLESHA, A. N. et al. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. **Journal of Biological Control**, v. 32, n. 3, p. 145–151, 2018.

SOUSA, A. S.; BONAFIN, M; LIMA, R. P. Low corn production yield related to fungal diseases. **Facit Business and Technology Journal**, Santa Catarina, ed. 42, v. 2, p. 659-680, 2023.

SILVA, D. F. et. al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021.

SILVA, R. S. et al. Damage to the corn crop due to the reduction of leaf area by artificial defoliation and diseases. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 4, p. 313–319, 2020.

SILVA .T. S. et al. Flutriafol and azoxystrobin: An efficient combination to control fungal leaf diseases in corn crops. **Crop Protection**, v. 140, 2021.

STUKENBROCK, E., GURR, S. Address the growing urgency of fungal disease in crops. **Nature**, 617, 31–34, 2023.

ZUBROD, P. et al. Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? **Environmental Science and Technology**, v. 53, n. 7, p. 3347–3365, 2019.

CAPÍTULO 1

TÍTULO: TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO PARA O PREDADOR *Doru luteipes* (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)

O artigo será transcrito para língua inglesa e seguirá as normas da Ecotoxicology a qual será encaminhado para publicação.

Geísy Nascimento Leal, Rosangela Cristina Marucci, Geraldo Andrade Carvalho

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, MG, Brasil.
E-mail: geisyleal5@gmail.com

RESUMO

A cultura do milho sofre perdas consideráveis na qualidade e na produção em função de pragas e doenças. Entre os inimigos naturais, a tesourinha *Doru luteipes* é importante no controle conservativo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* e de demais pragas pertencentes a diferentes ordens. O uso de fungicidas sintéticos, no entanto, pode afetar organismos não-alvos e comprometer o controle biológico em programas de manejo integrado de pragas. Este estudo avaliou a toxicidade de fungicidas utilizados em milho para ninfas de quarto instar (N₄) e adultos de *D. luteipes* em função de exposição tópica, residual, ingestão de presas contaminadas e persistência em superfície inerte. Os fungicidas utilizados e suas respectivas doses foram chlorotalonil (10,0 g/L); pyraclostrobin + epoxiconazole (5,0 mL/L); pyraclostrobina + carboxamide (2,3 mL/L); mancozeb (14,0 g/L); azoxystrobin + carboxamide (1,0 g/L); azoxystrobin + difenoconazole (5,0 mL/L) e tiofanate-methyl (0,35 g/L). As testemunhas negativa e positiva foram água destilada e o inseticida *Beauveria bassiana* (3,25 mL/L). A aplicação desses inseticidas ocorreu via torre de Potter calibrada a 15 lb/pol² para aplicar $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. Os bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, com avaliações de mortalidade, viabilidade de ovos e desenvolvimento de ninfas. O período de observação para cada bioensaio foi de 5, 10 ou 20 dias, de acordo com a via de exposição aos tratamentos e da fase de desenvolvimento do inseto. Os fungicidas pyraclostrobin+carboxamide, pyraclostrobin + epoxiconazole e *B. bassiana* foram tóxicos para ninfas e adultos de *D. luteipes*, enquanto chlorothalonil e thiophanate-methyl foram seletivos. A toxicidade variou conforme a via de exposição, onde a contaminação residual em superfície se mostrou mais tóxica e a ingestão de presas contaminadas menos deletéria. Esses resultados reforçam a importância de considerar os efeitos de fungicidas em agentes de controle biológico, utilizar ingredientes ativos mais seletivos e direcionar futuras pesquisas sobre o impacto de fungicidas em artrópodes benéficos.

Palavras-chave: *Zea mays*; pest; doença; predador; pesticidas; seletividade

ABSTRACT

Maize crops suffer considerable losses in both quality and yield due to pests and diseases. Among natural enemies, the earwig *Doru luteipes* plays an important role in the conservative control of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and other pests from different orders. However, the use of synthetic fungicides can affect non-target organisms and compromise biological control in integrated pest management programs. This study evaluated the toxicity of fungicides used in maize on fourth-instar nymphs (N4) and adults of *D. luteipes* according to topical exposure, contact with residues, ingestion of contaminated prey, and persistence on inert surfaces. The fungicides used and their respective doses were: chlorothalonil (10.0 g/L); pyraclostrobin + epoxiconazole (5.0 mL/L); pyraclostrobin + carboxamide (2.3 mL/L); mancozeb (14.0 g/L); azoxystrobin + carboxamide (1.0 g/L); azoxystrobin + difenoconazole (5.0 mL/L); and thiophanate-methyl (0.35 g/L). Negative and positive controls were distilled water and the *Beauveria bassiana*-based insecticide (3.25 mL/L). Fungicide applications were performed using a Potter spray tower calibrated at 15 lb/pol² to apply $1.5 \pm 0.5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. Bioassays were conducted in a completely randomized design, with evaluations of mortality, egg viability, and nymph development. The observation period for each bioassay was 5, 10, or 20 days, depending on the exposure route and the insect's developmental stage. The fungicides pyraclostrobin+ carboxamide, pyraclostrobin + epoxiconazole, and *B. bassiana* were toxic to *D. luteipes* nymphs and adults, while chlorothalonil and thiophanate-methyl were selective. Toxicity varied according to the exposure route, with residual contamination on surfaces being the most toxic and ingestion of contaminated prey being the least harmful. These results underscore the importance of considering fungicide effects on biological control agents, using more selective active ingredients, and guiding future research on the impact of fungicides on beneficial arthropods.

Keywords: *Zea mays*; pest; disease; predator; pesticides; selectivity

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho (*Zea mays* Linnaeus) é mundialmente importante em relação aos aspectos sociais, econômicos, culturais e alimentares para humanos e animais (Erenstein et al. 2022; Gutiérrez-León et al. 2025; Juroszek e Von Tiedemann 2013). A América Latina é o berço da domesticação e diversidade genética do milho, uma das gramíneas que marcaram a história da agricultura sedentária, aldeias e civilizações. Neste contexto, as variedades crioulas (landraces) são essenciais na segurança alimentar, nos modos de vida rurais e na cultura local (Guzzon et al. 2021; Mahmud 2025). O Brasil é o segundo maior exportador mundial (Erenstein et al. 2022; Gutiérrez-León et al. 2025; Andrea et al. 2018; Eckert et al. 2018; Coêlho 2024; IBGE 2025) e a crescente produtividade nacional é resultado de pacotes tecnológicos mais avançados no melhoramento genético (Siqueira et al. 2024; Obayelu e Ajayi 2018), nutrição e adubação (Oliveira et al. 2023), agricultura de precisão (Borges, Nascimento e Morgado 2022), irrigação (Oliveira et al. 2025), fitossanidade (Nelson 2019; Sousa et al. 2023) e previsões climáticas precisas (Assad 2024).

Mesmo com grande produção, pragas e doenças são fatores limitantes dos plantios e podem acarretar em perdas na produtividade, como as epidemias de ferrugem que podem acarretar até 40% (Koli et al. 2019; Silva et al. 2020, Sousa, Bonafim e Lima 2023). No Brasil, a mancha branca, a cercosporiose, a ferrugem polissora, a ferrugem tropical, a ferrugem comum e a helmintosporiose são exemplos das doenças fúngicas mais importantes na cultura do milho (Casela, Ferreira e Pinto 2006). Os fungos fitopatogênicos comprometem a área foliar, produção de fotoassimilados e qualidade de grãos (Yang e Luo 2021; Khan et al. 2022) e, geralmente, são controlados via fungicidas químicos sintéticos (Camera et al. 2019; Hawkins et al. 2019; Prestes et al. 2019; Beckerman et al. 2023, Bolzan et al. 2023). Os fungicidas sintéticos podem causar efeitos deletérios em insetos não-alvo, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Nicodemo et al. 2020; Overton et al. 2021; Tak e Sharma 2025).

Lavouras de milho são atacadas por pragas desde a semeadura até a colheita (Rosa e Barcelos 2012). A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é praga chave dessa poácea, sendo controlada tanto pelos métodos químicos quanto biológico (Parra et al. 2002; Shylesha et al. 2018; Overton et al. 2021). Entre os predadores, a espécie *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), popularmente conhecida como

“tesourinha”, é uma predadora generalista de pragas em milho irrigado e sequeiro (Lima Junior et al. 2012) e usam essas plantas para buscar refúgio e alimento que pode ser tanto pólen quanto presas das ordens Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera e Thysanoptera (Symondson, Sunderland e Greenstone 2016; Naranjo-Guevara et al. 2017; Marucci et al. 2019; Pacheco et al. 2023). Além da predação, sua presença repele as mariposas de *S. frugiperda* e impossibilita possíveis oviposições (Carvalho et al. 2019; Silva et al. 2024).

Devido ao controle de pragas ocorrer simultaneamente ao combate de fitopatógenos, buscar informações das compatibilidades dos produtos com insetos benéficos é de fundamental importância para a obtenção de sustentabilidade agrícola (Zubrod et al. 2019). As hipóteses deste trabalho foram: i) os fungicidas em aplicações tópicas são tóxicos para ninfas e adultos, bem como não afetam negativamente a capacidade reprodutiva de *D. luteipes*, ii) os fungicidas quando ingeridos por ninfas e adultos do predador afetam negativamente o seu desenvolvimento e reprodução, e iii) os fungicidas apresentam efeitos residuais para ninfas e adultos de *D. luteipes*. Para se obter informações sobre o impacto dos fungicidas em *D. luteipes*, investigou-se i) o efeito da aplicação tópica dos produtos sobre ninfas e adultos do predador, ii) efeito do consumo de ovos de *S. frugiperda* tratados com os fungicidas por ninfas e adultos, e iii) efeito do contato residual dos fungicidas em ninfas e adultos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade de fungicidas comumente utilizados em lavouras de milho para o predador *D. luteipes*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP), junto ao Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras – MG, Brasil. Os bioensaios foram conduzidos sob condições controladas de temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 14 horas e umidade relativa de $70 \pm 10\%$.

2.1 Fungicidas avaliados

A escolha dos fungicidas foi baseada na frequência de seu uso pelos produtores de milho do sul de Minas Gerais. Os produtos foram aplicados nas suas máximas doses de campo recomendadas pelos seus fabricantes (Tabela 1).

Tabela 1 – Fungicidas avaliados quanto aos seus efeitos sobre *Doru luteipes*.

Nome comercial (empresa)	Concentração/formulação	Ingrediente Ativo	Grupo químico	Dose utilizada do Produto
Bravonil 720 (Syngenta)	720 SC ¹	Chlorotalonil	Isophthalonitrile	10,0 g/L ¹
Cercobin® 875 WG (Ihara)	875 WG ²	Thiophanate-methyl	Benzimidazole	0,35 g/L
Elatus (Syngenta)	300 + 150 WG	Azoxystrobin + Carboxamide	Strobilurin + Pyrazole	1,0 g/L
Manzate (Indofil)	800 PM ³	Mancozeb	Ditiocarbamato	14,0 g/L
Opera (BASF)	133 + 50 SE ⁴	Pyraclostrobin + Epoxiconazole	Strobilurin + Triazole	5,0 mL/L
Orkestra SC (BASF)	167 + 133 SC	Pyraclostrobin + Carboxamide	Strobilurin + Fluxapiroxade	2,3 mL/L
Priori Top (Syngenta)	200 + 125 SC	Azoxystrobin + Difenconazole	Strobilurin + Triazole	5,0 mL/L

¹SC = Suspensão concentrada; ²WG = Grânulos dispersíveis em água; ³PM = Pó molhável; ⁴SE = Suspensão Encapsulada (AGROFIT, 2025).

O inseticida biológico *Beauveria bassiana*, isolado CBMAI 1306 (Auin® CE – 100,0 g/L, Agrivalle, Pouso Alegre, MG, Brasil), na dose de 3,25 mL/L e água foram utilizados como controles positivo e negativo.

