

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



**Tese**

**Dinâmica populacional e estratégias de controle de *Myochrous armatus*  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja**

**Maguintontz Cedney Jean-Baptiste**

Pelotas, 2024

**Maguintontz Cedney Jean-Baptiste**

**Dinâmica populacional e estratégias de controle de *Myochrous armatus*  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Entomologia Agrícola)

Orientador: Dr. Flávio Roberto Mello Garcia  
Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Andressa Lima de Brida

**Pelotas, 2024**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação da Publicação

J43d Jean-Baptiste, Maguintontz Cedney

Dinâmica populacional e estratégias de controle de *Myochrous armatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja [recurso eletrônico] / Maguintontz Cedney Jean-Baptiste ; Flávio Roberto Mello Garcia, Andressa Lima de Brida, orientadores. — Pelotas, 2024.  
94 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Densidade populacional. 2. Manejo Integrado de pragas. 3. *Glycine max* L. 4. Inseticidas químicos e biológicos. 5. Soybean mealworm. I. Garcia, Flávio Roberto Mello, orient. II. Brida, Andressa Lima de, orient. III. Título.

CDD 633.3496576

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

**Maguintontz Cedney Jean-Baptiste**

**Dinâmica populacional e estratégias de controle de *Myochrous armatus*  
(Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja**

Tese aprovada, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade Agronomia Eliceu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data de defesa: 12 de março de 2024

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia (orientador)**

Doutor em Zoologia-Entomologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grandedo do Sul

**Prof. Dr. Junir Antonio Lutinski**

Doutor em Biodiversidade pela Universidade Federal de Santa Maria

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nádia Cristina de Oliveira**

Doutora em Proteção de Plantas - Entomologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

**Dr. Juliano de Bastos Pazini**

Doutor em Fitossanidade (Entomologia) pela Universidade Federal de Pelotas

**Dr. Marcelo Perrone Ricalde**

Doutor em Fitossanidade (Entomologia) pela Universidade Federal de Pelotas

**Prof. Dr. Moises Jão Zotti**

Doutor em Fitossanidade (Entomologia) pela Universidade Federal de Pelotas

*Aos meus amados pais Pleurima e Marie-Claude e a minha tia Analouise, e meus irmãos e irmãs pelo carinho, atenção, incentivo e suporte constante.*

**DEDICO**

## **Agradecimentos**

A Deus pela vida, pela proteção, por esta oportunidade por seu amor e por direcionar-me sempre ao melhor caminho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (CAPES) pelo suporte financeiro concedido por meio de bolsa de estudo (Código de Financiamento 001).

Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade (PPGFs), da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), por oportunizar o meu crescimento e aperfeiçoamento profissional por meio da realização do curso de Doutorado.

Ao meu orientador Dr. Flávio Roberto Mello Garcia agradeço pela confiança, apoio e orientações de aperfeiçoamento profissional e pelos anos de convivência ao longo do doutorado.

À minha co-orientadora Dr.<sup>a</sup> Andressa Brida de Lima, agradeço pela confiança, , apoio e orientações ao longo do período de pesquisa e de aperfeiçoamento pessoal e profissional.

À CropSolutions pela oportunidade, pelo suporte e permissão para usar suas instalações e aos funcionários pelo auxílio prestado ao longo de um ano e meio.

À banca examinadora por terem aceitado o convite, por fazerem parte dessa experiência e por me acompanharem ao longo desses anos fazendo parte da construção e agora conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Edison Zefa pela realização das fotos do inseto.

À minha família pai, mãe, irmãs e irmãos por todo amor, apoio e incentivo incondicional em todos os momentos da minha vida.

Aos colegas de Laboratório de Ecologia dos Insetos (LBEI) pelo apoio e amizade que a mim foi, e é proporcionado.

Aos colegas por toda a troca de experiências ao longo desses quatro anos, que todos tenham sucesso e possam seguir em busca dos seus sonhos.

Aos funcionários da FAEM-UFPel pelo auxílio prestado ao longo do período do estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu completasse essa jornada e concluísse mais um dos meus sonhos meu agradecimento.

## Resumo

JEAN-BAPTISTE, Maguintontz Cedney. **Dinâmica populacional e estratégias de controle de *Myochrous armatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja.** Orientador: Flávio Roberto Mello Garcia. 2024. 94 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2024.

A soja [*Glycine max* (Linnaeus) Merrill] é uma importante oleaginosa cultivada no Brasil e se destaca como uma das principais e mais importantes no cenário agrícola mundial. Dentre os coleopteros desfolhadores da cultura da soja, *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae), denominado cascudinho-da-soja, tem estado em evidência nos últimos anos, devido às injúrias e danos causados à cultura. Dessa forma, surge a necessidade de adotar alternativas de baixo impacto ambiental, para auxiliar no manejo dessa praga. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi determinar o monitoramento e táticas de controle de *M. armatus* com diferentes inseticidas químicos e microbiológicos registrados para a cultura da soja. Para tanto, foram realizados quatro trabalhos. No primeiro, foi determinar a estratégia de monitoramento de *M. armatus* e os fatores que afetam sua densidade populacional. No segundo, foi avaliar a eficiência de pós inertes à base de terra diatomáceas (TD) como alternativa de controle de *M. armatus*. No terceiro foi avaliar eficácia de inseticidas microbiológicos e químicos como alternativas para controle de *M. armatus* e, no quarto, foi avaliar a eficácia de inseticidas direcionados ao tratamento de sementes de soja contra adultos *M. armatus*. Houve uma redução da população da praga quanto menor foi a umidade relativa do ar. As temperaturas máximas e médias influenciam positivamente nas populações de *M. armatus*. O uso de TD na forma polvilhada na concentração 1g apresentou taxa de mortalidade total em laboratório acima de 90%, 96 h após a aplicação. Os inseticidas biológicos Bometil® à base de *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* foram mais patogênicos que Ballvéria® à base de *B. bassiana*, atingiram uma mortalidade total de adultos (85 e 65%), 10 dias após a aplicação. Portanto, Acera®, à base de *B. thuringiensis* causou 92,5% de mortalidade em 10 dias após aplicação. A combinação de tiametoxam + fipronil proporcionou uma eficiência de controle 85% de *M. armatus*, tratada via sementes. Os resultados obtidos fornecem informações importantes para a implementação do programa de Manejo Integrado da Soja (MIP-soja), contribuindo com o avanço do conhecimento teórico e prático que podem auxiliar para o manejo mais eficiente de *M. armatus* na cultura da soja.

Palavras-chave: Densidade populacional, cascudinho-da-soja, manejo Integrado de Pragas; *Glycine max*; inseticidas químicos e biológicos.

## Abstract

JEAN-BAPTISTE, Maguintontz Cedney. **Population dynamics and control strategies of *Myochrous armatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in soybean crops.** Advisor: Flávio Roberto Mello Garcia. 2023. 94 f. Thesis (Doctorate in Science) – Postgraduate Program in Plant Health. Federal University of Pelotas. Pelotas, 2023.

Soybean [*Glycine max* (Linnaeus) Merrill] is an important oilseed cultivated in Brazil and stands out as one of the most important on the global agricultural scene. Among the coleopterans that defoliate soybean crops, *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae), called soybean mealworm, has been in evidence in recent years, due to the injuries and damage caused to the crop. Given this, there is a need to adopt low-environmental impact alternatives to assist in managing *M. armatus*. Therefore, the objective of the present study was to determine the monitoring and control tactics of *M. armatus* with different chemical and microbiological insecticides registered in soybean crops. To this end, four works were carried out. The first was to determine the monitoring strategy for *M. armatus* and the factors that affect its population density. The second was to evaluate the efficiency of inert powders based on diatomaceous earth (DT) as an alternative to control *M. armatus*. The third was to evaluate the effectiveness of microbiological and chemical insecticides as alternatives for controlling *M. armatus*, and the fourth was to evaluate the effectiveness of insecticides aimed at treating soybean seeds against adult *M. armatus*. There was a reduction in the pest population as the relative humidity was lower. Maximum and average temperatures positively influence *M. armatus* populations. TD in powdered form at 1g showed a total laboratory mortality rate above 90% of *M. armatus* 96h after application. The biological insecticides Bomethyl® based on *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*, were more pathogenic than Ballvéria® based on *B. bassiana*, reaching total mortality (85 and 65%) of adults ten days after application. Therefore, Acera®, based on *B. thuringiensis*, caused 92.5% mortality also within ten days after application. The combination of thiamethoxam + fipronil provided 85% control efficiency of *M. armatus*, treated via seed. The results provide essential information for implementing the Integrated Soybean Management Program (IPM-soybean), contributing to the advancement of theoretical and practical knowledge that can help to manage *M. armatus* in soybean crops more efficiently.

Keywords: Population density, soybean mealworm, Integrated Pest Management; *Glycine max*; chemical and biological insecticide



## Lista das Figuras

- Figura 1 - Vista dorsal e lateral de adulto *Myochrous armatus* (A); vista ventral de adulto *Myochrous armatus* (B) e lateral da espécie (C) ..... 20
- Figura 2 - Valores da precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar durante a coleta de *Myochrous armatus*, no período de dezembro de 2021 a março 2022. São Gabriel do Oeste, MS..... 27
- Figura 3 - Valores da precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar durante a coleta de *Myochrous armatus*, no período de novembro de 2022 a janeiro 2023. São Gabriel do Oeste, MS ..... 27
- Figura 4 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual e por pano-de-batida em soja, cv. 8473RSFDesafios RR, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2021/2022..... 28
- Figura 5 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual e por pano-de-batida em soja, cv. HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2021/2022..... 29
- Figura 6 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual em soja, cv HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2022/2023..... 30
- Figura 7 - Número médio de adultos de *Myochrous armatus* capturados durante monitoramento diário em soja com cv HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, safra 2021/2022 e 2022/2023. .... 31
- Figura 8. Mortalidade (média  $\pm$  EP) (%) de adultos *Myochrous armatus* submetida a diferentes concentrações (0,5g, 0,75g e 1g/tratamento) de terra de diatomáceas em condições de laboratório aos 24, 48, 72 e 96 horas..... 44
- Figura 9 - Mortalidade acumulada dos adultos de *Myochrous armatus*, quando expostos em diferentes concentrações de terra de diatomácea (0,5 g, 0,75 g e 1g/tratamento) em condições de laboratório por 96 horas. .... 45
- Figura 10 - Número médio ( $m \pm EP$ ) adultos de *Myochrous armatus*, vivos, quando expostos em diferentes concentrações 0,5g, 0,75g e 1g/tratamento) em TD polvilhada e TD pulverizada em condições de laboratório por 24h, 48h, 72h e 96h.. ..... 46