2.2 Criação e manutenção de *D. luteipes*

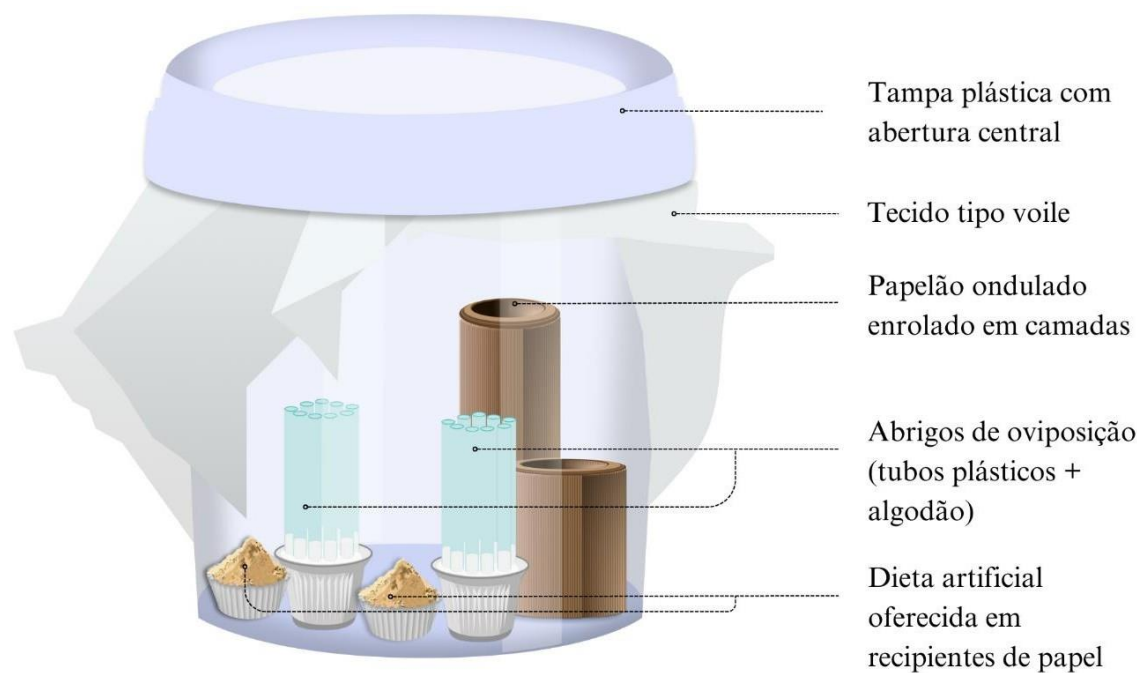
As ninfas e adultos do predador *D. luteipes* foram criados no Laboratório de Controle Biológico de Pragas do Departamento de Entomologia da UFLA. As populações foram mantidas em salas climatizadas sob temperatura de 25±2°C, fotofase de 14 horas e umidade relativa de 70±10%, conforme metodologia de Pacheco, Silva e Mendes (2023). Ninfas e adultos foram criados separadamente em gaiolas plásticas (14 de diâmetro × 20 cm de altura) cobertas com tecido *voile* e alimentados com dieta artificial conforme apresentado na Tabela 2 (Cruz, 2009). Para proporcionar umidade e abrigo, algodão umedecido e papelão sanfonado foram disponibilizados.

Nas gaiolas contendo insetos adultos foram fornecidos abrigos de oviposição, constituídos por tubos plásticos (10 cm de altura × 0,5 cm de diâmetro) com algodão em suas extremidades inferiores, os quais foram colocados em dois recipientes plásticos (50 mL) (Figura 1). Semanalmente a manutenção incluiu limpeza, troca de dieta e separação de fêmeas em cuidado maternal, ninfas e adultos em gaiolas distintas.

Tabela 2 – Ingredientes da dieta artificial usada na criação de *Doru luteipes*.

Componente	Quantidade
Ração de gato MaxCat®	350 g
Farelo de trigo	270 g
Levedura de cerveja	230 g
Leite em pó	140 g
Ácido sórbico	0,05 g
Nipagin	0,05 g

Figura 1 - Esquema ilustrado do recipiente de criação de *Doru luteipes*.



Fonte: Da autora (2024).

2.3 Criação e manutenção de *S. frugiperda*

Ovos e lagartas de *S. frugiperda* foram obtidos da criação do Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP/UFLA) e utilizados para estabelecimento da criação e posterior uso dos descendentes nos bioensaios. As populações foram mantidas em salas climatizadas, com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, fotofase de 14 horas e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. As lagartas foram alimentadas com dieta artificial adaptada de Greene et al. (1976), como consta na Tabela 3.

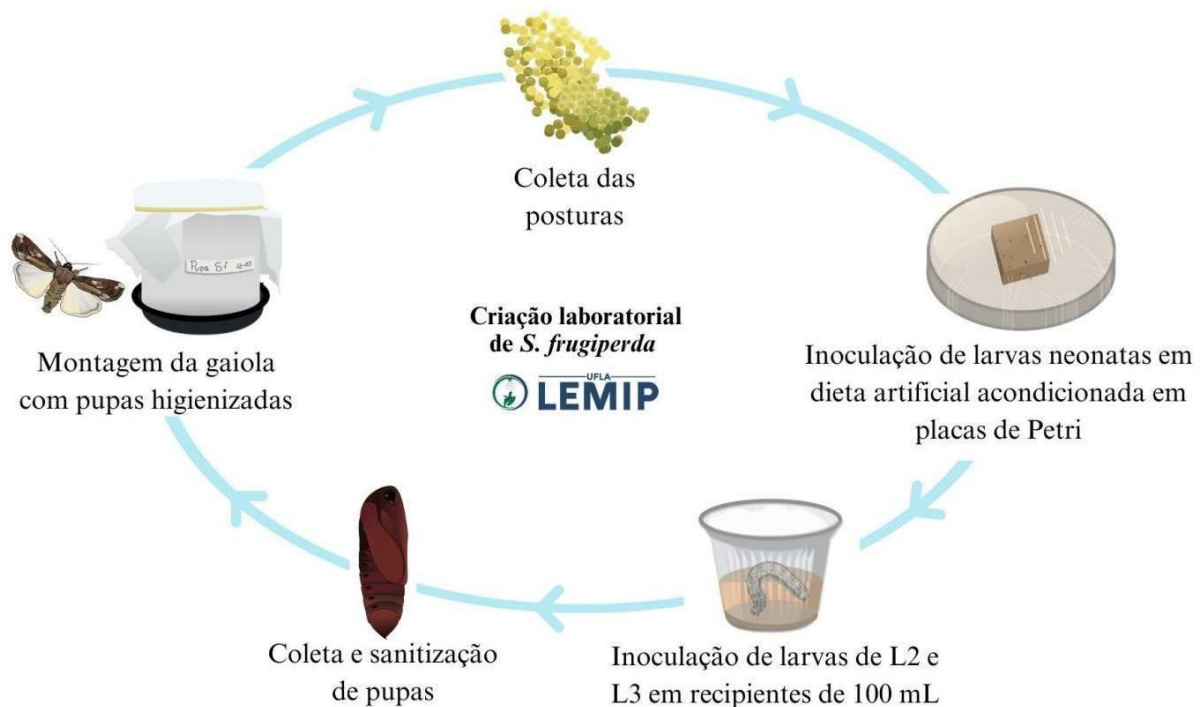
Posturas contendo os ovos foram coletadas e distribuídas em placas de Petri (150 mm $\times$ 25 mm) e, após a eclosão, as lagartas neonatas foram transferidas para novas placas com dieta. Ao atingirem os estádios de segundo (L_2) ou de terceiro instar (L_3), duas lagartas foram colocadas em recipientes plásticos (50 mL) contendo 2 mL de dieta, onde permanecem até a fase de pupa (Figura 2). As pupas formadas foram coletadas, higienizadas com hipoclorito 10% e armazenadas em gaiolas cilíndricas (17 $\times$ 15 $\times$ 14 cm) de cloreto de polivinila (PVC) revestidas internamente com papel sulfite branco A4. Cada gaiola foi disposta sobre recipiente plástico preto (20 cm de diâmetro) coberto com guardanapo e com sua parte superior fechada com tecido *voile*, que foi fixado por meio de goma elástica. Conforme a emergência dos adultos, estes foram realocados para uma nova gaiola apenas por mariposas que se alimentavam da solução de mel 10% ofertada em algodão. À cada 48 ou 72 horas, ocorreu a coleta dos ovos, higienização e troca do alimento das gaiolas para manutenção da criação.

Tabela 3 – Ingredientes utilizado na dieta artificial usada na criação de *Spodoptera frugiperda*.

Componente	Quantidade
Feijão carioca	166,66 g
Germe de trigo	79,20 g
Levedura de cerveja	50,70 g
Ácido ascórbico	5,10 g
Ácido sórbico	1,65 g
Nipagin	3,15 g
Ágar	27 g
Formol (PA)	4,15 mL
Solução inibidora ¹	4,15 mL
Água destilada	750 mL

¹Solução inibidora: ácido propiônico (18 mL); ácido fosfórico (43 mL) e água (540 mL).

Figura 2 - Esquema ilustrativo da criação de *Spodoptera frugiperda*.



Fonte: Da autora (2024).

2.4 Efeito de resíduos de fungicidas sobre ninfas e adultos de *D. luteipes*

Placas de Petri (100 mm × 10 mm) foram tratadas com 1,5 mL de calda de cada tratamento via torre de Potter (Burkard, Uxbridge, UK), calibrada à pressão de 15 lb/pol² para aplicar $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ de cada calda química conforme recomendações da International Organization for Biological Control (IOBC) (Hassan et al. 1985; Sterk et al. 1999), calibrado à pressão de 30 lb/pol². Em seguida, foram colocadas em bancadas e deixadas sob temperatura ambiente por dez minutos para evaporação do excesso de calda química. Após esse período, dez ninfas de N₄ ou cinco casais adultos com até 72 horas de idade foram expostos aos resíduos dos tratamentos durante 24 horas em placas separadamente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições, sendo cada repetição constituída por dez ninfas ou cinco casais em cada placa. As avaliações de mortalidade

ocorreram diariamente durante 10 dias para as ninfas e, para os adultos, por um período de 20 dias após a exposição aos tratamentos.

2.5 Persistência de fungicidas em contato com ninfas e adultos de *D. luteipes*

Placas de Petri (100 mm de diâmetro × 10 mm de altura) foram contaminadas com $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ de calda de cada tratamento, aplicados com aerógrafo calibrado a pressão 30 lb/pol² e, posteriormente, as placas foram submetidas a secagem completa em temperatura ambiente. Para determinar a duração do efeito tóxico, a partir de três, 10, 20 e até 30 dias após a aplicação (DAA) cinco placas por tratamento formaram cinco repetições/tratamento/dia para acondicionar 10 insetos/repetição (10 ninfas em estágio N₄ ou cinco casais com até 72 horas de idade). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições sendo 10 insetos/repetição, com ninfas em estágio N₄ ou 10 adultos. Após 24 horas da exposição aos resíduos nestes diferentes espaçamentos temporais, foi avaliada a mortalidade total para ninfas e adultos.

2.6 Efeito da aplicação tópica de fungicidas em ninfas e adultos de *D. luteipes*

Neste bioensaio, os insetos foram colocados em placas de Petri (200 mm × 10 mm) para receberem a pulverização dos tratamentos. Após a pulverização, os insetos foram colocados em novas placas que continham dieta artificial *ad libitum*, algodão umedecido com água destilada e rolos de papelão sanfonado que serviram de abrigo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições, sendo cada uma formada por cinco casais adultos com até 72 horas de idade. As avaliações foram diárias durante 20 dias, com o objetivo de avaliar os parâmetros de mortalidade diária de adultos expostos aos tratamentos, além da viabilidade dos ovos e da sobrevivência das ninfas provenientes desses indivíduos.

2.7 Efeito da ingestão de ovos de *S. frugiperda* contaminados com os fungicidas sobre ninfas e adultos de *D. luteipes*

Neste bioensaio, ovos de *S. frugiperda* com até 48 horas obtidos da criação de laboratório foram acondicionados em placas de Petri (100 mm de diâmetro × 10 mm de altura), onde receberam a aplicação de $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ de cada tratamento via torre de Potter regulada conforme subitem anterior. Após cerca de dez minutos de eliminação do excesso de calda química das superfícies dos ovos, estes foram distribuídos em novas placas de Petri (50 mm × 10 mm) contendo em jejum de 24 horas. A avaliação ocorreu em ambiente escuro, entre 19 e 21 horas, para coincidir com o horário de maior atividade alimentar e de forrageamento de *D. luteipes* (Naranjo-Guevara et al., 2017).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e 50 repetições, sendo cada repetição formada por 20 ovos tratados e uma ninfa N₄ ou uma fêmea adulta com até 72 horas de idade. A avaliação da predação ocorreu 20 minutos após a oferta dos ovos para as fêmeas. O monitoramento durante esse período foi feito com o auxílio de uma lanterna LED com foco luminoso coberto por quatro camadas de papel tipo celofane vermelho, a fim de minimizar a interferência luminosa no comportamento dos insetos. Para a avaliação da sobrevivência, foram utilizados grupos de 10 indivíduos previamente alimentados com ovos contaminados, compondo cada unidade experimental. A mortalidade foi registrada diariamente por até 120 horas.

2.8 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram conduzidas no software R, versão 4.3.2 (R Core Team 2025; <http://www.R-project.org>). Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre o consumo de ovos de *S. frugiperda* por ninfas e adultos de *D. luteipes*, os dados foram submetidos à análise de variância unifatorial (ANOVA) utilizando a função {aov}. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$), através da função {TukeyHSD} do pacote multcomp, para identificar os pares de tratamentos diferentes. Os dados de sobrevivência foram analisados com base no tempo e mortalidade na variável indicadora de censura (0 = censurado; 1 = mortalidade), por meio da função {survfit}, com ajuste de curvas de sobrevivência segundo o método de Kaplan-Meier. A comparação entre os tratamentos foi realizada pelo teste de Log-

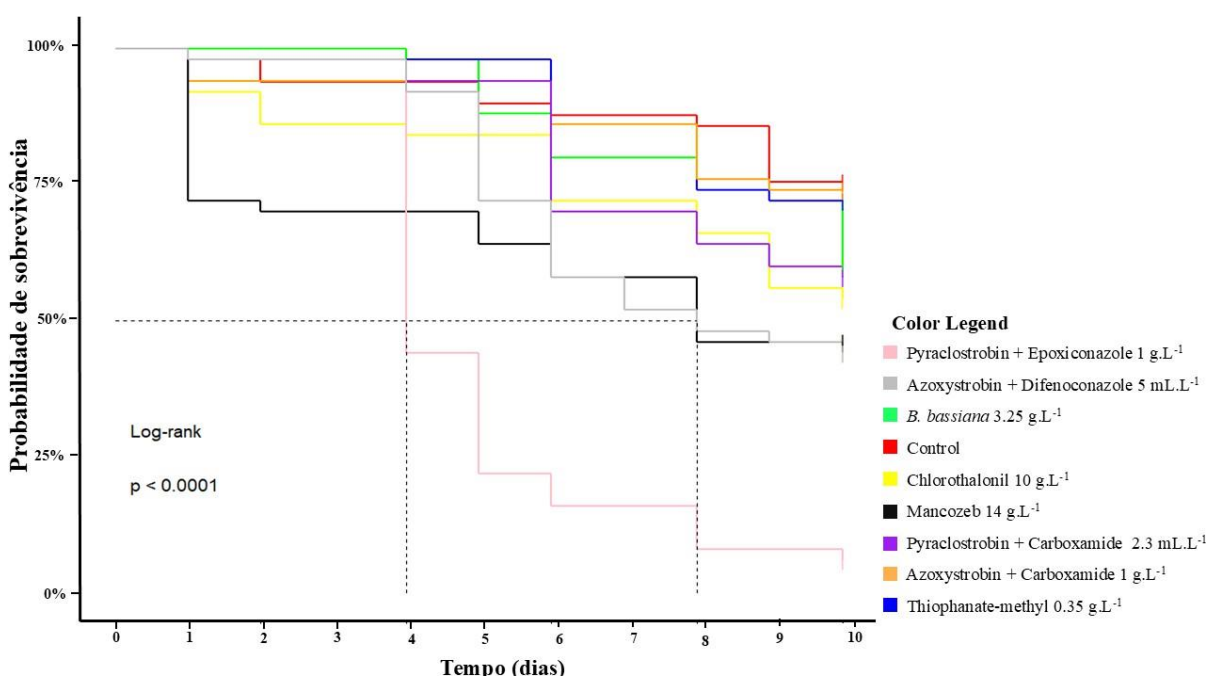
Rank (Mantel-Cox) por meio da função {survdif}. Análises entre os diferentes grupos experimentais foram conduzidas com a função pairwise {survdif} do pacote survminer, com a correção dos valores de p pelo método FDR (*False Discovery Rate*) para controle do erro do tipo I em comparações múltiplas.

3 RESULTADOS

3.1 Efeito de resíduos de fungicidas sobre ninfas e adultos de *D. luteipes*

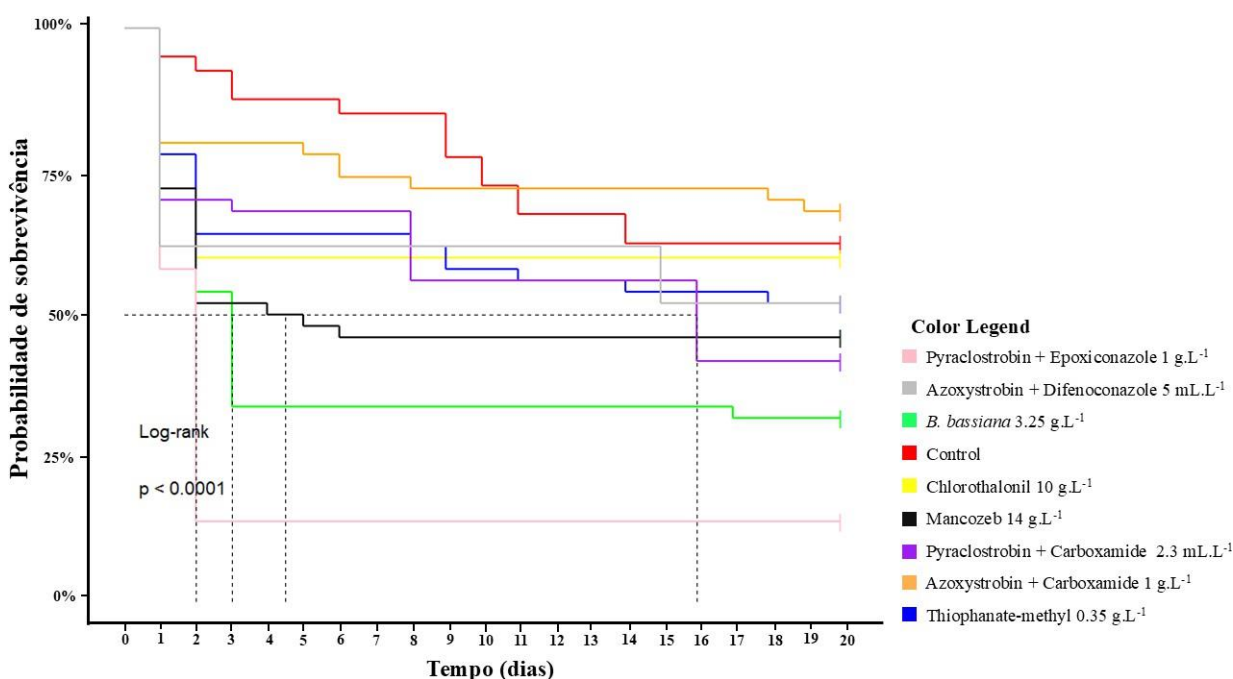
Para ninfas N₄ de *D. luteipes*, o fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole foi o que apresentou menor tempo mediano letal mediano (TL₅₀), seguido por azoxystrobin + difenoconazole e mancozeb, sendo que os demais tratamentos não causaram 50% de mortalidade até o décimo dia de avaliação ($\chi^2 = 142$; gl = 8; $p < 0,0001$) (Figura 3).

Figura 3 – Curvas de sobrevivência para ninfas de quarto instar de *Doru luteipes* expostas aos resíduos dos fungicidas em superfície inerte.



Para adultos de *D. luteipes*, o fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole reduziu em cerca de 50% o TL₅₀ no segundo dia de avaliação, seguido por mancozeb causou a mesma redução no quarto dia e pyraclostrobin + carboxamida a reduziram o TL₅₀ no 16º dia, reduziu o TL₅₀. Os demais fungicidas não diferiram do controle positivo e não apresentaram TL₅₀ até os 20 dias de avaliações ($\chi^2 = 54$; gl = 8; $p < 0,0001$) (Figura 4).

Figura 4 – Curvas de sobrevivência para adultos de *Doru luteipes* expostos aos resíduos dos fungicidas em superfície inerte.



3.2 Persistência de fungicidas em contato com ninfas e adultos de *D. luteipes*

De acordo com o dendrograma obtido por meio da metodologia de ligação ward. D2 (correlação cofenética = 0,79 para ninfas os tratamentos fungicidas foram categorizados em três grupos. O controle positivo (*B. bassiana*) juntamente com chlorotalonil e o controle negativo (água) formaram o grupo menos tóxico para ninfas, enquanto thiophanate-methyl e azoxystrobin + carboxamide foram enquadrados no grupo dois com toxicidade intermediária, e o grupo três foi constituído pelos demais tratamentos que se mostraram mais nocivos (Figura 5). Referente aos insetos adultos, verifica-se no dendrograma (correlação cofenética = 0,77) a

formação também de três grupos, sendo que todos os tratamentos diferiram do controle negativo, demonstrando toxicidade para o predador (Figura 6).

Figura 5 – Dendrograma de agrupamento (construído pelo método de ligação *ward.D2*) dos tratamentos com base na dissimilaridade (distância euclidiana) de seus efeitos na mortalidade de ninfas de quarto ínstar de *Doru luteipes*.