Figura 11 - Adultos <i>Myochrous armatus</i> infectados com Bometil (Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae) .....	56
Figura 12 - Número médio ( $\pm$ SE) de adultos vivos de <i>Myochrous armatus</i> após o período (dias) de exposição a diferentes concentrações de Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana, Bacillus thuringiensis, fipronil, etiprole e clorpirifós, isolados e em combinações no laboratório (temperatura = $25 \pm 3$ °C, umidade relativa = $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12/12 horas).....	59
Figura 13 - Mortalidade acumulada dos adultos <i>Myochrous armatus</i> 21 dias após a infestação (DAI) por ingrediente ativo em taxas indicadas rótulo.....	82
Figura 14 - Caule raspado (%) causado por <i>Myochrous armatus</i> , em soja tratada com produtos químicos aos 03, 07, 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023.....	83
Figura 15 - Trifólios cortados (%) causado por <i>Myochrous armatus</i> , em soja tratada com produtos químicos aos 03, 07, 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023. ....	84
Figura 16 - Planta morta (%) causada por <i>Myochrous armatus</i> , em soja tratada com produtos químicos durante aos 03, 07, 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023.....	85

## Lista de Tabelas

- Tabela 1 Localização, áreas de cultivo e principais insumos utilizados nas parcelas monitoradas durante as safras de soja 2021/2022; 2022/2023. Município de São Gabriel da Oeste Mato Grosso do Sul ..... 27
- Tabela 2 Equações de regressão e coeficientes de correlação encontrados entre os fatores climáticos e número mensal de adultos de *Myochrous armatus* em soja das cv 8473RSFDesafios RR e cv HO Aporé. Município de São Gabriel da Oeste MS, safra 2021/2022 e 2022/2023 ..... 34
- Tabela 3 Inseticidas químicos e microbiológicos comerciais utilizados nos bioensaios laboratoriais contra *Myochrous armatus* ..... 54
- Tabela 4 Mortalidade cumulativa (%) (média  $\pm$  EP) de adultos *Myochrous armatus* expostos isoladamente e em combinações de diferentes concentrações de produtos químicos e biológicos em condições de laboratório aos 01, 03, 07 e 10 dias após aplicação dos tratamentos ..... 58
- Tabela 5 Produtos químicos e suas doses, aplicadas via tratamento de sementes em soja, na safra 2022/2023..... 69
- Tabela 6 Número de plantas de soja avaliadas e número de plantas de soja atacadas 21 DAI por *Myochrous armatus* em gaiola, em função dos produtos e doses testados no tratamento de sementes. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023..... 8
- Tabela 7 Número de adultos *Myochrous armatus* vivos porcentagem de mortalidade (M%), aos 03, 07, 14, e 21 dias após a infestação (DAI), em soja tratada com produtos químicos. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023 ..... 9
- Tabela 8 Regressão linear e coeficiente de correlação linear (r) entre número de adultos de *Myochrous armatus* com % de caule raspado, de trifólios cortados, de plantas mortas, plantas atacadas, plantas não atacadas das plantas de soja ..... 77

## Sumário

<b>1. Introdução geral</b> .....	15
<b>2- Capítulo 1 - Dinâmica populacional de <i>Myochrous armatus</i> Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja em Mato Grosso do Sul, Brasil</b> .....	21
Resumo .....	21
Abstract .....	22
2. 1. Introdução .....	23
2.2. Material e Métodos.....	25
2.2.1. Monitoramento de <i>Myochrous armatus</i> .....	25
2.3. Análise dos dados .....	26
2.4. Resultados e discussão .....	27
2.4.1. Relações entre <i>M. armatus</i> , estádios fenológicos da soja e fatores meteorológicos .....	27
2.5. Conclusões .....	36
<b>3- Capítulo 2 - Métodos de aplicação de pós inertes à base de terra diatomáceas como alternativa de controle de <i>Myochrous armatus</i> Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) e formas de aplicação</b> .....	37
Resumo .....	37
Abstract .....	38
3. 1. Introdução .....	39
3. 2 Material e Métodos.....	40
3.2.1. Local de estudo .....	40
3.2.2. Obtenção de população <i>Myochrous armatus</i> .....	40
3.2.3. Formulação de terra diatomácea.....	41
3.2.4. Eficácia de terra diatomácea no controle <i>Myochrous armatus</i> .....	41
3.3. Análise dos dados .....	41
3.4. Resultados .....	42
3.4.1. Eficácia de terra diatomácea no controle <i>Myochrous armatus</i> .....	42

3.5. Discussão.....	47
3.6. Conclusões .....	48
<b>4 - Capítulo 3 - Eficácia de inseticidas microbiológicos e químicos como alternativas para controle de <i>Myochrous armatus</i> (Baly, 1865) (Coleoptera : Chrysomelidae)</b> .....	<b>49</b>
Resumo .....	49
Abstract .....	50
4.1. Introdução .....	51
4.2. Material e métodos.....	53
4.2.1. Local de estudo .....	53
4.2.2. Coleta de insetos.....	53
4.2.3. Formulações e tratamentos químicos de inseticidas e bioinseticidas .....	53
4.2.4. Bioensaios.....	54
4.2.4.1. Efeito de doses de inseticidas químicos e microbiológicos na mortalidade de adultos de <i>Myochrous armatus</i> .....	54
4.3. Análise dos dados .....	55
4.4. Resultados .....	56
4.4.1. Efeito de inseticidas químicos e microbiológicos em adultos de <i>Myochrous armatus</i> .....	56
4.4.2. Efeito de doses de inseticidas químicos e microbiológicos na mortalidade de adultos de <i>Myochrous armatus</i> .....	56
4.5. Discussão.....	60
4.6. Conclusões .....	62
<b>5- Capítulo 4 - Eficácia de inseticidas e fungicidas direcionados ao tratamento de sementes de soja contra adultos <i>Myochrous armatus</i> Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae)</b> .....	<b>63</b>
Resumo .....	63
Abstract .....	64
5.1. Introdução .....	65
5.2. Material e Métodos.....	66
5.2.1. Área de estudo .....	66

5.2.2. Monitoramento e injúrias de <i>Myochrous armatus</i> à cultura soja .....	67
5.3. Análise dos dados .....	67
5.4. Resultados .....	8
5.5. Discussão.....	78
5.6. Conclusões .....	81
<b>6. Considerações finais</b> .....	<b>82</b>
<b>Referências</b> .....	<b>83</b>

## 1. Introdução geral

Algumas espécies de insetos são os principais problemas enfrentados pelos produtores da soja, pois a planta pode ser atacada desde o momento da semeadura até a colheita. Ao longo do ciclo da cultura da soja, as pragas são capazes de atacar a plântula, haste e pecíolo não ficando mais restrito a folhas e vagens, sendo esses alguns dos fatores principais para surgimento de novas pragas (REICHERT; COSTA, 2003; HOFFMANN-CAMPO, 2002).

O gênero *Myochrous*, se destaca dos coleopteros desfolhadores da família Chrysomelidae que ataca a cultura soja. É um gênero de besouros das folhas da subfamília Eumolpinae. As espécies de *Myochrous* estendem-se da parte mais quente na América do Norte, Central e do Sul. Existem 57 espécies descritas do gênero *Myochrous* até o momento (BLAKE, 1950).

A espécie *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae), denominado beetle, cane leaf or bud (BALY, 1864), e cascudinho-da-soja, tem sua ocorrência associada a regiões de climas tropical e subtropical com registros em alguns países da América do Sul, como Porto Rico, Guiana, Brasil, Uruguai, Paraguai, Argentina e Chile (PERINI; PEREIRA, 2022).

O eus primeiros relatos, foram em São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul, na década de 1980 (ROEL; DEGRANDE, 1989), no Rio de Janeiro e no Rio Grande do Norte (PERINI; PEREIRA, 2022). Recentemente (safra 2017/2018), a praga foi detectada no Centro-Oeste do Mato Grosso do Sul (MS), em várias regiões de Mato Grosso, como Itiquira, Rondonópolis, Campo Verde, Primavera do Leste, Santo Antônio do Leste, Campinápolis, Querência, Diamantino, São José do Rio Claro, Nova Mutum e Porto dos Gaúchos, causando prejuízos a muitos produtores (PERINI; PEREIRA, 2022).

É um inseto polífago, que se alimenta de braquiárias, milho (*Zea mays* L.) (Poaceae), fedegoso (*Senna occidentalis* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Fabaceae), leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.) e buva (*Conyza* sp) (ROEL; DEGRANDE, 1989) mas, os maiores prejuízos têm sido observados na cultura da soja (DEGRANDE; VIVAN, 2010a). O ataque pode ocorrer nos pecíolos, causando dobramento e murcha das folhas. Nas áreas com ocorrência do cascudinho-da-soja, a maior intensidade de ataque se dá em lavouras semeadas durante os meses de

outubro e novembro, especialmente em períodos baixa precipitação pluviométrica na região (DEGRANDE; VIVAN, 2010b). Ocasionalmente, altas populações têm sido detectadas em soja no Mato Grosso do Sul. Os adultos atacam a base do caule, causando tombamento e morte da plântula. Em plantas mais desenvolvidas, o dano é menor, pois o inseto ataca os pecíolos, provocando murcha dos folíolos. As larvas se alimentam de raízes (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2010).

Os adultos *M. armatus* são besouros de aproximadamente 5 mm de comprimento por 3 mm de largura, apresentando coloração preto-fosca com variações acinzentadas, dependendo do tipo de solo em que vivem, pois, partículas de solo ficam aderidas ao seu corpo (Figura 1). A margem lateral da parte anterior do tórax do adulto apresenta dentes, e o corpo é recoberto por escamas curtas e robustas. Possuem o hábito de ficar inertes quando tocados, simulando morte. Os ovos e as larvas de *M. armatus* se desenvolvem no solo, porém quando adultos atacam o caule e as hastes das plantas nos seus estádios iniciais de desenvolvimento, podem causar a sua morte (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2010). Nas horas mais quentes do dia, abrigam-se sob torrões e na vegetação morta (ROEL; DEGRANDE, 1989).

As observações em campo indicam ter pouca capacidade de locomover-se e voara longas distâncias. Geralmente, nas horas mais quentes do dia, percebe-se que esse inseto se abriga embaixo dos torrões e na vegetação morta. No campo, a distribuição dos insetos é desuniforme, com aparecimento de grandes reboleiras, causando redução drástica do stand em certas áreas, justificando em muitos casos, replantio (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000).

Este besouro ataca as plantas de soja com maior intensidade no início do desenvolvimento, através de desfilamento dos tecidos, cortando da haste principal e em conseqüente tombamento e morte da plântula, levando ao enfraquecimento, quebra e morte (De MELLO, 2021).

O monitoramento da praga, via de regra é realizado com base nos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) que indica o nível de ação de controle conforme a quantidade de insetos identificados em monitoramento (HOFFMANN-CAMPO, 2002). Os métodos de amostragem de pragas mais utilizados em lavouras de soja são a rede entomológica e o pano-de-batida com finalidade de pesquisas, por possibilitarem quantificar a população de insetos e sua flutuação populacional,



determinarem o nível de ação e a necessidade de controle e também adequar as aplicações de inseticidas ao momento mais adequado (GUEDES *et al.*, 2006).