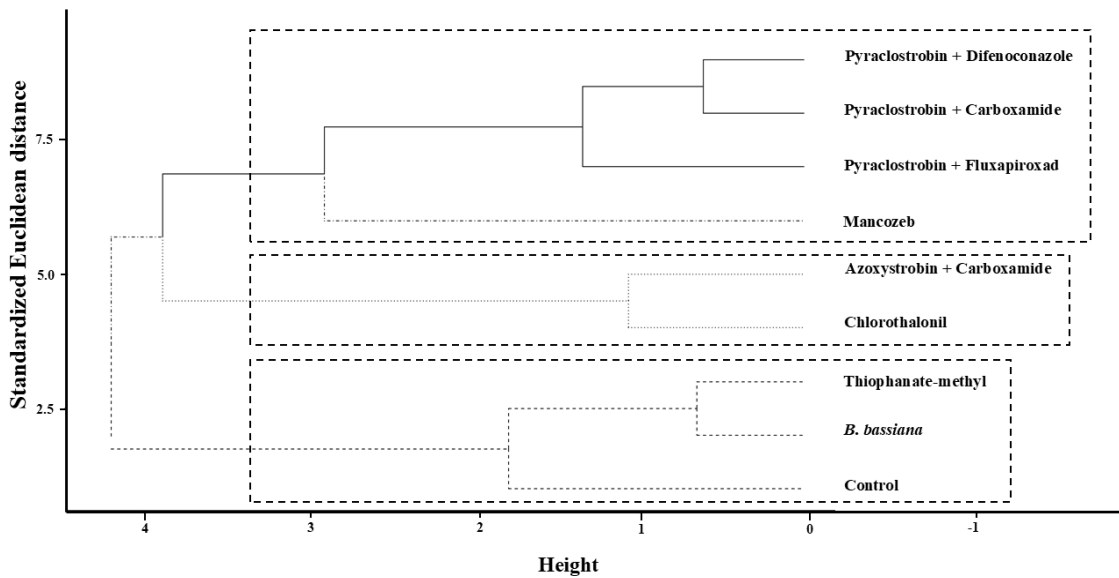
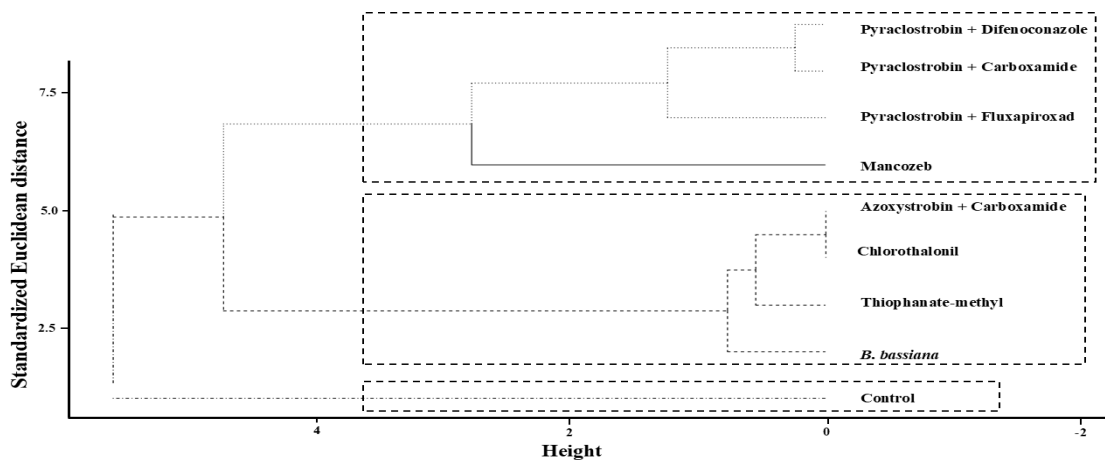
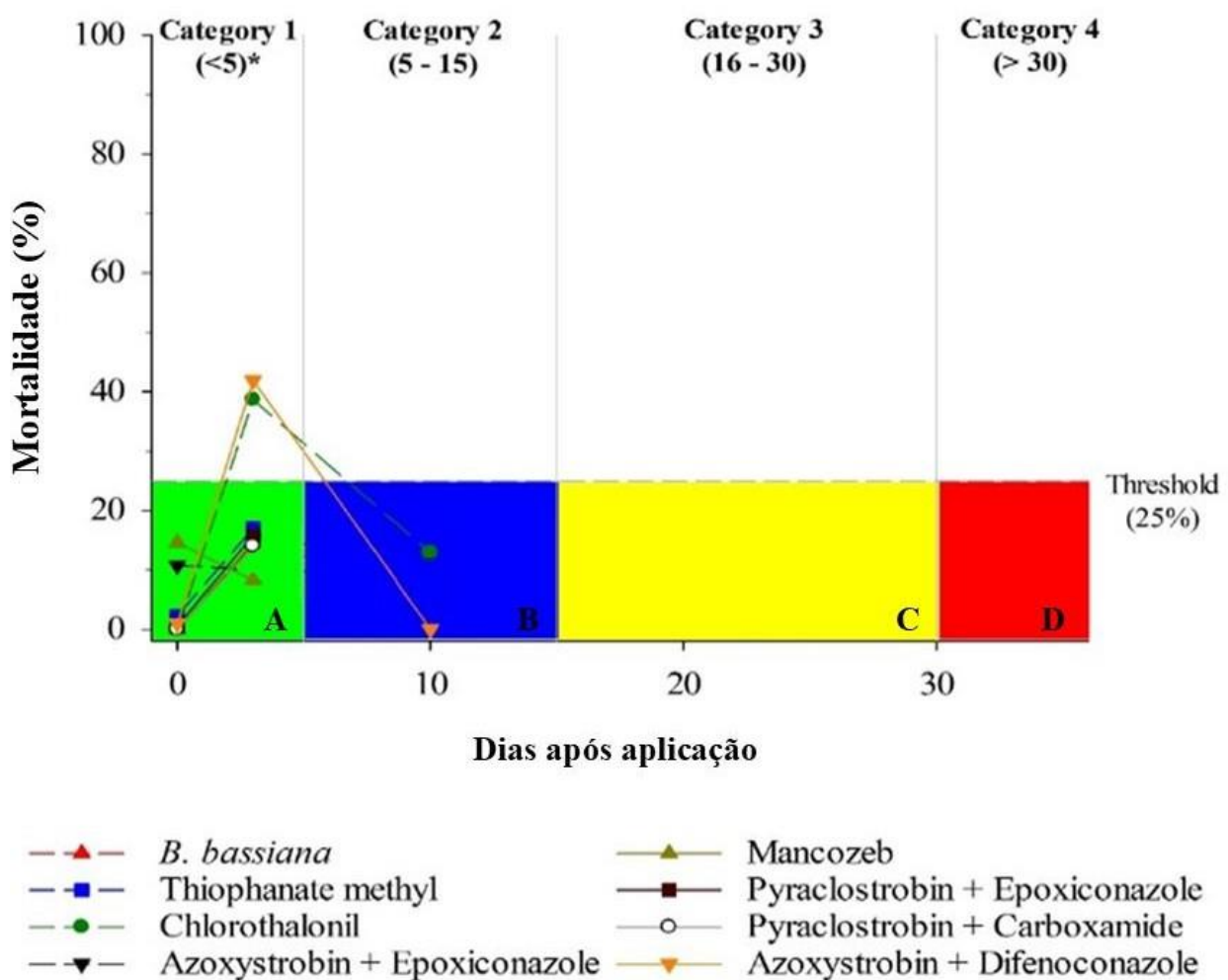


Figura 6 – Dendrograma de agrupamento (construído pelo método de ligação *ward.D2*) dos tratamentos com base na dissimilaridade (distância euclidiana) de seus efeitos na mortalidade de adultos de *Doru luteipes*.



Os produtos *B. bassiana*, thiophanate-methyl, azoxystrobin + carboxamide, mancozeb, pyraclostrobin + epoxiconazole e pyraclostrobin + carboxamide foram classificados de vida curta para as ninfas (classe A), ou seja, em menos de cinco dias permitiram mais de 70% de sobrevivência dos insetos. Enquanto chlorotalonil e axozystrobin + difenoconazole foram classificados como pouco persistentes, visto que somente no intervalo de cinco a 15 dias permitiram mais de 70% de sobrevivência das ninfas em superfície inerte (Figura 7).

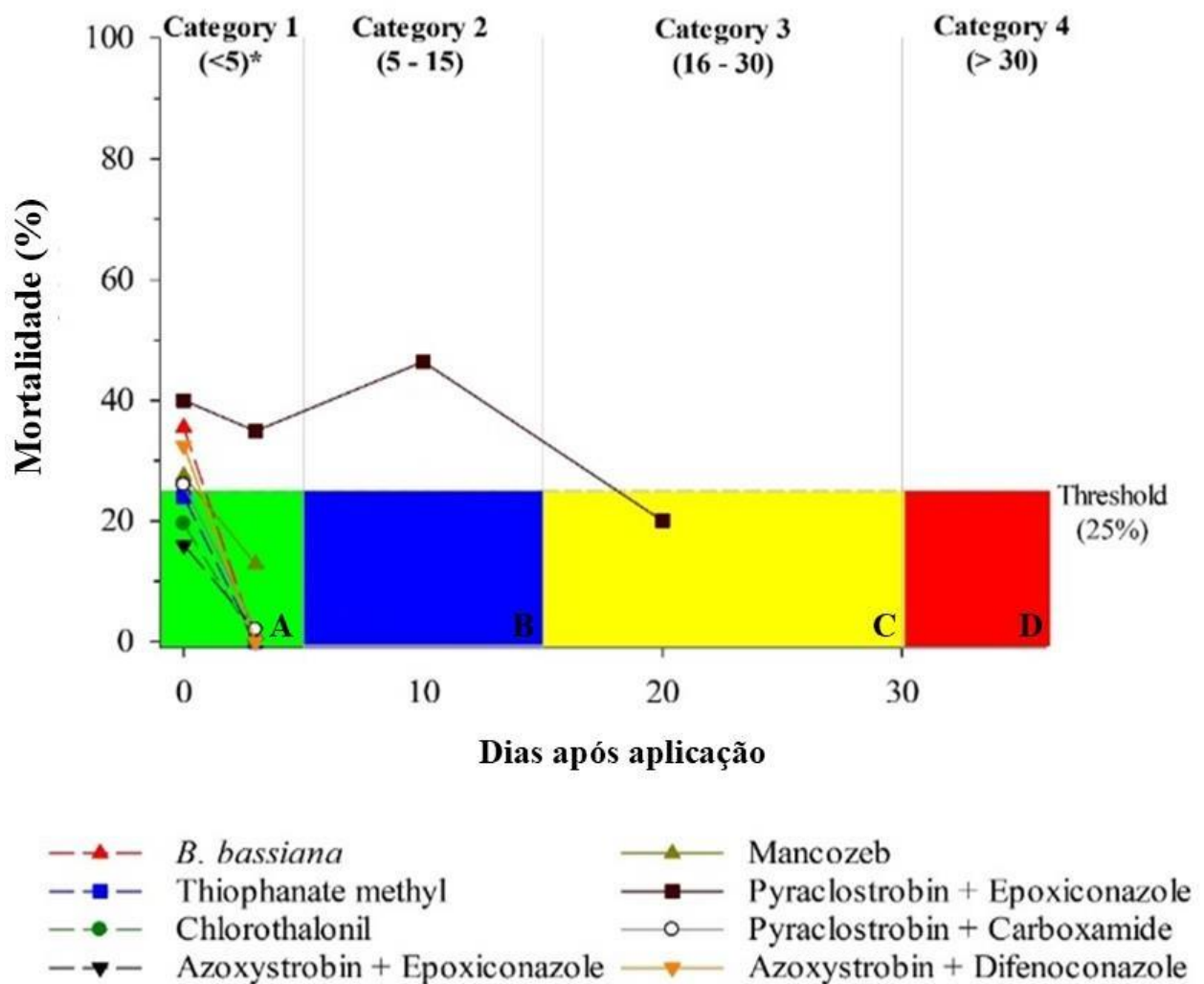
Figura 7 – Mortalidade corrigida (média $\pm$ EP) de ninfas (n=50) de *Doru luteipes* expostas aos resíduos (0, 3, 10 e 20 dias após a pulverização) de fungicidas aplicados sobre a superfície de placas de Petri.



Os inseticidas foram classificados em classes de persistência (A = curta duração, B = levemente persistente, C = moderadamente persistente e D = persistente), de acordo com a metodologia da IOBC (Hassan et al., 1985; Hassan et al., 1997; Sterk et al., 1999). Os números acima das barras de erro indicam as classes de toxicidade da IOBC (1 = inócuo, 2 = levemente nocivo, 3 = moderadamente nocivo e 4 = nocivo).

Referente ao efeito residual dos tratamentos para adultos de *D. luteipes*, os fungicidas thiophanate-methyl, chlorotalonil, azoxystrobin + carboxamide, mancozeb, pyraclostrobin + carboxamide e azoxystrobin + difenoconazole foram, foram classificados como de vida curta, enquanto pyraclostrobin + epoxiconazole se mostrou moderadamente persistente (Figura 8).

Figura 8 – Mortalidade corrigida (média $\pm$ EP) de adultos com até 72 horas de vida (n=50) de *Doru luteipes* expostas aos resíduos (1, 3, 10 e 20 dias após a pulverização) de fungicidas aplicados sobre a superfície de placas de Petri.

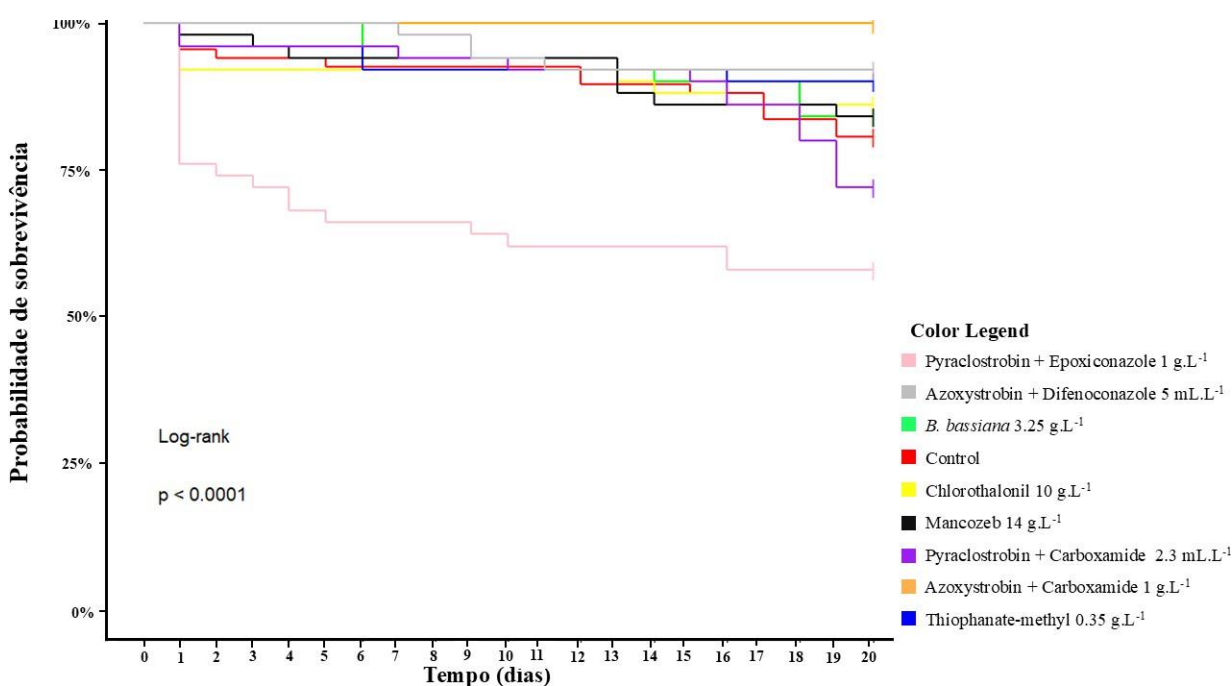


Os inseticidas foram classificados em classes de persistência (A = curta duração, B = levemente persistente, C = moderadamente persistente e D = persistente), de acordo com a metodologia da IOBC (Hassan et al., 1985; Hassan et al., 1997; Sterk et al., 1999). Os números acima das barras de erro indicam as classes de toxicidade da IOBC (1 = inócuo, 2 = levemente nocivo, 3 = moderadamente nocivo e 4 = nocivo).

3.3 Efeito da aplicação tópica de fungicidas em adultos de *D. luteipes*

Os fungicidas ao longo dos 20 dias de avaliação não afetaram a sobrevivência dos adultos. Entretanto, o fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole já nas primeiras 24 horas causou 25% de mortalidade dos insetos, alcançando cerca de 40% aos 20 dias da aplicação tópica (Figura 9).

Figura 9 – Curvas de sobrevivência de adultos de *Doru luteipes* tratados topicamente com os fungicidas.



Os fungicidas avaliados não reduziram a oviposição total com médias variando de 71,8±8,09 a 113±8,27 ovos ($F_8 = 0,88$; $p > 0,1$). Referente à viabilidade dos ovos, também não

foi observado efeito negativo dos fungicidas, com médias que oscilaram de $13,2 \pm 7,89$ a $48 \pm 22,3$ ninfas ($F_8 = 3,19$; $p > 0,1$).

3.4 Efeito da ingestão de ovos de *S. frugiperda* contaminados com os fungicidas sobre ninfas e adultos de *D. luteipes*

Para as ninfas N_4 de *D. luteipes*, os fungicidas não reduziram o consumo de ovos tratados ($F_8 = 1,455$; $p > 0,1$), sendo que o consumo variou entre $14,0 \pm 0,913$ e $17,2 \pm 0,827$ ovos entre os tratamentos (Figura 10). Ao consumir ovos de *S. frugiperda* tratados, *B. bassiana* provocou 50% de mortalidade de ninfas de N_4 em três dias, seguido por chlorothalonil, pyraclostrobin + carboxamide e pyraclostrobin + fluxapiroxad causaram 50% de mortalidade aos quatro dias ($p < 0,0001$) (Figura 11).

Figura 10 – Número de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com fungicidas consumidos por ninfas de quarto ínstar de *Doru luteipes*

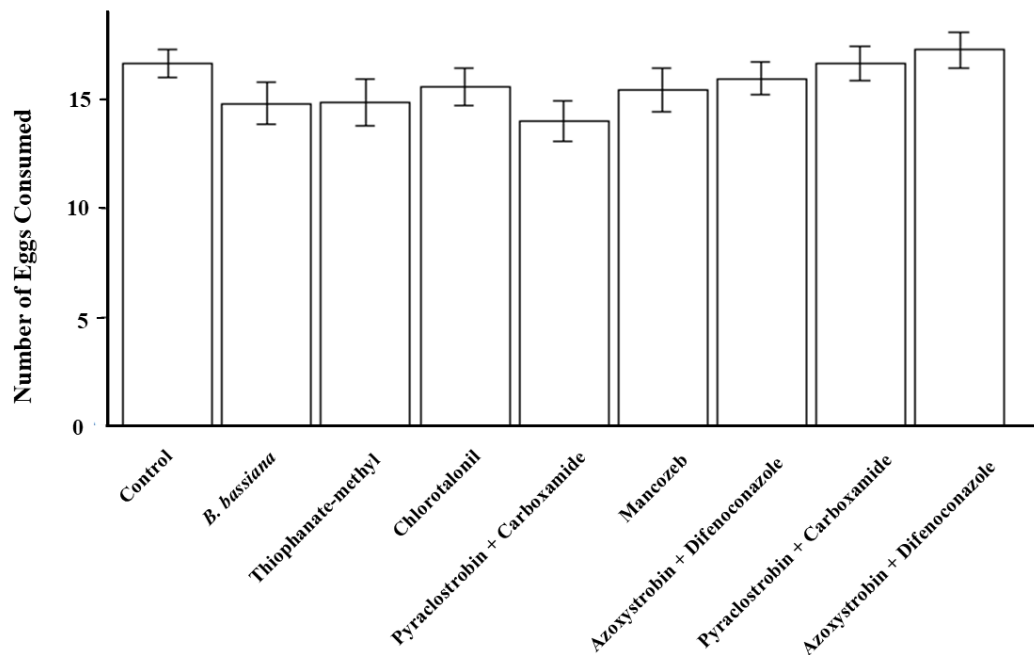
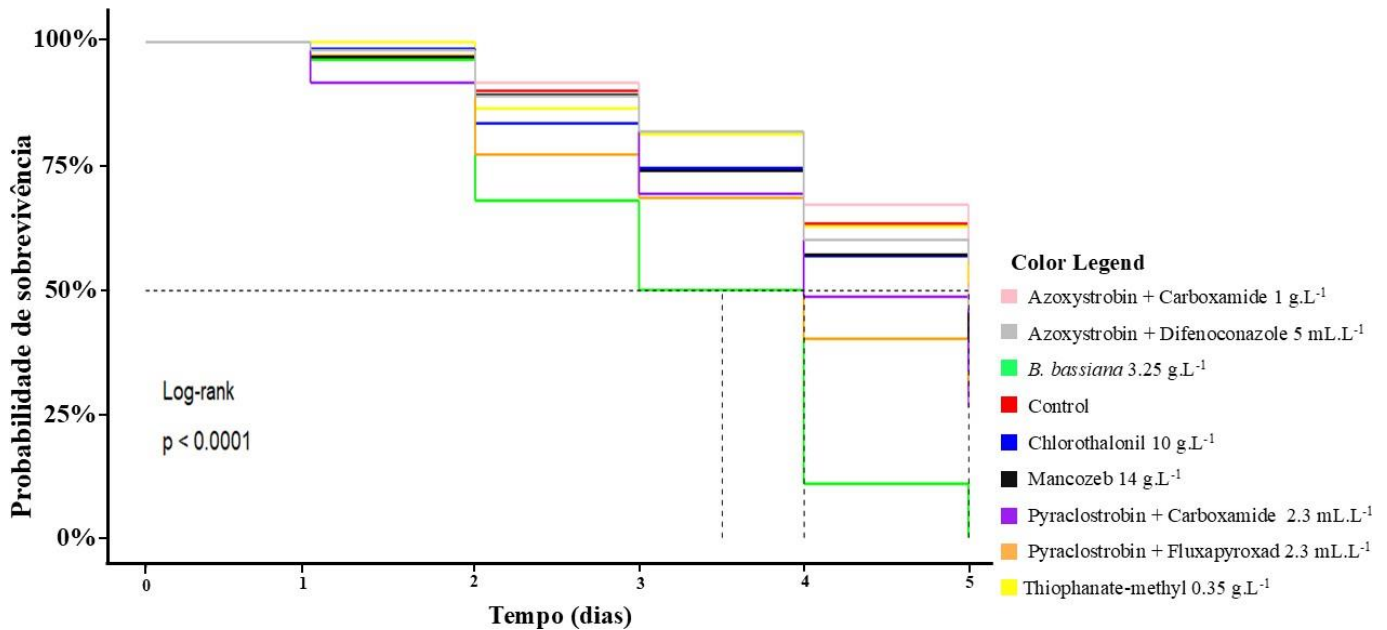


Figura 11 – Curvas de sobrevivência de ninfas de quarto ínstar de *Doru luteipes* após o consumo de ovos de *Spodoptera frugiperda* contaminados com os fungicidas.



Para as fêmeas de *D. luteipes*, não houve redução no consumo de ovos contaminados pelos tratamentos ($F_8 = 1,455$; $p > 0,1$), onde o consumo variou entre $19,3 \pm 0,411$ a $20,0 \pm 0,04$ ovos de *S. frugiperda* (Figura 12). Referente à mortalidade das fêmeas após o consumo de ovos contaminados, os fungicida mancozeb e azoxystrobin+difenconazole causaram 50% de mortalidade (Figura 13).

Figura 12 – Número de ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com fungicidas consumidos por fêmeas de *Doru luteipes*

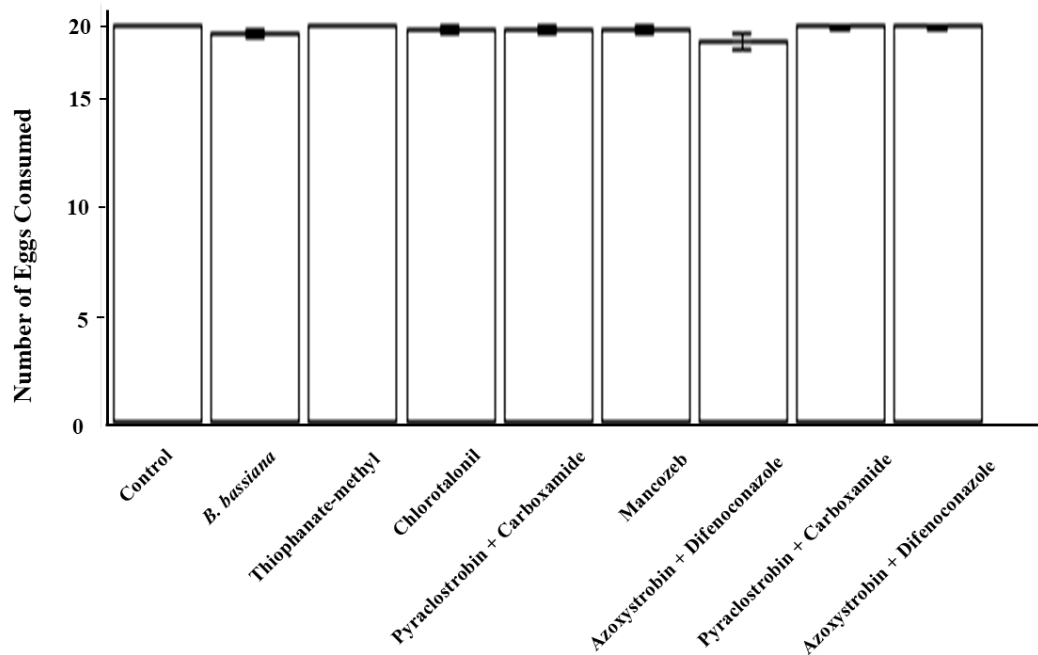
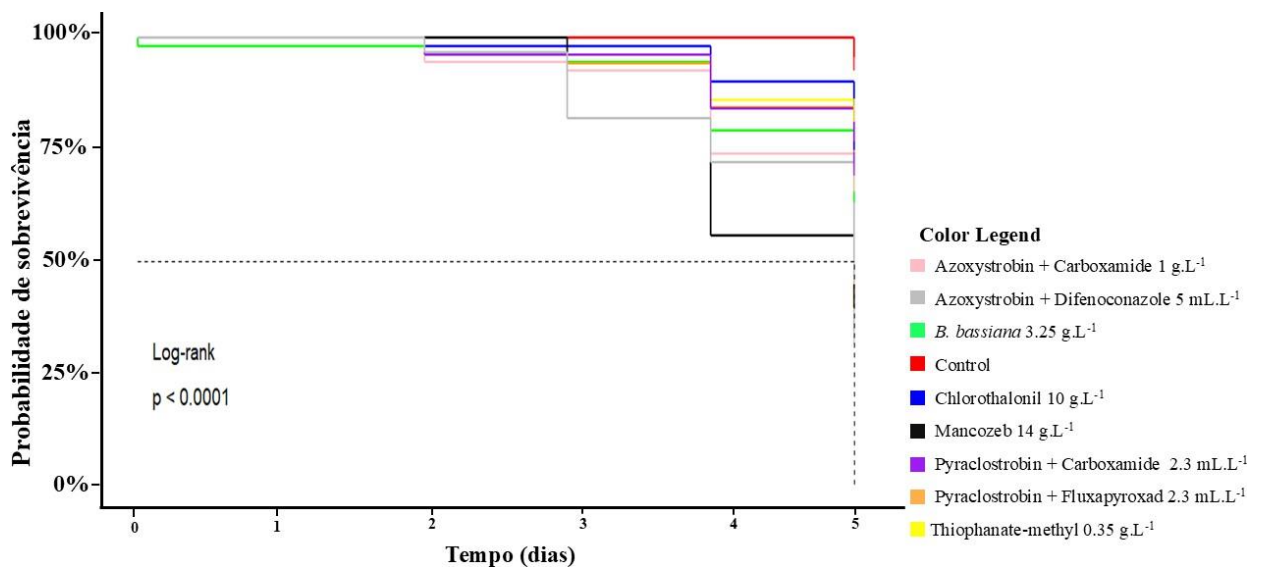


Figura 13 – Curvas de sobrevivência de fêmeas adultas de *Doru luteipes* após o consumo de ovos de *Spodoptera frugiperda* contaminados com os fungicidas.