No Brasil, o pano-de-batida é o método mais utilizado e consolidado para a avaliação do nível populacional das principais pragas da cultura da soja. Este método é adotado para o monitoramento de lagartas desfolhadoras, percevejos sugadores, bem como alguns inimigos naturais (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000).

Atualmente, os produtos químicos representam uma forma de controle aplicada contra a praga *M. armatus*. O Curacron® (profenós) é um dos produtos registrados para grupo organofosforado para o controle desta praga (SPC, 2024). No Estado de Mato Grosso do Sul, plantação de soja infestada são tratadas com alguns inseticidas de grupos químicos cipermetrina + profenofós ( $1\text{L/ha}^{-1}$ ), acefato ( $1\text{kg a}^{-1}$ ), clorpirifós ( $1,5\text{L ha}^{-1}$ ) esfenvalerato + fenitrotiona ( $0,5\text{ L ha}^{-1}$ ) (PERINI; PEREIRA, 2022).

O controle biológico por meios fungos entomopatogênicos (FEPs) é considerado um dos métodos alternativos adequados. Produtos microbiológicos comerciais baseados FEPs como *Metarhizium* e *Beauveria*, visando pragas importantes (MUGONZA *et al.*, 2020), são ferramentas promissoras para o biocontrole de insetos-praga em todo o mundo, especialmente insetos que habitam o solo (SKINNER *et al.*, 2014; LAK *et al.*, 2022).

Biopesticidas baseados em *Beauveria bassiana* são mais comumente encontrado em insetos mortos no ambiente natural e estão entre os agentes biológicos que naturalmente controlam o tamanho das populações de insetos e que podem ser empregados em programas de controle biológico (MUGONZA *et al.*, 2020). Este fungo é um dos FEPs mais pesquisados pela capacidade de atuar em uma maior gama de hospedeiros e possuir maior exigência nutricional, podendo ser facilmente cultivados em meio de cultura (LEITE *et al.*, 2003).

Muitos estudos têm demonstrados que isolados *B. bassiana* são eficazes no controle de lepidópteros, coleópteros, hemípteros, himenópteros e ortópteros. Seus conídios possuem a capacidade de penetrar em qualquer parte da cutícula do inseto, ou até mesmo através do aparelho respiratório e digestório (IGNOFFO, 2009). Segundo Micheli (2005), as combinações dos fungos com baixas dosagens de inseticidas são utilizadas, devido à interferência destes fatores nos processos infectivos dos fungos.

*Beauveria bassiana* tem ampla utilização na agricultura, atuando como um agente natural de controle de *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae), *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae), *Plutella xylostella* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Plutellidae), *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae), *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae) (LORINI *et al.*, 2000; OWNLEY, 2008).

O mecanismo de defesa dos insetos é incapaz de detectar os primeiros eventos que caracterizam a infecção deste patógeno, resultando em baixa especificidade para os artrópodes (SILVA *et al.*, 2006; JIN *et al.*, 2008). Segundo Faria e Wraight (2007), as formulações a base de *B. bassiana* compreendiam na época, 33,9 % do total de micoinseticidas desenvolvidos em nível mundial para o controle de insetos de diferentes ordens.

Biopesticidas baseados em *Metarhizium anisopliae* são frequentemente distribuídos em muitos países do mundo, sendo mais frequente usados para manejar insetos pragas, incluindo: *Holotrichia serrata* Fabricius, 1781 (Coleoptera: Scarabaeidae); *Oothea mutabilis* Salhberg, 1829 (Coleoptera: Chrysomelidae) (MUGONZA *et al.*, 2020). O uso de *M. anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin como biopesticida facilita os métodos de cultura em massa e o desenvolvimento comercial de esporos infecciosos formulados como pó (REDDY *et al.*, 2014). É um dos agentes de controle microbiano mais promissores contra insetos praga, especialmente insetos que habitam no solo (HIROMORI; NISHIGAKI, 2001).

A associação deste fungo com diferentes compostos para obtenção de formulações, aliada a capacidade de produção, tornou este patógeno um dos mais comercializados no mundo (JIN *et al.*, 2008). Atualmente possuem inseticidas microbiológicos Bometil®, Ballveria® como biocontroladores de pragas, formulados a partir de mistura de isolados dos FEPs *B. bassiana* e *M. anisopliae*. São considerados entomopatogênicos, pois atuam no inseto como uma doença, penetrando na sua cutícula e com a colonização dos seus órgãos internos liberam substâncias nocivas e, assim, o inseto pára de se alimentar e morre (BALLAGRO AGRO TECNOLOGIA, 2024).

A terra de diatomáceas (TD) é outra alternativa promissora aos inseticidas sintéticos, considerado como um dos protetores de grãos mais eficazes e alternativos

a inseticidas residuais de uso prolongado (KORUNIĆ *et al.*, 2020; MALIK *et al.*, 2021). Trata-se de uma fonte de sílica e este pó mineral inerte utilizado em vários países do mundo como Austrália, Brasil, Canadá e Estados Unidos (ATUI *et al.*, 2003), para controle de insetos-pragas como *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae), *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) (ASSIS *et al.*, 2011; MARSARO *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2020). A TD como inseticida eficaz, seguro e estável, afetando o balanço hídrico do inseto, causando abrasão no tegumento e a morte por desidratação (ASSIS *et al.*, 2011; SHAH, KHAN, 2014; WAKIL *et al.*, 2021). Pesquisas baseadas no uso de pós minerais inertes como uma alternativa de baixo impacto ambiental, são necessárias para auxiliar no manejo de *M. armatus*.

A comparação com os produtos atualmente utilizados sua aplicação é fácil e segura, pois são a baixa toxicidade e uma proteção duradoura (ATUI *et al.*, 2003). Lazzari e Ribeiro-costa (2006) em estudos aplicaram TD, usando 0,50; 0,75 e 1,00 g de dose de TD/kg, foram obtidos 100 % de taxas de mortalidade de *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) para todas as dosagens de TD aplicadas em temperatura acima de 20°C. Assis *et al.* (2011), utilizaram terra diatomácea no controle de *D. speciosa*, obtiveram resultados de redução na área foliar consumida em batateira pela mortalidade dos insetos após 48 horas da aplicação.

Segundo Subramanyam e Roesli (2000), a TD age fisicamente por meio da abrasão do corpo do inseto, o que leva à destruição da camada lipídica que forma a superfície externa da cutícula, facilitando a perda de água e, assim, causando sua morte por desidratação (JAIROCE *et al.*, 2016). Sua eficácia depende de diferentes características físicas e morfológicas de algas diatomáceas, do tipo de mercadoria, formulação comercial, estágio do inseto, origem geográfica, apesar de ter modo de ação similar sobre os insetos, tiveram diferenças na eficácia de controle, nas propriedades físicas e também nas espécies de algas diatomáceas que formam a terra de diatomáceas (MALIK *et al.*, 2021).

Alternativas que envolvem as táticas de controle como monitoramento, o uso TD, os FEPs isolado e em combinação com inseticidas químicos e tratamento de sementes podem favorecer o manejo de *M. armatus* e sustentar um programa de controle de pragas como é preconizado nos programas de integração. Diante disso,

os objetivos do presente trabalho foram: (i) determinar a estratégia de monitoramento de *M. armatus* e os fatores que afetam sua dinâmica populacional; (ii) avaliar a eficiência da TD contra *M. armatus* em condições de laboratório; (iii) avaliar a eficácia de inseticidas microbiológicos e químicos contra adultos de *M. armatus*; e (iv) avaliar a eficácia do tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas sistêmicos, à base de piraclostrobina, tiofanato-metílico + fluazinam, fipronil, clotianidina ciantraniliprole e thiamethoxam contra o ataque de adultos de *M. armatus* em soja.

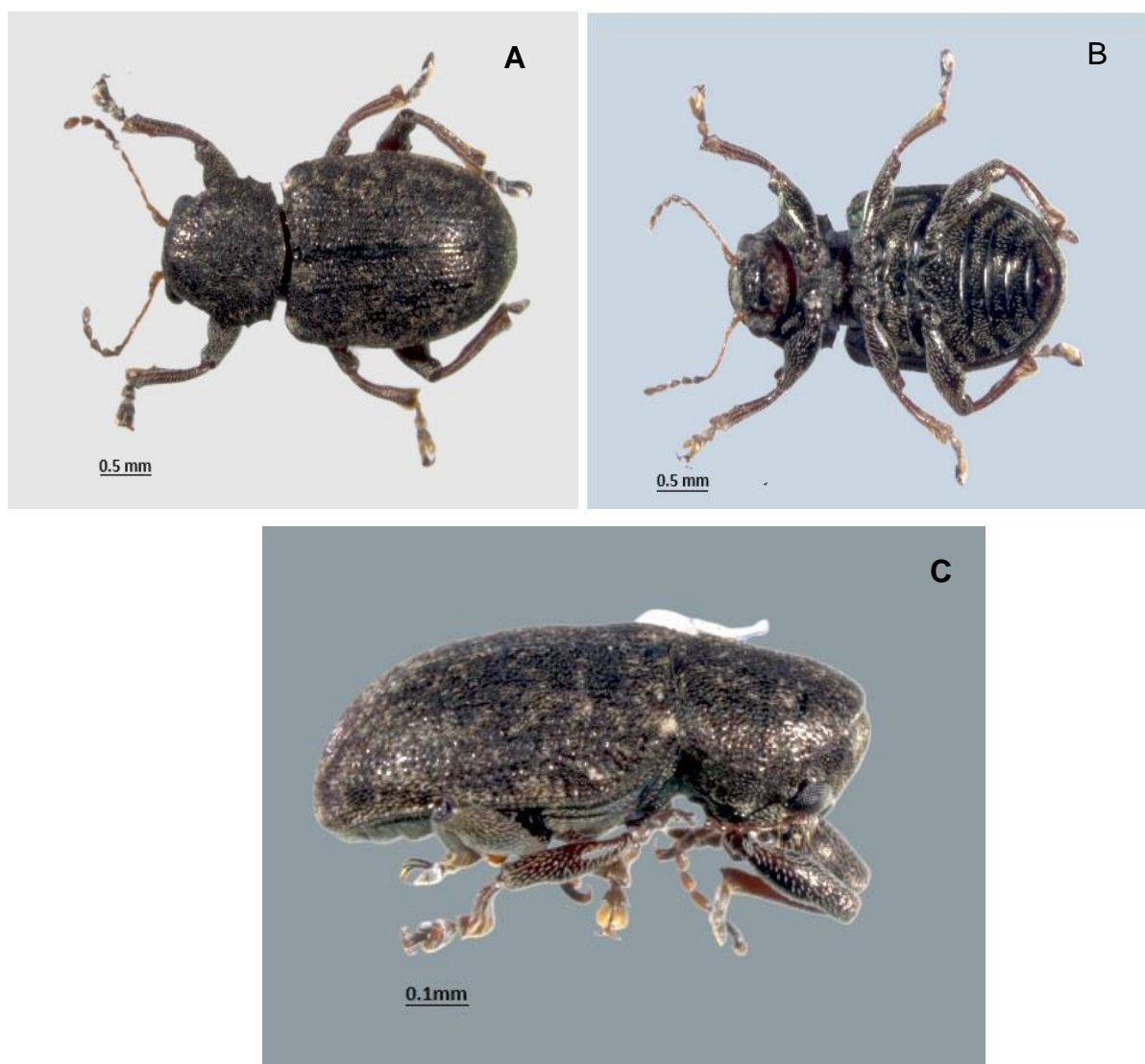


Figura 1 - Vista dorsal e lateral de adulto *Myochrous armatus* (A); vista ventral de adulto *Myochrous armatus* (B) e lateral da espécie (C).

## **2- Capítulo 1- Dinâmica populacional de *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) em lavouras de soja em Mato Grosso do Sul, Brasil**

### **Resumo**

A cultura da soja pode ser atacada por pragas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Dentre as quais, se destaca *Myochrous armatus*. O objetivo deste trabalho foi estudar a densidade populacional de *M. armatus* na cultura da soja em duas safras 2021/2022 e 2022/2023, no estado do Mato Grosso do Sul (MS). O estudo foi conduzido na área experimental da CropSolutions em, São Gabriel do Oeste, MS, que foi cultivada com cultivares soja 8473RSF Desafios RR e HO Aporé, em duas áreas de 600m<sup>2</sup>. Os insetos foram coletados manualmente na base de caule da planta (hastes e flor) por 1 m<sup>2</sup>, em cinco pontos distribuídos aleatoriamente e com pano-debatida semanalmente, conforme o estágio fenológico da cultura. Variáveis climatológicas foram obtidas a partir de estação Meteorológica localizada na área experimental de CropSolutions. O pico populacional foi em dezembro (2021) com um total de 305 adultos *M. armatus* na safra 2021/2022 e 215 adultos *M. armatus* na safra 2022/2023. Verificou-se, que não houve correlação significativa da umidade relativa do ar com os adultos. Além disso, as temperaturas máximas ( $r = 0,702991$ ) e médias (0,645803) influenciam a ocorrência da praga. A temperatura atua positivamente sobre a população. Constatou-se a ocorrência de adultos em duas safras com médias mensais que variaram de 0 a 43 e 0 a 35 (safra 2021/2022) e de 0 a 28 (safra 2022/2023) respectivamente. O *M. armatus* ocorreu em todo o período de avaliação. Assim, sua maior população de *M. armatus* concentrou-se no estágio vegetativo da cultura (safra 2022/2023).

Palavra chave: Flutuação populacional, cascudinho-da-soja, estágio fenológico

## Abstract

Pests attack the soybean crop throughout its development cycle. Studies that address mealworm density in soybean crops have yet to be carried out in regions where this pest occurs. This work aimed to study the population density of *M. armatus* in soybean crops in two harvests, 2021/2022 and 2022/2023, in the state of Mato Grosso do Sul (MS). The study was conducted in the experimental area of CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, cultivated with soybean cultivars 8473RSF Desafios RR and HO Aporé, in 600m<sup>2</sup>. Insects were collected manually at the base of the plant's stem (stems and flower) per linear meter, at five randomly distributed points, and with a cotton cloth weekly, according to the phenological stage of the crop. Climatological variables were obtained from a meteorological station in the CropSolutions experimental area. The population density of *M. armatus* was verified so that the population peak was in December (2021) with 305 *M. armatus* adults in the 2021/2022 harvest and 215 *M. armatus* adults in the 2022/2023 harvest. Furthermore, maximum ( $r = 0.702991$ ) and average (0.645803) temperatures influence the occurrence of the pest. The temperature acts positively on the population. The occurrence of adults was found in two harvests with monthly averages that varied from 0 to 43 and 0 to 35 (2021/2022 harvest) and from 0 to 28 (2022/2023 harvest), respectively. *M. armatus* occurs variably throughout the evaluation period. Thus, its largest population of *M. armatus* was concentrated in the vegetative stage of the crop (harvest 2022/2023).

Keywords: Population fluctuation, soybean mealworm, phenological stage

## 2. 1. Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma oleaginosa importante, e é considerada como principal produto explorado pelas propriedades rurais do Sul, Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, tornando o Brasil um dos maiores produtores mundiais (CONAB, 2024). A produção mundial total de soja na safra 2023/2024 foi 396,85 milhões de toneladas métricas (MMt), sendo o Brasil com 155,0 milhões de toneladas métricas (MMt) são responsáveis pela maior parte das exportações de soja (USDA, 2024).

A cultura da soja é infestada por diversas pragas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, destacando os artrópodes fitófagos mais importantes, e podem ser agrupados em lagartas desfoliadoras como *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), as espécies pertencentes à subfamília Plusiinae, *Chrysodeixis includens* Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae), e *Rachiplusia nu* Guenée, 1852 (Lepidoptera: Noctuidae), as espécies do gênero *Spodoptera*: *Spodoptera eridania* Cramer, 1782, *S. cosmioides* Walker, 1858, *S. albula* Walker, 1857 e *S. frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), a *Omiodes indicata* F., 1775 (Lepidoptera: Pyralidae) e mais recentemente espécies pertencentes à subfamília Heliiothinae como, *Heliiothis virescens* F., 1781 (BUENO *et al.*, 2008; BORTOLOTTTO *et al.*, 2015), e *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805 (Lepidoptera: Noctuidae) (CZEPAK *et al.*, 2013). Ampliando essa lista, existem os coleópteros desfolhadores com maior importância como *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae), *Phyllophaga cuyabana* Moser, 1918 (Coleoptera: Scarabeidae), *Lyogenis suturalis* Blanchard, 1851 (Coleoptera: Melolonthidae), *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae), *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae), *Blapstinus* sp. Sturm, 1826 (Coleoptera: Tenebrionidae) que são consideradas como importantes pragas da soja para algumas regiões brasileiras (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000; EMBRAPA, 2012).

Dentre os coleópteros, *M. armatus*, denominado Cascudinho-da-soja, é uma das pragas iniciais de soja, ocorrendo frequentemente nos últimos seis anos em Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul com maior incidência nas regiões de

Rondonópolis, Itiquira, Primavera do Leste e Campo Verde, mas já se têm relatos de ataques em outras regiões como São Gabriel do Oeste (DE SALLES, 2022).

Ainda sua ocorrência no Estado Mato Grosso do Sul deixam os agricultores da região com muita preocupação. É um inseto polífago que se alimenta de diferentes plantas cultivadas, ocasionando redução no rendimento da cultura e dificulta o desenvolvimento, devido aos danos e injúrias que causam nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000; EMBRAPA, 2012).

A espécie tem dieta restrita a algumas espécies de leguminosas, como a soja (*Glycine max* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (ROEL; DEGRANDE, 1989), e as braquiárias fedegoso (*Cassia occidentalis* L.), leiteiro ou amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), milho (*Zea mays* L.), são os hospedeiros preferenciais e causam aumento na população de *M. armatus* e os maiores prejuízos têm sido observados na cultura da soja (DEGRANDE; VIVAN, 2010a). O *M. armatus* é prejudicial, pois os adultos danificam a soja, se alimentam de tecidos do caule que ocorrem poucos dias após a emergência até os estágios vegetativos da soja.

O monitoramento é um componente principal do Manejo Integrado de Pragas (MIP), fundamental na implantação das técnicas que compõem a produção integrada por promover a racionalização do controle pragas, acompanhando a variação no número de indivíduos ao longo do tempo para definir as áreas críticas de uma lavoura, bem como detectar pragas que podem causar prejuízos financeiro, assim que prover as informações relevantes para a administração das medidas de controle (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000). O conhecimento do comportamento do *M. armatus* e sua flutuação temporal e sua ocorrência nas parcelas que abrigam seus hospedeiros permitem a implementação das estratégias de manejo que contribuam para reduzir a incidência dessa praga na cultura da soja, diminuindo o número de descendentes para as temporadas seguintes. Além disso, o monitoramento das parcelas com culturais precedentes (milho, soja e milheto) alguns meses antes da semeadura, possibilita de determinar a densidade de adultos no campo e adotar medidas adequadas para o controle dessa praga, como ajustamento as épocas de semeadura ou optar por tratamentos de sementes com inseticidas.

Conhecendo a ocorrência dos adultos nas parcelas, a adoção das estratégias e implementação alternativas de manejo da cultura podem reduzir a dispersão e persistência justamente após a colheita da soja (período estabelecido entre os meses



de março a setembro). A ocorrência dos adultos *M. armatus* é determinada durante o mês de setembro, no início do preparo do solo para a semeadura, onde permanece em plantas daninhas como a buva (*Conyza* sp), picão preto (*Bidens pilosa*) consideradas como plantas-hospedeiras, além de sobreviver em outros hospedeiros tais como soja e milho tiguera.

Essas informações subsidiarão estratégias de manejo mais eficazes para controlar essa praga. Portanto, como um primeiro passo importante para otimizar o manejo de *M. armatus*, o objetivo deste trabalho foi determinar as estratégias de monitoramento de *M. armatus*, e os fatores que afetam sua dinâmica populacional, na implementação de um manejo integrado dessa praga.

## **2.2. Material e Métodos**

### **2.2.1. Monitoramento de *Myochrous armatus***

O trabalho foi realizado na estação de pesquisa CropSolutions, localizada no município de São Gabriel do Oeste, no estado de Mato Grosso do Sul (MS) (Latitude a 17° 27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667 m) durante safras de soja 2021/2022 e 2022/2023), mantidas com manejo de controle durante os estágios de desenvolvimento.

Duas áreas experimentais de soja de 0,93 hectare e 1,86 hectare (safra 2021/2023) e uma área experimental de soja de 0,93 hectare (safra 2022/2023) foram monitoradas e avaliadas. Em cada área foram demarcadas três parcelas de 600 m<sup>2</sup>, destacando um espaço de 1 m em cada área para evitar o efeito de bordadura.

Dentro de cada parcela, cinco pontos de amostragens de 1 m<sup>2</sup> foram realizados para a coleta de *M. armatus* em todas linhas da soja. A coleta dos insetos foi feita semanalmente. Foram coletados *M. armatus* visíveis na base de caule da planta, na parte superficial da planta (hastes e flor), em pontos distribuídos aleatoriamente ao longo das áreas conforme o estágio fenológico da cultura.