DISCUSSÃO

Este é o primeiro relato sobre a avaliação da toxicidade de fungicidas sintéticos e de *B. bassiana* em ninfas e adultos de *D. luteipes*. Entretanto, os efeitos de fungicidas contendo os mesmos ingredientes ativos já foram descritos previamente para outros artrópodes benéficos, incluindo *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Telenomus podisi* (Ashmead, 1881) (Hymenoptera: Platygasteridae), *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) e *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae, McGregor) (Carvalho, Parra e Baptista 2001; 2003; Pazini et al. 2016; Santos et al. 2023). Devido ao potencial impacto de fungicidas sobre inimigos naturais, pesquisas que investiguem estas possíveis interações são importantes para programas de MIP na cultura do milho (Serrão et al. 2022).

O contato residual com os produtos pyraclostrobin + epoxiconazole, azoxystrobin + difenoconazole e mancozeb causou redução da sobrevivência de ninfas e adultos de *D. luteipes*, sendo os efeitos negativos mais pronunciados nos adultos, refletidos em maiores reduções no TL_{50} . Assim como observado para *D. luteipes*, outros fungicidas à base da combinação fluopyram + tebuconazole também não apresentaram efeitos deletérios sobre *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae) (Jana et al. 2021). Contudo, exposições prolongadas aos pesticidas podem permitir que pequenas quantidades de substâncias ativas penetrem no organismo dos insetos, especialmente em ninfas, e atuem de forma cumulativa, resultando no incremento da mortalidade ao longo do tempo (Leite et al. 1998).

A exposição via superfície contaminada com fungicidas utilizados causou maior toxicidade dos fungicidas ao predador. Sabe-se que o contato imediato com o ambiente, aderência aos substratos, percepção e absorção de produtos ocorrem pelos tarsos (Jabaud; Moussian 2024) e neste sentido, mesmo que os dermápteros tenham comportamento de limpeza do seu corpo com suas peças bucais, o contato prolongado com estes produtos pode favorecer a concentração e absorção dos compostos pelo tegumento (Langston e Powell 1975). Tanto o contato próximo durante o forrageamento quanto o comportamento de limpeza podem ocasionar conflitos e, conseqüentemente, a mortalidade dos indivíduos mesmo sem a ação direta de tratamentos químicos (Lamb 1975; Dodgen e Iyengar 2019; Markova e Maslov 2023).

A morfologia desempenha é crucial ao que se refere à penetração dos produtos nos insetos. Nesse contexto, observa-se que tesourinhas de espécies como *Apterygida media* (von Muhlfield, 1825) (Dermaptera: Forficulidae) e *F. auricularia* não apresentam aróleos nem euplantulas esclerotizados e possuem, no entanto, cerdas especializadas nos tarsômeros 1 e 2.

Essas adaptações morfológicas podem influenciar diretamente na absorção e penetração de produtos aplicados (Haas e Gorb 2004). Assim, a alta capacidade locomotora e a morfologia tarsal sem presença de estruturas mais esclerotizadas favorecem o contato, absorção e aderência com os resíduos de fungicidas. Em contrapartida, a absorção via tarsal carece de atenção para aplicar em estratégias de controle seletivo e local (Jabaud e Moussian 2024). Os estudos demonstram que a partir do contato tarsal, *F. auricularia* não apresentou redução na longevidade após contato com os fungicidas fluopyram (200 g/L) tebuconazole (200 g/L) e enxofre (800 g/kg) utilizados em pomares de frutíferas (Niedobová et al., 2020). Para outros predadores, como o mirídeo *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae), o contato com os fungicidas benomyl, chlorotalonil (2,13 mL/L), penconazole (12,5 mL/hl), trifloxystrobin (20 mL/hl), fluopicolide + propamocarb hydrochlorid (160 mL/hl) também não causam efeitos deletérios acentuados (Madbouni et al. 2017).

Em contrapartida, existem resíduos de fungicidas que afetam outros insetos, como propiconazole que foi tóxico para a traça-das-roupas *Tineola bisselliella* Hummel (Lepidoptera: Tineidae) e provocou efeito deterrente em *Anthrenocerus australis* (Hope) (Coleoptera: Dermestidae) na aplicação direta ou sob substratos contaminados (Pratisoli et al. 2010; Saraiva 2019; Setyawan et al. 2020). A exposição residual aos produtos chlorotalonil, thiophanate-methyl, tebuconazole e mancozeb reduziu a emergência e o parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos da broca-das-curcubitáceas *Diaphania hyalinata* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pyralidae), prejudicaram o comportamento e o metabolismo de *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) e causaram mortalidade de adultos do polinizador *Elaeidobius kamerunicus* (Faust, 1898) (Coleoptera: Curculionidae) (Setyawan et al. 2020; Saraiva et al. 2021).

Os impactos decorrentes dos resíduos evidenciam a importância de considerar a persistência ao longo do tempo além da toxicidade aguda. A classificação de persistência indicou que a maioria dos produtos avaliados no presente estudo se enquadra como vida curta (classe A), de acordo com a fase de desenvolvimento de *D. luteipes*. Geralmente os fungicidas possuem lipofilicidade moderada devido aos valores de coeficiente médio de partição octanol-água (log Kow) que é de cerca de 3,2, que indica a correlação positiva entre a quantidade de fungicida adsorvida em relação ao teor de carbono orgânico das moléculas. A adsorção ao carbono orgânico de 6,9 (log Kow) indica a forte tendência de adesão a superfícies orgânicas, principalmente em ambientes aquáticos (Zhang et al. 2018; Zubrod et al. 2019). Além disso,

características como persistência, degradação e resistência à hidrólise de fungicidas são variáveis consideradas de moderada a altamente persistentes, com meia-vida (DT_{50}) no solo de 54 dias, semelhante aos grupos dos herbicidas e inseticidas. Logo, ao relacionar os hábitos de *D. luteipes* em locais úmidos e ricos em matéria orgânica, possivelmente os ambientes agrícolas prolongam o contato destes insetos aos resíduos dos fungicidas.

A aplicação tópica dos fungicidas não alterou significativamente a sobrevivência, a fecundidade ou a viabilidade das ninfas provenientes de adultos tratados, enquanto para as ninfas de quarto ínstar os produtos azoxystrobin + carboxamide e thiophanate-methyl reduziram o TL_{50} em cerca de 25% em relação ao controle. Não houve constatação dos efeitos subletais, uma vez que não se observou redução na oviposição e viabilidade dos ovos. Fatores como menores quantidades e períodos de tempo de exposição, ativação de vias de detoxificação da espécie, espessamento do tegumento e suas barreiras físico-químicas resultaram em menores taxas de mortalidade na aplicação tópica dos fungicidas e proteção contra toxinas e substâncias nocivas no ambiente (Wang et al 2020, Moussian 2010, Appel et al. 2023). Além disso, o cuidado maternal e o desenvolvimento de ovos e ninfas de *F. auricularia* mostrou-se constante às aplicações do agonista de hormônio juvenil pyriproxyfen, (Merleau et al. 2022). Inclusive, a pulverização via torre de Potter da dose 3 ml de solução de mancozeb (Dithane®) causaram baixa toxicidade para *F. auricularia* (Nicholas e Thwaite 2003). Em campo, esta espécie parece desenvolver algum grau de resistência a pesticidas ao longo do tempo, onde fungicidas como enxofre e fluopiram+ tebuconazol, não apresentaram efeito sobre a tesourinha-europeia e corroboram para suposições acerca da segurança para artrópodes benéficos. (Sterk et al 1999, Pékar 2012, Niedobová et al. 2020).

A contaminação via resíduos através do contato tarsal permitiu maior absorção e, consequentemente, mortalidade mais acentuada para ninfas e adultos de *D. luteipes*. Esse efeito pode ter sido potencializado pelo intervalo de exposição de 24 horas e pela aplicação em superfície inerte, que não absorve e nem interage com os tratamentos. A mortalidade dos insetos adultos apresentou-se baixa, possivelmente devido à menor taxa de penetração dos produtos por conta de características intrínsecas do tegumento, como a espessura e esclerotização que conferem proteção física e mecânica (Leite et al. 1998; Haas et al. 2000; Appel et al. 2023). Embora haja o cuidado maternal nos primeiros ínstares ninfais (Boos et al. 2025), esse comportamento não permanece para as ninfas N_4 e a redução do TL_{50} nesta última fase ninfal pode estar relacionado com a sensibilidade e fragilidade tegumentar das ninfas em comparação

aos insetos adultos (Redoan et al. 2013). Quanto à fertilidade das fêmeas e a viabilidade ninfal, a presença das mães e a realização do cuidado maternal foram determinantes para garantir o sucesso da prole em relação ao efeito dos tratamentos (Moreira et al. 2023). Como as tesourinhas são artrópodes univoltinos fortemente relacionados com a agricultura, podem substancialmente afetadas pelas práticas agrícolas dos produtores. Assim, conhecer as tomadas de decisão dos produtores e os pesticidas utilizados em campo são cruciais para moldar os esforços futuros de conservação dos dermápteros (Niedobová et. al 2021).

A ingestão de presas contaminadas apresentou menor impacto, pois os tratamentos não influenciaram na quantidade de presas consumidas e apenas alguns tratamentos reduziram o TL_{50} , sendo que apenas *B. bassiana* causou 50% de mortalidade em três dias, chlorotalonil, pyraclostrobin + carboxamide e pyraclostrobin aos cinco dias de avaliação. Para as fêmeas, apenas mancozeb e azoxystrobin + difenoconazole reduziram a TL_{50} para cinco dias apresentou decréscimo de 50% na mortalidade no quinto dia de avaliação. A ausência de efeitos no consumo de ovos de *S. frugiperda* contaminados demonstra a atuação de mecanismos adicionais de detoxificação via oral, a manutenção da voracidade predatória mesmo diante de presas contaminadas e a possível influência de interações com microrganismos associados.

Em relação ao potencial inócuo dos tratamentos, a alimentação e a sobrevivência após a ingestão de alimento contaminado, *F. auricularia* demonstrou resistência a metais pesados, como o cádmio, sem alterações comportamentais do cuidado maternal (limpeza, antenação, movimentação, agrupamento, defesa e recuperação), exploração, períodos de inatividade, auto-limpeza, sobrevivência, tempo de desenvolvimento embrionário, taxa de eclosão e peso das ninfas (Honorio et al. 2023). Essa resistência também se estende a certos pesticidas agrícolas; por exemplo, o herbicida RoundUp e alguns fungicidas que não afetaram adultos nem ninfas da espécie (Holý e Stará 2020, Pasquier et al. 2025). Em contrapartida, inseticidas como a deltametrina podem causar efeitos deletérios tanto no comportamento quanto na alimentação desse dermáptero (Mauduit et al. 2021).