Ao longo das áreas, em cinco pontos de 1 m<sup>2</sup>, aleatoriamente foram coletados indivíduos manualmente e com pano-de-batida preso em duas varas (1,0 m de comprimento x 1,0 m largura), conforme a metodologia proposta por Moraes *et al.* (1991), o qual era estendido em duas fileiras de soja e as plantas sacudidas

vigorosamente cerca dois minutos (GRIGOLLI; GRIGOLLI, 2018; HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000). O número de indivíduos coletado foi registrado em ficha de monitoramento estabelecida para o MIP-soja adaptado de Correa-Ferreira (2014), Embrapa (2012), onde anotava-se a data da vistoria, a propriedade de/Município, data de semeadura, cultivar, parcela, o estágio da planta, e quantidade de insetos.

As lavouras foram adubadas seguindo as recomendações das análises de solos realizados pelo centro de pesquisa. A correção do solo foi realizada com a aplicação de calcário de 3,5 t ha<sup>-1</sup> e a adubação de base foi constituída de 150 Kg ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio (KCL) e a adubação no sulco de plantio com 215 Kg ha<sup>-1</sup> da formulação 7-37-06, na linha de semeadura.

No mesmo período de avaliação, foram coletados os dados meteorológicos da Estação Meteorológica instalada no centro de pesquisa da CropSolutions. Apenas os dados referentes à temperatura máxima, a mínima, a média, a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica (Figura 2 e 3) foram coletados para correlacionar com a infestação e a densidade de *M. armatus* em relação dos estádios fenológicos de cada cultivar.

### **2.3. Análise dos dados**

Os dados meteorológicos, referentes à densidade populacional e o número médio de *M. armatus* por amostragem foram analisados graficamente. Também foram feitos estudos de correlação simples e regressão linear entre o número de *M. armatus* coletados manualmente e por pano-de-batida e os dados meteorológicos no período de avaliação (temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica total), com auxílio do programas AgroEstat (2010), versão 1.1.0712.

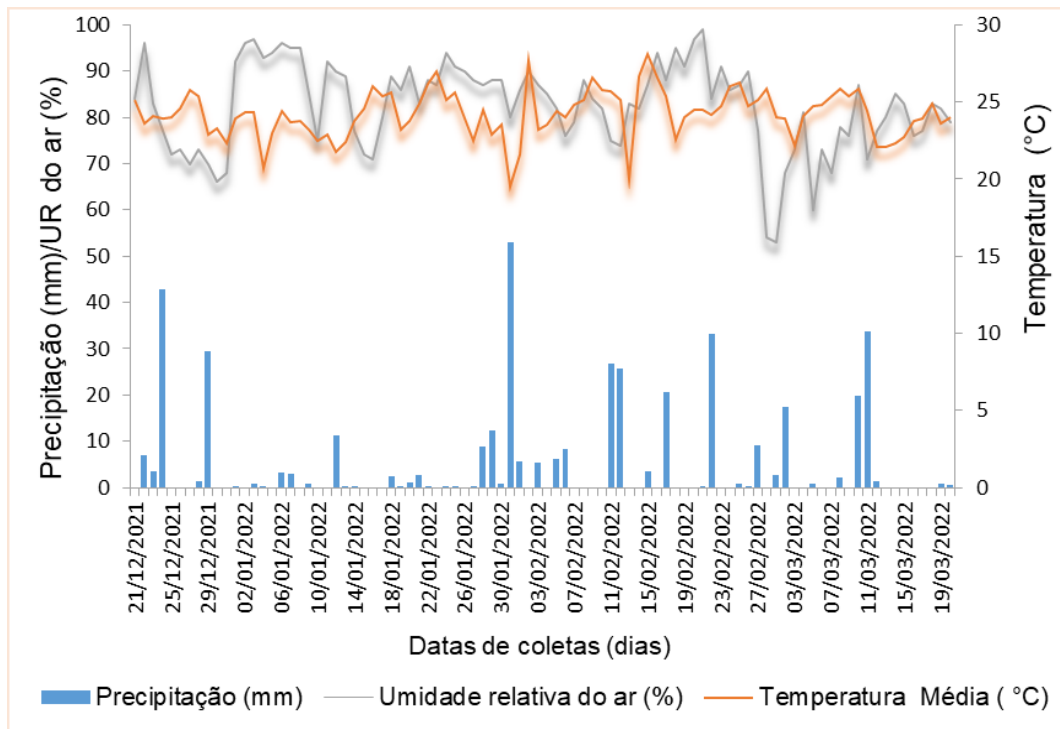


Figura 2 - Valores da precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar durante a coleta de *Myochrous armatus*, no período de dezembro de 2021 a março 2022. São Gabriel do Oeste, MS.

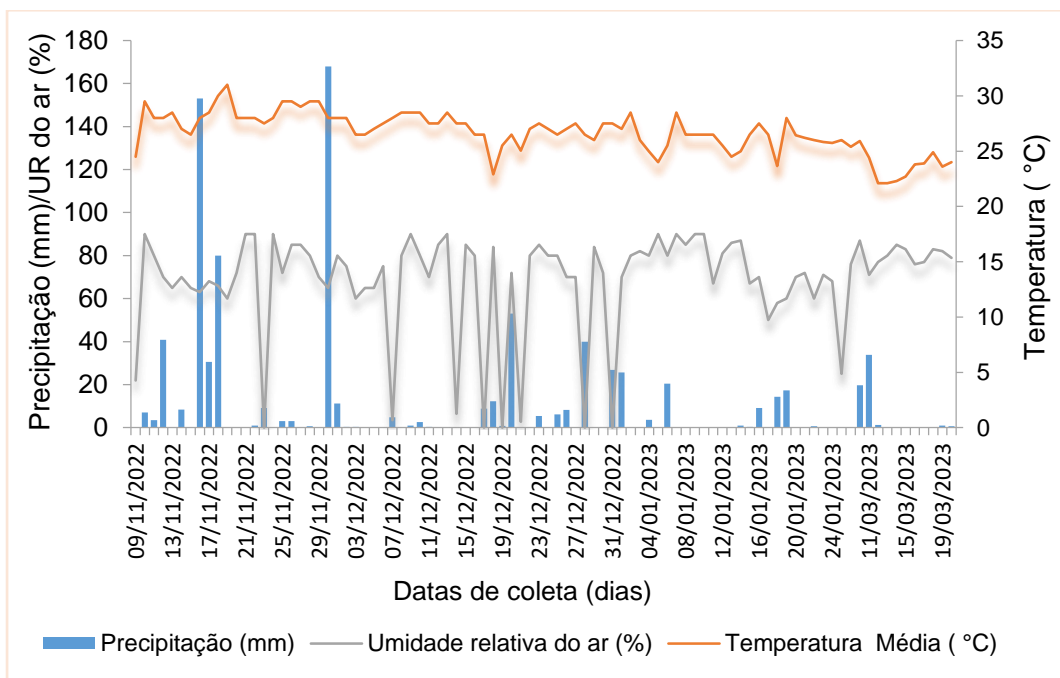


Figura 3 - Valores da precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar durante a coleta de *Myochrous armatus*, no período de novembro de 2022 a janeiro 2023. São Gabriel do Oeste, MS

Tabela 1 - Localização, áreas de cultivo e principais insumos utilizados nas parcelas monitoradas durante as safras de soja 2021/2022; 2022/2023. Município de São Gabriel da Oeste Mato Grosso do Sul

Coordenadas	Área de plantio	Cultivares	Semeadura	Solo <sup>1</sup>
Latitude a 17° 27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667 m.	0,93 ha	8473RSF Desafios RR	11/11/2021	Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa
Coordenadas Latitude a 17° 27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667 m.	1,86 ha	HO Aporé	22/11/2021	Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa
27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667 m.	0,93 ha	HO Aporé	25/10/2022	Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa

## 2.4. Resultados e discussão

### 2.4.1. Relações entre *M. armatus*, estádios fenológicos da soja e fatores meteorológicos

Foi coletado um total de 305 insetos (safra 2021/2022) e 215 insetos (safra 2022/2023) (Figura 4 e 5). Sua importância como praga que ataca as plântulas, caules de plantas de soja em estágios iniciais de desenvolvimento, os pecíolos, causa dobramento e grande parte das folhas e aos distúrbios fisiológicos depende da variabilidade do nível de ataque, ligado ao seu estágio fenológico, até causar sua morte.

Assim, a presença de *M. armatus* nas lavouras muitas vezes pode passar despercebida, pois tende a buscar locais mais frescos nos períodos mais quentes do dia, permanecem enrolados nas partes média e inferior das folhas da planta, principalmente os adultos. As injúrias, a parte de plantas em estádios fisiológicos mais avançados não são severas durante o desenvolvimento da cultura. Portanto, a necessidade de um bom acompanhamento da cultura desde a emergência até a fase reprodutiva, seu comportamento e a utilização de medidas de controle no momento certo e na dose certa é fundamental, principalmente ao nível da cobertura palhada,

podendo assim preservar o seu equilíbrio do sistema em termos de estratégias de monitoramento e sua medida de controle.

Para safra 2021/2022, as médias das temperaturas mensais foram variadas entre 30,85°C a 19,69°C, sendo que no mês de dezembro (25,5°C) foi apresentado a maior média temperatura, enquanto foi registrado a menor no mês de janeiro (23,95°C). A precipitação mensal acumulada variou de 0 mm (janeiro) a 29,5 mm (fevereiro), e totalizaram 104,5 mm durante todo o período avaliado (Figura 4).

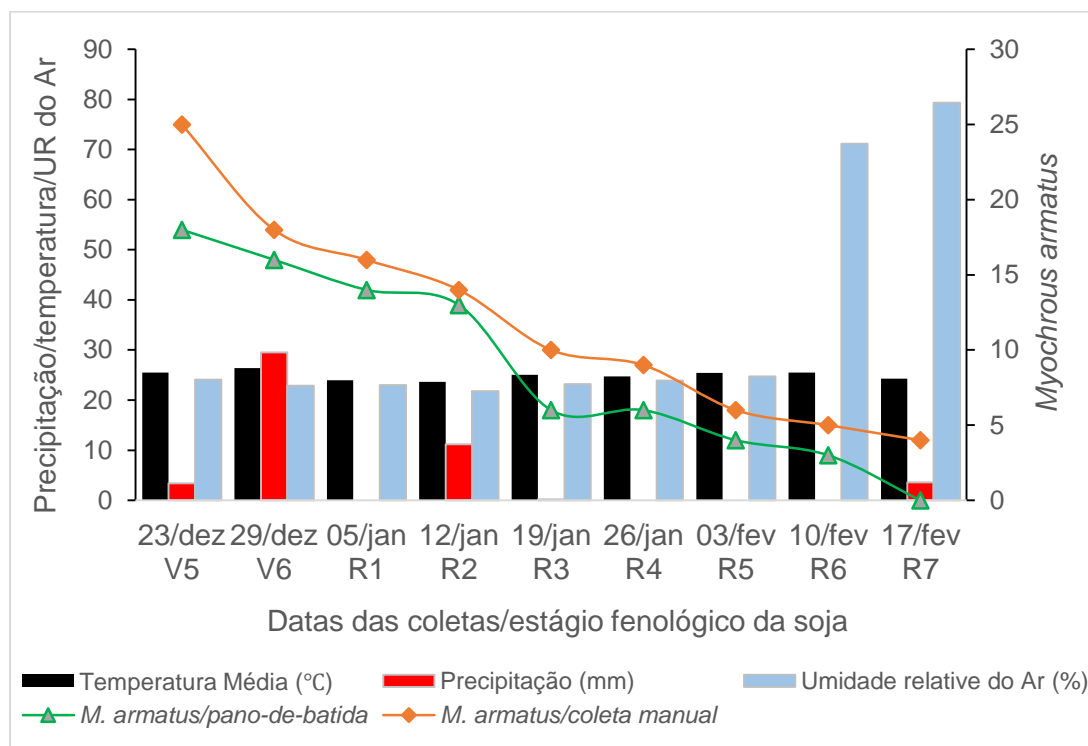


Figura 4 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual e por pano-de-batida em soja, cv. 8473RSFDesafios RR, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2021/2022

Na primeira área (safra 2021/2022), constatou-se que durante os estádios de desenvolvimento houve variação no número de insetos *M. armatus* coleta manualmente e com pano-de-batida. A partir dos estádios vegetativos V5 e V6 verificou a ocorrência com 25 e 18 insetos *M. armatus* para a coleta manual e 18 e 16 insetos *M. armatus* coletados com pano-de-batida, respectivamente (Figura 4). Em seguida houve redução gradual no número de insetos coletados nos estádios

reprodutivos R1 e R7 com 16 e 4 insetos por coleta manual e 14 e 0 insetos com pano-de-batida, respectivamente (Figura 4).

Portanto, o número de *M. armatus* coletado teve uma tendência de diminuição populacional relacionada com uma diminuição de temperatura (Figura 5), e também não foi influenciada pelas precipitações, mesmo no mês mais chuvoso, comparando com a segunda safra de 2022/2023 (Tabela 2).

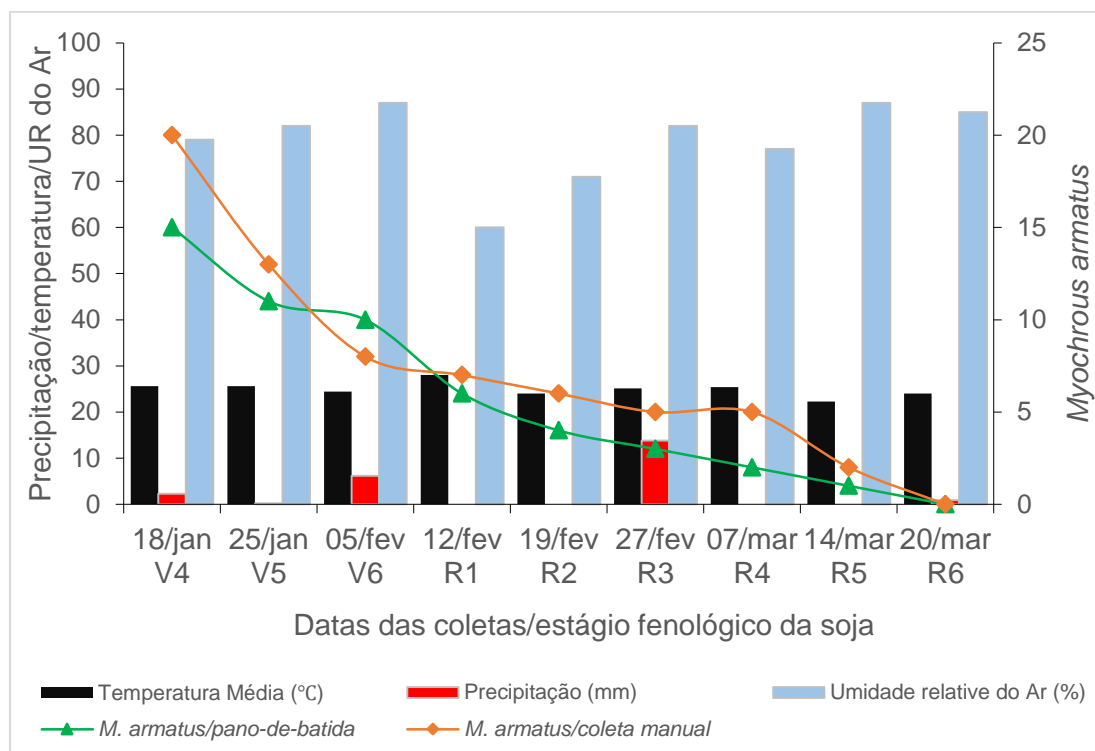


Figura 5 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual e por pano-de-batida em soja, cv. HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2021/2022.

Na segunda área (safra 2021/2022), constatou-se que durante os estágios de desenvolvimento da cultura também houve variação no número de insetos *M. armatus* coletado manualmente e com pano-de-batida. A partir do estágio V4, V5 e V6 verificou a ocorrência de 20, 13 e 8 insetos *M. armatus* para a coleta manual e 15, 11 e 10 insetos *M. armatus* com pano-de-batida, respectivamente (Figura 5). Em seguida houve redução gradual no número de insetos coletados nos estágios R1 com 7 insetos para coleta manual e 6 insetos com pano-de-batida, respectivamente (Figura 5).

Na safra 2022/2023, no período avaliado, as médias das temperaturas mensais tiveram pouca variação (entre 33,63 a 21,81°C), sendo que o mês de novembro foi o que apresentou a maior média temperatura (26,80°C), enquanto janeiro registrou a menor. A precipitação mensal acumulada variou de 0 mm (janeiro) a 168 mm (novembro), e totalizaram 375 mm durante todo o período avaliado (Figura 6). O número inseto coletado teve uma tendência de aumento populacional à medida que também houve uma tendência no aumento da temperatura (Figura 6).

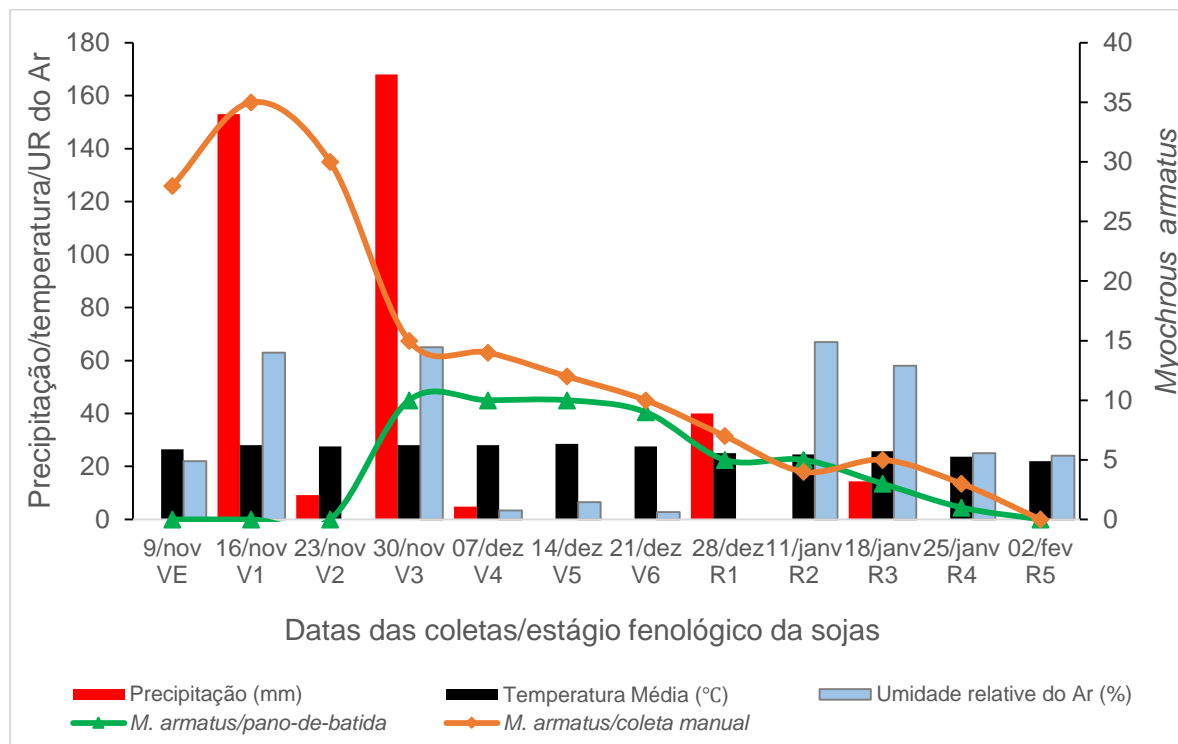


Figura 6 - Densidade populacional de adultos de *Myochrous armatus* obtida através de coleta manual em soja, cv HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, em relação com as variáveis climáticas observada, safra 2022/2023.

O cascudinho-da-soja ocorreu em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Observou-se nos estádios vegetativos VE, V1 e V2 (28, 35, 30 insetos para a coleta manual, apresentando uma diminuição na ocorrência até estádios V3, V4 e V5 com 15, 14 e 12 insetos, e também nos estádios reprodutivos R1 e R7 com 10 e 0 insetos (safra 2022/23), respectivamente. Portanto, para a coleta com pano-de-batida, nos estádios vegetativos V3 e V6 com 10 e 9 insetos foram coletados, respectivamente. Nos estádios reprodutivos R1 e R7, observou uma diminuição de 5 e 0 insetos (safra 2022/23) (Figura 6).

Para a cultivar HO Aporé, na safra 2021/2022, o maior número insetos foi no estádios vegetativos V4 com 20 e 15 insetos coletado manualmente e com pano-de-batida respectivamente (Figura 7). Nas condições de realização a pesquisa, o número de insetos coletados manualmente variam de 0 a 20 insetos, e de 0 a 35 insetos (safra 2021/2022 e 2022/2023, respectivamente (Figura 7). Constatou-se que em termos populacionais, o número máximo de indivíduos de *M. armatus* é importante, o que atribui em geral ao percentual de injúrias no caule e pecíolos de soja para esta espécie (Figura 7).