A toxicidade de determinados pesticidas ocorre pelo contato tarsal, mas não é tóxica por via oral devido à ação de hidrólise e açúcares formados que alteram seu efeito (Rajashekar et al. 2012). Os insetos são capazes de detoxificar o seu organismo de substâncias tóxicas diversas por meio de diversos mecanismos e se tornarem resistentes aos agentes estressores (Itoh et al. 2018). Os principais mecanismos são a simbiose com organismos mutualistas, genes especializados, insensibilização dos sítios de ação, excreção, espessamento tegumentar,

enzimas detoxificantes, alterações comportamentais e ativações genéticas (Zhao et al. 2022; Thia et al. 2025).

Sob esta perspectiva, os dermápteros possuem uma relação próxima com microrganismos e que demanda atenção sobre a possível ação na metabolização de pesticidas (Roulin et al. 2014). Insetos de outras famílias como o percevejo-da-soja *Riptortus pedestris* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Alydidae) possui uma relação específica com a bactéria *Burkholderia* que é capaz de deteriorar o pesticida fenitrothion e impedir tanto a redução das colônias quanto a mortalidade dos percevejos (Tago et al. 2015). Embora ainda não seja possível afirmar que, em campo, a resistência promovida pelos simbiossiontes seja significativa para reduzir a mortalidade, estes microrganismos auxiliam na degradação de pesticidas (Werren 2012). Segundo Jaffar et al. (2022), a microbiota intestinal de insetos pode tanto ser reduzida pela ação de pesticidas, quanto aumentar pela degradação e utilização destes compostos para obter carbono, enxofre e energia. Em abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae), o fungicida à base de boscalid ou a sua mistura com pyraclostrobin não interferem na microbiota intestinal em dosagens altas e baixas, como também não reduz a sobrevivência desses insetos (DeGrandi-Hoffman et al. 2017; Paris et al. 2020).

Apesar da toxicidade de alguns fungicidas, estudos têm demonstrado que determinados produtos podem ser seletivos a inimigos naturais em agroecossistemas. Fungicidas como copper hydroxide, tebuconazole + trifloxystrobin, mancozeb, azoxystrobin, chlorothalonil e cimoxanil + mancozeb mostraram-se seletivos para *T. pretiosum* (Santos et al. 2023), enquanto epoxiconazole + kresoxim-methyl foi inócuo a *Telenomus podisi* (Pazini et al. 2016). Baixa toxicidade também foi observada para o ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) exposto a azoxystrobin, metiram + pyraclostrobin e tebuconazole + azoxystrobin (Amarasekare, Shearer e Mills 2016; Carmo et al. 2009; Silva et al. 2019), assim como para *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) e *T. pretiosum* em contato com o fungicida chlorothalonil (Carvalho e Parra 2001; Carvalho, Parra e Baptista 2003; Santos et al. 2023). Diante da variação de respostas entre espécies, pesquisas a respeito de seletividade de fungicidas são fundamentais para a conservação de agentes de controle biológico em programas de manejo integrado de pragas (Pasini et al. 2022; Sánchez-Bayo 2021).

2 CONCLUSÃO

Os fungicidas, em aplicação tópica, são seletivos a adultos do predador *D. luteipes*.

Os resíduos dos fungicidas pyraclostrobin + epoxiconazole, azoxystrobin + difenoconazole, mancozeb e *B. bassiana* são tóxicos para ninfas e adultos de *D. luteipes*.

A maioria dos fungicidas é classificada como vida curta para ninfas N₄ e adultos de *D. luteipes*, exceto chlorotalonil e axozystrobin + difenoconazole para ninfas (classe B) e pyraclostrobin + epoxiconazole para adultos (classe C).

Os fungicidas não afetam o consumo de ovos de *S. frugiperda*, onde chlorotalonil, pyraclostrobin + carboxamide e pyraclostrobin afetam a sobrevivência das ninfas e f reduzem a sobrevivência das fêmeas após a ingestão de presas contaminadas.

A toxicidade varia conforme a via de exposição, sendo que resíduos em superfície mais letais para ninfas e a ingestão de presas contaminadas são menos impactantes.

REFERÊNCIAS

- Amarasekare, K. G., Shearer, P. W., & Mills, N. J. (2016). Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. *Biological Control*, 102, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.015>
- Andrea, M. C. S., Boote, K. J., Sentelhas, P. C., & Romanelli, T. L. (2018). Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. *Agricultural Systems*, 165, 264–273. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.004>
- Sousa, J. A. S, Bonafin, M., & Lima, R. P. (2023). Low corn production yield related to fungal diseases. *JNT Facit Business and Technology Journal*, 2, 659-680. ISSN: 2526-4281
- Appel, E., Michels, J., & Gorb, S. N. (2024). Resilin in insect flight systems. *Advanced Functional Materials*, 34(35). <https://doi.org/10.1002/adfm.202215162>
- Assad, E. D., & Assad, M. L. R. C. L. (2024). Mudanças do clima e agropecuária: Impactos, mitigação e adaptação. Desafios e oportunidades. *Estudos Avançados*, 38(112), 271–292. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.015>
- Beckerman, J., Palmer, C., Tedford, E., & Ypema, H. (2023). Fifty years of fungicide development, deployment, and future use. *Phytopathology*, 113(4), 694–706. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-22-0399-IA>
- Bolzan, F. T., Follmann, D. N., Rosa, G. B., Lúcio, A. D. C., Streck, E. A., Eggers, H., Bisognin, J., & Marchioro, V. S. (2023). Viabilidade econômica associada ao manejo de fungicida na cultura do milho em região subtropical. *Delos: Desenvolvimento Local Sustentável*, 16(46), 2061–2081. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-007>
- Borges, L. C., Nascimento, A. R., & Morgado, C. M. A. (2022). Agricultura de precisão: Ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. *Scientific Electronic Archives*, 15(3). <https://doi.org/10.36560/15320221520>
- Carmo, E. L., Bueno, A. F., Bueno, R. C. O. F., Vieira, S. S., Gobbi, A. L., & Vasco, F. R. (2009). Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. *Ciência Rural*, 39(8), 2293–2299.
- Carvalho, G. A., Parra, J. R. P., & Baptista, G. C. (2001). Seletividade de alguns produtos fitossanitários a duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 25, 583-591.
- Carvalho, G. A., & Parra, J. R. P. (2003). Bioatividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* mill.) a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações F1 e F2. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(2), 261-270.

Casela, C. R., Ferreira, A. S., & Pinto N. F. A. **Doenças na cultura do milho**. Circular Técnica n. 83, Embrapa - Sete Lagoas, 2006.

Cruz, I. (2009). Método de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda*. In V. H. P. Bueno (Org.), *Controle biológico de pragas: Produção massal e controle de qualidade* (2ª ed., pp. 85–112).

DeGrandi-Hoffman, G., Corby-Harris, V., DeJong, E. W., Chambers, M., & Hidalgo, G. (2017). Honey bee gut microbial communities are robust to the fungicide Pristine® consumed in pollen. *Apidologie*, 48(3), 340–352. doi: 10.1007/s13592-016-0478-y

Dodgen, R. E., & Iyengar, V. K. (2019). Weaponry, size, and sex ratio affect spatial distribution within small and large groups of the maritime earwig (*Anisolabis maritima*). *Ethology*, 125(5), 306–315. doi: 10.1111/eth.12855

Eckert, C. T., Frigo, E. P., Albrecht, L. P., Albrecht, A. J. P., Christ, D., Santos, W. G., Berkembrock, E., & Egewarth, V. A. (2018). Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 82, pp. 3907–3912). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.rser.2017.10.082

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. In *Food Security* (Vol. 14, Issue 5, pp. 1295–1319). Springer Science and Business Media B.V. doi: 10.1007/s12571-022-01288-7

Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, 69(3), 487–488. <https://doi.org>

Gutiérrez-León, D. G., Jurado-Páramo, J., Rodríguez-Méndez, B. G., Medina-Castro, D., & López-Callejas, R. (2025). Non-thermal plasma applications in maize seed remediation, disinfection, and improvement for growth: A review. *IEEE*. doi: 10.1109/access.2025.3582515

Guzzon ;F. et al. (2021). Conservation and Use of Latin America Maize Diversity: Pillar of Nutrition security and cultura heritage of humanity. *Agronomy*, 11,172. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010172>

Haas, F, Gorb, S., & Wootton, R. J. (2000). Elastic joints in dermapteran hind wings: materials and wing folding

Haas, Fabian, & Gorb, S. (2004). Evolution of locomotory attachment pads in the Dermaptera (Insecta). *Arthropod Structure and Development*, 33(1), 45–66. doi: 10.1016/j.asd.2003.11.003

Hassan, S. A. (1994). Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In E. Wajnberg & S. A. Hassan (Eds.), *Biological control with egg parasitoids* (pp. 55–68). CAB International

- Hassan, S. A. (1997). Métodos padronizados para testes de seletividade, com ênfase em *Trichogramma*, 207-233. In Parra, J. R. P., & Zucchi, R. A. *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba, Fealq, 324p.
- Hawkins, N. J., Bass, C., Dixon, A., & Neve, P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*, 94(1), 135–155. doi: 10.1111/brv.12440
- Holý K., & Stará J. (2020). Laboratory Evaluation Of The Effect Of Insecticides On *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), *Forficula Auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) And *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta*, 68(3), 497-506. doi: <https://doi.org/10.11118/actaun202068030497>
- Honorio, R., Depierrefixe, P., Devers, S., Rouelle, M., Meunier, J., & Lécureuil, C. (2023). Effects of cadmium ingestion on reproduction and maternal egg care in the European earwig. *Animal Behaviour*, 195, 1–8. doi: 10.1016/j.anbehav.2022.10.008
- Jabaud, L., & Moussian, B. (2024). Focussing on the contact: the insect tarsi and their environment. *Entomologia Generalis*, 44(6), 1409–1426. doi: 10.1127/entomologia/2024/2860
- Jaffar, S., Ahmad, S., & Lu, Y. (2022). Contribution of insect gut microbiota and their associated enzymes in insect physiology and biodegradation of pesticides. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. doi: 10.3389/fmicb.2022.979383
- Jana, N., Michal, S., Jana, O., & Radek, M. (2021). *Forficula auricularia* (Dermaptera) in orchards: Monitoring seasonal activity, the effect of pesticides, and the perception of European fruit growers on its role as a predator or pest. *Pest Management Science*, 77(4), 1694–1704. doi: 10.1002/ps.6189
- Juroszek, P., & Von Tiedemann, A. (2013). Climatic changes and the potential future importance of maize diseases: a short review. In *Journal of Plant Diseases and Protection* (Vol. 120, Issue 2)
- Khan, Y., Shah, S., & Tian, H. (2022). The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops—A Review. In *Agronomy* (Vol. 12, Issue 9). MDPI. doi: 10.3390/agronomy12092191
- Koli, P., Bhardwaj, N. R., & Mahawer, S. K. (2019). Agrochemicals: Harmful and beneficial effects of climate changing scenarios. In *Climate Change and Agricultural Ecosystems: Current Challenges and Adaptation* (pp. 65–94). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-816483-9.00004-9
- Lamb, R. J. (1975). Effects of dispersion, travel, and environmental heterogeneity on populations of the earwig *Forficula auricularia* L. *Canadian Journal of Zoology*, 53, 1855–1867. Retrieved from www.nrcresearchpress.com

Langston, R. L., & Powell, J. A. (1975). Bulletin Of The California Insect Survey The Earwigs Of California (Order Dermaptera), 20(1).

Leite, G. L. D., Picanço, M., Guedes, R. N. C., & Gusmão, M. R. (1998). Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastera lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ceiba*, 39(2), 191-194

Lima Junior, I. S., Degrande, P. E., Pontes Melo, E., Ferreira, T. B., & Suekane, R. (2012). Infestação de *Spodoptera frugiperda*. *Revista Agrarian*, 5(15), 14–19.

Madbouni Z., M. A., Samih, M. A., Qureshi, J. A., Biondi, A., & Namvar, P. (2017). Compatibility of insecticides and fungicides with the zoophytophagous mirid predator *Nesidiocoris tenuis*. *PLoS ONE*, 12(11). doi: 10.1371/journal.pone.0187439

Mahmud M. (2025). The Next Frontier in Plant Science: Integrative Innovations for a Sustainable Future. *Journal of Agricultural Sciences and Engineering*, 7(2): 87-91.

Markova, T. O., & Maslov, M. V. (2023). Reproductive Behavior of *Forficula vicaria* Semenov, 1902 (Dermaptera, Forficulidae). *Entomological Review*, 103(1), 15–20. doi: 10.1134/S0013873823010037

Marucci, R. C., Souza, I. L., Silva, L. O., Auad, A. M., & Mendes, S. M. (2019). Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 584–588. doi: 10.1590/1519-6984.184072

Mauduit, E., Lécureuil, C., & Meunier, J. (2021). Sublethal exposure to deltamethrin stimulates reproduction and has limited effects on post-hatching maternal care in the European earwig. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 39501–39512. doi: 10.1007/s11356-021-13511-7/Published

Merleau, L. A., Larrigaldie, I., Bousquet, O., Devers, S., Keller, M., Lécureuil, C., & Meunier, J. (2022). Exposure to pyriproxyfen (juvenile hormone agonist) does not alter maternal care and reproduction in the European earwig. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(48), 72729–72746. doi: 10.1007/s11356-022-20970-z

Ministério da Agricultura e Pecuária. (2019, 21 de maio). *AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários*. Acesso em 9 de setembro de 2025, de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/Agrofit>

Moreira, L. B., Lima, L. L. R., Sá Farias, E., & Carvalho, G. A. (2023). Response of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) to insecticides used in maize crop as a function of its life stage and exposure route. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 15010–15019. doi: 10.1007/s11356-022-23196-1

Moussian B. (2010). Recent advances in understanding mechanisms of insect cuticle differentiation. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40, 363-375

Naranjo-Guevara, N., Peñaflor, M. F. G. V., Cabezas-Guerrero, M. F., & Bento, J. M. S. (2017). Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. *Science of Nature*, 104(9–10). doi: 10.1007/S00114-017-1498-9

Nicodemo, D., Mingatto, F. E., De Jong, D., Bizerra, P. F. V., Tavares, M. A., Bellini, W. C., Vicente, E. F., & de Carvalho, A. (2020). Mitochondrial Respiratory Inhibition Promoted by Pyraclostrobin in Fungi is Also Observed in Honey Bees. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(6), 1267–1272. doi: 10.1002/etc.4719

Nicholas A. H. & Thwaite W.G. (2003). Toxicity Of Chemicals Commonly Used In Australian Apple Orchards To The European Earwig *Forficula Auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae). *General and Applied Entomology*, 32, 9-12

Niedobová J. et al (2021). *Forficula auricularia* (Dermaptera) in orchards: Monitoring seasonal activity, the effect of pesticides, and the perception of European fruit growers on its role as a predator or pest *Pest Management Science*; 77: 1694–1704. doi: 10.1002/ps.6189

Obayelu, A. E., & Ajayi, D. O. (2018). Economic impact and determinants of adoption of improved maize production technologies. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 63(2), 217–228. doi: 10.2298/JAS1802217O

Oliveira, D. T. M., Andrade, C. L. L., Cabral Filho, F. R., Teixeira, M. B., & Ferreira, T. M. (2023). Avaliação biométrica do uso de diferentes fontes de nitrogênio no milho safrinha. *Brazilian Journal of Science*, 2(1), 63–71. doi: 10.14295/bjs.v2i1.252

Oliveira, Z. B., Knies, A. E., Bottega, E. L., Maffini, L. B., & Schüller, R. I. (2025). Recomendações de práticas de manejo para a elevação da produtividade do milho na região central do RS. *Brazilian Journal of Development*, 11(3), e78308. doi: 10.34117/bjdv11n3-019

Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., Ekesi, S., Meagher, R., & Reynolds, O. L. (2021). Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection* (v. 145). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.cropro.2021.105641

Pacheco, R. C., Silva, D. D., Mendes, S. M., Lima, K. P., Figueiredo, J. E. F., & Marucci, R. C. (2023a). How omnivory affects the survival and choices of earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae)? *Brazilian Journal of Biology*, 83. doi: 10.1590/1519-6984.243890

Pacheco, R. C., Silva, D. D., Mendes, S. M., Lima, K. P., Figueiredo, J. E. F., & Marucci, R. C. (2023b). How omnivory affects the survival and choices of earwig *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae)? *Brazilian Journal of Biology*, 83. doi: 10.1590/1519-6984.243890

Paris, L., Peghaire, E., Moné, A., Diogon, M., Debroyas, D., Delbac, F., & El Alaoui, H. (2020). Honeybee gut microbiota dysbiosis in pesticide/parasite co-exposures is mainly induced by *Nosema ceranae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 172. doi: 10.1016/j.jip.2020.107348

Pasini, R. A., Pires, S. N., Rakes, M., Pazini, J. de B., & Grützmacher, A. D. (2022). Efeito de quatro fungicidas registrados para a cultura do trigo sobre larvas do predador *Chrysoperla externa*. In Open Science Research (pp. 247–256). Editora Científica Digital. doi: 10.37885/211206993

Pasquier, L., Groutsch, J., Verger, M., Wallart, V., Meunier, J., & Lécureuil, C. (2025). Exposure to a glyphosate-based herbicide does not alter maternal care and offspring quality in the European earwig. *Ecotoxicology* doi: 10.1007/s10646-025-02912-w

Pazini, J. de B., Grützmacher, A. D., Martins, J. F. S., Pasini, R. A., & Rakes, M. (2016). Seletividade de pesticidas utilizados em arroz sobre *Telenomus podisi* e *Trichogramma pretiosum*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(3), 327–335. doi: 10.1590/1983-40632016v46a40844

Pékar, S. (2012). Spiders (Araneae) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Management Science*; 68: 1438–1446. doi: 10.1002/ps.3397

Pratissoli, D., Milanez, A. M., Barbosa, W. F., Celestino, F. N., Andrade, G. S., & Polanczyk, R. A. (2010). Side Effects Of Fungicides Used In Cucurbitaceous Crop On *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(2), 323–327

Prestes, I. D., Rocha, L. O., Nuñez, K. V. M., & Silva, N. C. C. (2019). Fungi and mycotoxins in corn grains and their consequences. *Scientia Agropecuária*, 10(4), 559–570. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.04.13

Rajashekar, Y., Rao, L. J. M., & Shivanandappa, T. (2012). Decaleside: A new class of natural insecticide targeting tarsal gustatory sites. *Naturwissenschaften*, 99(10), 843–852. doi: 10.1007/s00114-012-0966-5

Redoan, A. C. M., Carvalho, G. A., Cruz, I., Lourdes, M., Figueiredo, C., & Silva, R. B. (2013). *Physiological selectivity of insecticides to adults of Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae), 1, 842–850.

Rodrigues-Silva, A. L., Lopes, Gualberto, P., Simão, S. D., Oliveira, I. R. C., & Marucci, R. C. (2024). New perspective on the role of *Doru luteipes* as a predator of the fall armyworm: Non-consumptive effects, predatory preference and functional response. *Journal of Applied Entomology*. doi: 10.1111/jen.13321

Roulin, A. C., Wu, M., Pichon, S., Arbore, R., Kühn-Bühlmann, S., Kölliker, M., & Walser, J. C. (2014). De Novo transcriptome hybrid assembly and validation in the European earwig (Dermaptera, *Forficula auricularia*). *PLoS ONE*, 9(4). doi: 10.1371/journal.pone.0094098

Santos, V. P., Damascena, A. P., Pratissoli, D., Carvalho, J. R., Bueno, R. C. O. de F., Zago, H. B., Pereira, J. B., & Oliveira, D. V. (2023). Action of fungicide recommended for the tomato culture on *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Contribuciones a las ciencias sociales*, 16(2), 732–744. doi: 10.55905/revconv.16n.2-017

- Serrão, J. E., Plata-Rueda, A., Martínez, L. C., & Zanuncio, J. C. (2022). Side-effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a mini-review. In *Science of Nature* (Vol. 109, Issue 2). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. doi: 10.1007/s00114-022-01788-8
- Setyawan, Y. P., Naim, M., Advento, A. D., & Caliman, J. P. (2020). The effect of pesticide residue on mortality and fecundity of *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1). doi: 10.1088/1755-1315/468/1/012020
- Siqueira, C. J., Lajus, C. R., Duarte, E. R., Pedrinho, D. R., & Sauer, A. V. (2024). Genetic Improvement Of Corn: The Improvement Of The Plant In Antagonism To Pest Resistance. *Campo. Digital*. doi: 10.5281/zenodo.12557804
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P. C., Navik, O., Subaharan, K., Bakthavatsalam, N., Ballal, C. R., & A., R. (2018). Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological Control*, 32(3), 145–151. doi: 10.18311/jbc/2018/21707
- Silva, D. F., Garcia, P. H. M., Santos, G. C. de L., Farias, I. M. S. C. de, Pádua, G. V. G. de, Pereira, P. H. B., Silva, F. E., Batista, R. F., Gonzaga Neto, S., & Cabral, A. M. D. (2021). Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. *Research, Society and Development*, 10(3), e12310313172. doi: 10.33448/rsd-v10i3.13172
- Silva, D. E., Juchem, E. F., Nascimento J. M., Ruffatto K., Silva R. T. L. Juchem C. F., K. Ruffatto, Silva, G. L., Johann L., Corrêa, L. L. C., Ferla, N. J (2019). Impact of vineyard agrochemicals against *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its natural enemy, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in Brazil. *Crop Protection*, 123, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.014>
- Silva, R. S., Campos, H. D., Ribeiro, L. M., Braz, G. B. P., Magalhães, W. B., & Bueno, J. N. (2020). Damage to the corn crop due to the reduction of leaf area by artificial defoliation and diseases. *Summa Phytopathologica*, 46(4), 313–319. doi: 10.1590/0100-5405/231093
- Sterk G. et al. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. *BioControl*, 44: 99–117.
- Sunderland, M. R., & Cruickshank, R. H. (2016). Investigations into the Toxic and Repellent Effects of Propiconazole on the Wool-Digesting Carpet Beetle Larvae *Anthrenocerus australis* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Insect Behavior*, 29(1), 57–68. doi: 10.1007/s10905-015-9542-0
- Tago K., Kikuchi, Y., Nakaoka, S., Katsuyama, C, & Hayatsu, M. Insecticide applications to soil contribute to the development of *Burkholderia* mediating insecticide resistance in stinkbugs. *Molecular Ecology*, 24(1), 3766–3778. doi: 10.1111/mec.13265

- Tak, G., & Sharma, A. (2025). Conservation Techniques of Predators in Agro-ecosystem. In: Mishra, M., K., Kumar, A., & Kumar, S. *Recent Trends in Plant Protection* Nova Deli, p. 87-96.
- Thia, J. A., Dorai, A. P. S., & Hoffmann, A. A. (2025). Symbiotic bacteria and pest control: plant toxins, chemical pesticides, and fungal entomopathogens. In *Trends in Microbiology*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.tim.2025.04.007
- Wang Y. et al. (2020). Transcriptional Control of Quality Differences in the Lipid-Based Cuticle Barrier in *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster*. *Frontiers in Genetics* 887(11),
- Werren, J. H. (2012). Symbionts provide pesticide detoxification. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(22), p. 8364–8365. doi: 10.1073/pnas.1206194109
- Yang, H., & Luo, P. (2021). Changes in photosynthesis could provide important insight into the interaction between wheat and fungal pathogens. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 16). MDPI. doi: 10.3390/ijms22168865
- Zhang, Y., Lorsbach, B. A., Castetter, S., Lambert, W. T., Kister, J., Wang, N. X., Klittich, C. J. R., Roth, J., Sparks, T. C., & Loso, M. R. (2018). Physicochemical property guidelines for modern agrochemicals. *Pest Management Science*, 74(9), 1979–1991. doi: 10.1002/ps.5037
- Zhao, M., Lin, X., & Guo, X. (2022). The Role of Insect Symbiotic Bacteria in Metabolizing Phytochemicals and Agrochemicals. In *Insects* (Vol. 13, Issue 7). MDPI. doi: 10.3390/insects13070583
- Zubrod, J. P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C. A., Imfeld, G., Knäbel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J. J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R., & Schäfer, R. B. (2019). Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science and Technology*, 53(7), 3347–3365. doi: 10.1021/acs.est.8b04392