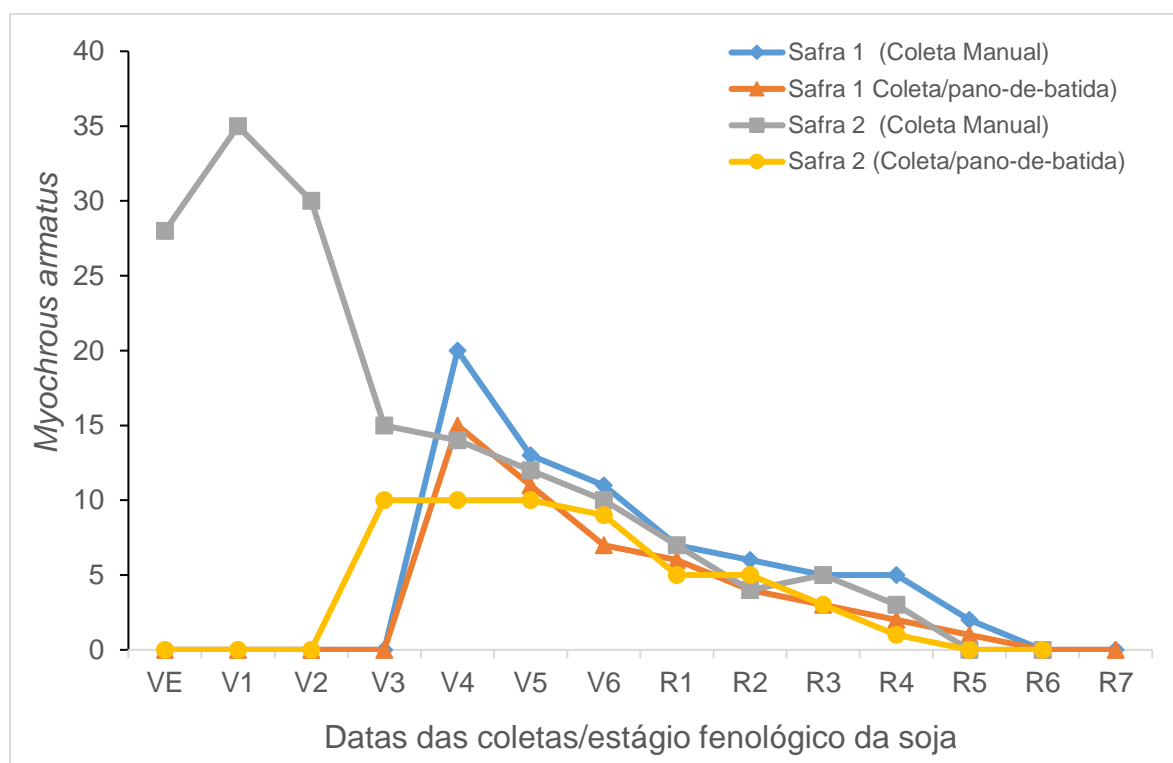


Figura 7 - Número médio de adultos de *Myochrous armatus* capturados durante monitoramento diário em soja com cv HO Aporé, na estação de pesquisa CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS, safra 2021/2022 e 2022/2023.

De qualquer maneira, na safra 2021/2022, dentro dos limites de realização deste trabalho o maior número de insetos capturados para a espécie foi aos estádios vegetativos (V1 e V4), entre 10° e 33° dias após a emergência. Na safra 2022/2023, verificou-se que sua ocorrência foi alta, tendo ocorrido durante do período de monitoramento diferente de safra 2021/2022, relacionado aos estádios vegetativos (VE-V1) entre 5° e 10° dias após a emergência com uma densidade populacional de 8 a 15 insetos/metro quadrado, proporcionando grande perda de plantas com ataque



logo após a emergência. Degrande; Vivan (2010a), relatou-se no seu trabalho que os adultos de *M. armatus* atacam o caule e hastes das plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento poucos dias após a emergência, ocorrendo nos pecíolos, causando dobramento e murcha das folhas até causando a sua morte.

No estudo de correlação verificou que os fatores climáticos (temperaturas máxima, média, mínima, precipitação total e umidade relativa do ar) não influenciam na densidade populacional de *M. armatus* (Tabela 2).

Não houve correlação significativa entre o número de insetos adultos de *M. armatus* monitorado e os parâmetros climáticos tanto na primeira área quanto na segunda área (safra 2021/2022) (Tabela 2), talvez isso indique que a densidade populacional de *M. armatus* em soja não seja influenciada diretamente por um clima variável, principalmente no período de monitoramento, que está relacionada com o estado fisiológico da cultura soja. Vale ressaltar que o estágio vegetativo da cultura pode ser considerado como um fator, uma vez que a maior intensidade de ataque ocorre nas lavouras semeadas durante os meses de outubro, novembro e dezembro, principalmente, pois, o maior número de insetos ocorreram no período mais quente e chuvoso, assim o comportamento da população do *M. armatus* variou com nível de precipitação alta e elevada de temperatura.

Um aumento da umidade relativa do ar implicou em redução na população de insetos adultos *M. armatus* no ambiente. Apesar dos resultados terem mostrados que houve uma correlação não significativa positiva da umidade relativa do ar com os insetos adultos *M. armatus*, área 1 –  $r = 0,316$ , área 2 –  $r = 0,422$  (safra 2021/2022), verificando-se que a diminuição da população de inseto acompanhou uma diminuição destes parâmetros (Figura 4 e 5; Tabela 2).

Na safra 2022/2023, as temperaturas máximas ( $r = 0,702991$ ) e médias (0,645803) influenciaram a ocorrência de *M. armatus*, apresentando uma correlação significativa e positiva, ou seja, o valor positivo do coeficiente indica que a população de cascudinho aumenta com o aumento desse fator físico (Tabela 2).

Além disso, as precipitações pluvias registradas foram apenas 376,4 mm de chuva, assim que os outros fatores como umidade relativa do ar que apresentou correlação não significativa e negativa ( $r = - 0,0832$ ) e também a precipitação fluvial que registrou uma correlação não significativa e positiva ( $r = 0,4533$ ) com a flutuação deste inseto.

Foi amostrado um total de 520 indivíduos adultos de *M. armatus* na cultura soja para embos as cultivares. A população de *M. armatus* mostrou-se uma influência pela umidade relativa do ar ao longo das avaliações, com a maior abundância entre os meses de novembro e janeiro. Os picos populacionais mais altos ou baixos de insetos, dependem, além da planta hospedeira, também da intensidade da precipitação pluviométrica durante o período determinado (WAQUIL *et al.*, 2010).

No geral, o padrão da densidade populacional da espécie na cultura da soja indica que a infestação de *M. armatus* ocorreu durante os primeiros meses de avaliações, na qual pode ser observada uma redução graduável no número de indivíduos, em função de uma diminuição da temperatura e da variação da umidade relativa do ar. Desse modo, o fato que a maior número de inseto ocorre no período inicial de cultivo, pode indicar que a espécie sobrevive, se reproduz em mesmas áreas ou áreas próximas à lavoura e migra para a mesma, em condições ambientais favoráveis, tendo em vista que este inseto infesta o cultivo na fase adulta.

A densidade populacional de *M. armatus* e o período da emergência dependem da temperatura e da umidade do solo durante o período em que os insetos permanecem na lavoura. Essas variáveis podem afetar a soma térmica necessária para o inseto completar o seu ciclo biológico, determinando a emergência. A partir da semeadura em outubro/novembro, começam infestações aumentar sua densidade em um período com alta precipitação e alta temperatura na região. Assim, ocorrência de *M. armatus* na soja é geralmente associada ao clima quente e chuvoso. Isso ocorre porque uma elevação de temperatura acima de 25°C exerce uma grande influência sobre o desenvolvimento desse inseto e/ou deslocar a área de ocorrência desta praga para regiões mais próximas da temperatura ideal para o seu desenvolvimento.

Tabela 2 - Regressão e coeficientes de correlação encontrados entre os fatores climáticos e número mensal de adultos de *Myochrous armatus* em soja das cv 8473RSFDesafios RR e cv HO Aporé. Município de São Gabriel da Oeste MS, safra 2021/2022 e 2022/2023

Fatores climáticos	F	P	R <sup>2</sup>	Coeficiente de correlação "r"
Safra 2021/2022 cv. 8473RSF Desafios RR				
<i>Myochrous armatus</i>				
Temperatura máxima (°C)	0,02 ns	0,9969	0,0030	-0,0015 ns
Temperatura mínima (°C)	2,88 ns	0,1332	0,2919	-0,6193 ns
Temperatura média (°C)	3,28 ns	0,1129	0,319	-0,5117 ns
Precipitação fluvial (mm)	3,38 ns	0,1085	0,3257	-0,562 ns
Umidade relativa do ar	1,38 ns	0,2788	0,1645	0,316 ns
cv. HO Aporé				
<i>Myochrous armatus</i>				
Temperatura máxima (°C)	0,70 ns	0,4316	0,0905	-0,3008 ns
Temperatura mínima (°C)	1,15 ns	0,1141	0,1411	-0,3756 ns
Temperatura média (°C)	0,86 ns	0,3854	0,109	-0,3302 ns
Precipitação fluvial (mm)	0,13 ns	0,7279	0,0184	-0,135 ns
Umidade relativa do ar	1,52 ns	0,2573	0,178	0,422 ns
Safra 2022/2023 cv. HO Aporé				
<i>Myochrous armatus</i>				
Temperatura máxima (°C)	8,79 *	0,0158	0,4942	0,702991*
Temperatura mínima (° C)	0,63 ns	0,4466	0,0658	-0,02564 ns
Temperatura média (° C)	6,44 *	0,0318	0,4171	0,645803 *
Precipitação fluvial (mm)	2,33 ns	0,1614	0,2055	0,45336 ns
Umidade relativa do ar	0,06 ns	0,8079	0,0069	-0,0832 ns

<sup>ns</sup> correlação não significativa de 1% de probabilidade, programas Agro Estat (2010).

Houve correlação significativa entre o número de insetos adultos de *M. armatus* monitorado quando comparados insetos coletados na safra 2021/2022, em coleta manual e pano-de-batida (Tabela 3). Deste modo, com base nos resultados obtidos, pode-se observar que *M. armatus* apresentou uma correlação linear acima de 90%. Isso indique que maior número insetos foi coletado manualmente com 176 insetos e 129 insetos para pano-de-batida. Na safra 2022/2023, estádios fenológicos influenciaram a ocorrência de *M. armatus*, apresentando uma correlação não significativa e negativa, ou seja, o valor negativa do coeficiente indica a população de cascudinho coletada foi maior no estágio vegetativa (Tabela 3).

Da mesma forma, os resultados terem mostrados que houve correlação não significativa negativa que influenciaram por estádios fenológicos da cultura com os insetos adultos *M. armatus* monitorado, verificando-se que o valor negativa do coeficiente esta ligado com fase de desenvolvimento da cultura no período de monitoramento entre duas safras na forma de coleta manual. Nas duas safras (2021/22/2022/23) estudadas a maior correlação linear encontrada foi na safra (2022/2023) com  $r = 0,98924$  quando comparados fenologia versus inseto *M.armatus* monitorado por pano-de-batida, uma correlação positiva, o que se pode estabelecer que existe uma associação entre o inseto *M. armatus* e o estágio fenológico (Tabela 3).

Tabela 3 - Regressão e coeficientes de correlação encontrados entre os estádios fenológicos e número mensal de adultos de *Myochrous armatus* em soja das cv 8473RSFDesafios RR e cv HO Aporé. Município de São Gabriel da Oeste MS, safra 2021/2022 e 2022/2023

	F	P	$R^2$	Coeficiente de correlação "r"
<i>M. armatus</i>				
Safra 2021/2022	460,42**	< 0,0001	0,9756	0,9572**
Safra 2022/2023	2,02ns	0,1858	0,1679	-0,4098ns
<i>M. armatus</i>				
Safra 21/22 x 22/23 – Col/manual	0,59ns	0,4575ns	0,0468	-0,2164ns
Safra 21/22 x 22/23 - Col/pano-de-batida	138,27**	< 0,0001	0,9201	0,98924**

<sup>ns</sup> correlação não significativa de 1% de probabilidade, programas Agro Estat (2010).

## 2.5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que o pico populacional de *M. armatus* foi entre novembro 2022 (safra 2022/2023), mostrando-se influenciada pelos fatores climáticos (temperaturas e precipitação).

A temperatura anotada no presente estudo age de maneira positiva no aumento da população de *M. armatus*, apresentou uma influência na densidade populacional de adultos de *M. armatus* na safra 2022/2023.

Houve a ocorrência de *M. armatus* em todo o período de avaliação, porém, a população de inseto demonstrou demais sua ocorrência nos estádio vegetativos da cultura.

A maior população de *M. armatus* concentrou-se no estádio vegetativo da cultura (safra 2022/2023). Atrasando a época de plantio haverá baixa nível infestação ligados aos estádios vegetativos da cultura mais avançada.

### **3- Capítulo 2 - Métodos de aplicação de pós inertes à base de terra diatomáceas como alternativa de controle de *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) e formas de aplicação**

#### **Resumo**

O cascudinho, *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) é uma praga da soja, sendo assim, o uso de terra de diatomáceas (TD) pode ser uma alternativa promissora para auxiliar no manejo de *M. armatus*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de TD contra adultos de *M. armatus*. O bioensaio foi realizado em laboratório Entomologia de CropSolutions em São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (MS), em sala climatizada (temperatura: 25±2°C, umidade relativa do ar: 70 ±10 % e fotofase: 12 horas). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram constituídos na forma de TD polvilhada nas concentrações 0,5 (T1), 0,75 (T2), e 1g (T3). No tratamento com TD pulverizada as concentrações 0,5 (T4), 0,75 (T5) e 1g (T6) foram diluídas em diferentes volumes de 50, 75 e 100mL de água por tratamento, respectivamente, e o controle (T7) (água). De modo geral, de acordo com os resultados, a terra de diatomácea testada é considerada eficaz para o controle de adultos *M. armatus* em laboratório, sendo que menor mortalidade ocorreu em TD pulverizada na concentração 0,5 g (T4) com 2,5 %, e maior mortalidade com 37%, em TD polvilhada nas concentrações 1 g (T2 e T3). A forma polvilhada nas concentrações de um grama causou maior taxa de mortalidade total nos adultos com 97,5 %.

Palavra-chave: cascudinho-da-soja, dióxido de sílica, manejo integrado de pragas.

## Abstract

The bud, *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae), is a soybean pest. Therefore, using diatomaceous earth (TD) can be a promising alternative to assist in managing *M. armatus*. Thus, this work aimed to evaluate the efficiency of DT against *M. armatus* adults. The bioassay was carried out in the CropSolutions Entomology laboratory in São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (MS), in an air-conditioned room (temperature:  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , relative humidity:  $70 \pm 10\%$  and photophase: 12 hours). The experiment was carried out in a completely randomized design with seven treatments and eight replications. The treatments were constituted in the form of TD sprinkled in concentrations 0.5 (T1), 0.75 (T2), and 1g (T3). In the treatment with sprayed TD, concentrations 0.5 (T4), 0.75 (T5), and 1g (T6) were diluted in different volumes of 50, 75, and 100mL of water per treatment, respectively, and the control (T7) (water). In general, according to the results, the diatomaceous earth tested is considered adequate for controlling *M. armatus* adults in the laboratory, with lower mortality occurring in TD sprayed at a concentration of 0.5 g (T4) with 2.5% and higher mortality at 37%, in DT sprinkled at concentrations of 1 g (T2 and T3). The powdered form in concentrations of one gram caused a higher total mortality rate in adults at 97.5%.

Keywords: soybean mealworm, silica dioxide, integrated pest management.

### 3. 1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja, sendo os Estados Sul e Centro-Oeste do Brasil, são os maiores produtores, produzindo em 2024, 155,0 milhão de toneladas (MMt) (USDA, 2024). O crescimento da produção de sojicultura tem estimulado práticas de manejo que contribuem para a ocorrência dos insetos pragas entre os quais se destaca *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) popularmente conhecido como cascudinho-da-soja. O adulto *M. armatus* é um besouro de 5 mm de comprimento, formato oval e coloração cinza-escura, marrom ou preta, sempre com manchas mais escuras. As larvas são amareladas e vivem freqüentemente no solo, alimentando-se de matéria orgânica e raízes de plantas (HOFFMANN-CAMPO, 2002; DA COSTA MOREIRA; ARAGÃO, 2009).

As injúrias causadas por adultos *M. armatus* na soja geralmente ocorrem desde três dias após a emergência até estágio vegetativo V3 da cultura. Neste estágio, os insetos danificam os cotilédones com pequenas perfurações irregulares e algumas nas folhas unifoliadas, cortam trifólios, causam pequenas lesões irregulares, raspam o caule até a destruição completamente das plantas.

O manejo de *M. armatus* é baseado principalmente em pesticidas químico-sintéticos à rápida, tais como Curacron, um produto (acaricida/inseticida) registrado para Syngenta Proteção de Cultivos para o controle dessa praga (SPC, 2024). Alguns inseticidas de contato e ingestão relativamente novos de grupos químicos Organofosforados e Piretroides como cipermetrina (1L ha<sup>-1</sup>) (Cipermetrina 250 EC CCAB®); Profenofós + Luniferon (1L ha<sup>-1</sup>) (Curyom® 550); acefato (1kg ha<sup>-1</sup>) (Acefato Nortox); clorpirifós (1,5 Lha<sup>-1</sup>) Clorpirifós®480 EC); esfenvalerato + fenitrotiona (0,5 1L ha<sup>-1</sup>) (Pirephos®EC) foram desenvolvidos para uso como aplicação foliar (PERIN; PEREIRA, 2022). A eficiência desses pesticidas podem apresentar algumas desvantagens como surgimento de populações resistentes a reinfestação das pragas, e mesmo o uso intensivo desses produtos pode prejudicar o meio ambiente e a saúde humana.

Pós inertes à base de terra de diatomácea (TD) podem ser utilizados como alternativa para o controle do *M. armatus*, pois se trata de um produto natural e atóxico aos seres humanos e não reage com outras substâncias (LORINI *et al.*, 2001).



A TD é uma fonte de sílica e este pó mineral inerte é utilizado em vários países do mundo como Austrália, Brasil, Canadá e Estados Unidos (ATUI *et al.*, 2003), para controle de pragas como *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae) *Callosobruchus maculatus* Fabr., 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae), *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) (ASSIS *et al.*, 2011; MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2022). A TD como inseticida eficaz, seguro e estável, esse produto afeta o balanço hídrico quando ocorre abrasão do tegumento e adsorção das partículas do pó ao corpo do inseto e remoção da cera epicuticular, resultando na perda excessiva de água, estresse e morte do inseto (ASSIS *et al.*, 2011; SHAH, KHAN, 2014; WAKIL *et al.*, 2021).

Pesquisas baseadas no uso de pós minerais inertes como uma alternativa de baixo impacto ambiental, são necessárias para auxiliar no manejo de *M. armatus*. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da TD em condições de laboratório, visando sua utilização no controle de *M. armatus*.

## **3. 2 Material e Métodos**

### **3.2.1. Local de estudo**

O experimento foi realizado em Laboratório de Entomologia da Estação de Pesquisa de CropSolutions. A estação localizada, no município de São Gabriel do Oeste/MS, (Latitude a 17° 27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667 m). A estação de pesquisa é credenciada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a realização de ensaio RET (Registro Especial Temporário).

### **3.2.2. Obtenção de população *Myochrous armatus***

A coleta de adultos de *M. armatus* foi realizada manualmente em cultura de soja, utilizando recipiente (1000 mL) e garrafa plásticos (1,5 L) fechados com tampas perfuradas (cinco orifícios por tampa, com 1 mm de largura) para permitir a troca de ar entre o interior e o exterior. Posteriormente, esses coleópteros foram levados para o laboratório, onde foram mantidos, por 24 horas alimentando de folha de soja.

### 3.2.3. Formulação de terra diatomácea

A formulação TD utilizada nos testes, Diatomito (TD) natural puro contendo 84 a 97% SiO<sub>2</sub>, 3 a 7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,3 a 1,5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foi obtida da Loja Aimirim, São Paulo, SP, Brasil.

### 3.2.4. Eficácia de terra diatomácea no controle *Myochrous armatus*

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos e oito repetições no Laboratório de Entomologia do Centro de Pesquisa de CropSolutions, São Gabriel do Oeste, MS. Cada unidade experimental (UE) de recipiente plástico de 700 mL coberto com tecido voil de 5 cm de diâmetro e prato isopor descartável (10 cm de diâmetro) com 40 adultos de *M. armatus* não sexados por tratamento. O ensaio de exposição foi realizado em folhas de soja com pecíolos com formulação TD polvilhada padronizada nas concentrações de 0,5 (T1), 0,75 (T2) e 1g (T3)/tratamento. No tratamento com TD pulverizada as concentrações 0,5 (T4), 0,75 (T5) e 1g (T6) foram diluídas em diferentes volumes de 50, 75 e 100 mL de água por tratamento, respectivamente. Para o polvilhamento de TD sobre folhas com hastes da soja, foi utilizado um pincel chato (815-12). Para a TD pulverizada, para cada UE foi unoculada 1mL de cada concentração com auxílio de uma pipeta sorológica graduada de 1/10 (5m L). No controle (T7) foram utilizados 5 mL de água. As UEs foram mantidas em sala climatizada (temperatura: 25±2°C, umidade relativa do ar: 70 ±10% e fotofase: 12 horas). As avaliações foram realizadas 24, 48, 72, 96 horas após a aplicação.

### 3.3. Análise dos dados

Para cada período de avaliação após a aplicação, os dados de mortalidade (%), e o número de insetos vivos de *M. armatus* foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F, identificando as possíveis interações entre os fatores TD polvilhada e TD pulverizada e as concentrações. A mortalidade corrigida dos tratamentos foi calculada utilizando a fórmula de Abbott (1925). Posteriormente, os dados foram submetidos à regressão polinomial, essas análises foram feitas no software R (Development Core Team, 2023).

### 3.4. Resultados

#### 3.4.1. Eficácia de terra diatomácea no controle *Myochrous armatus*

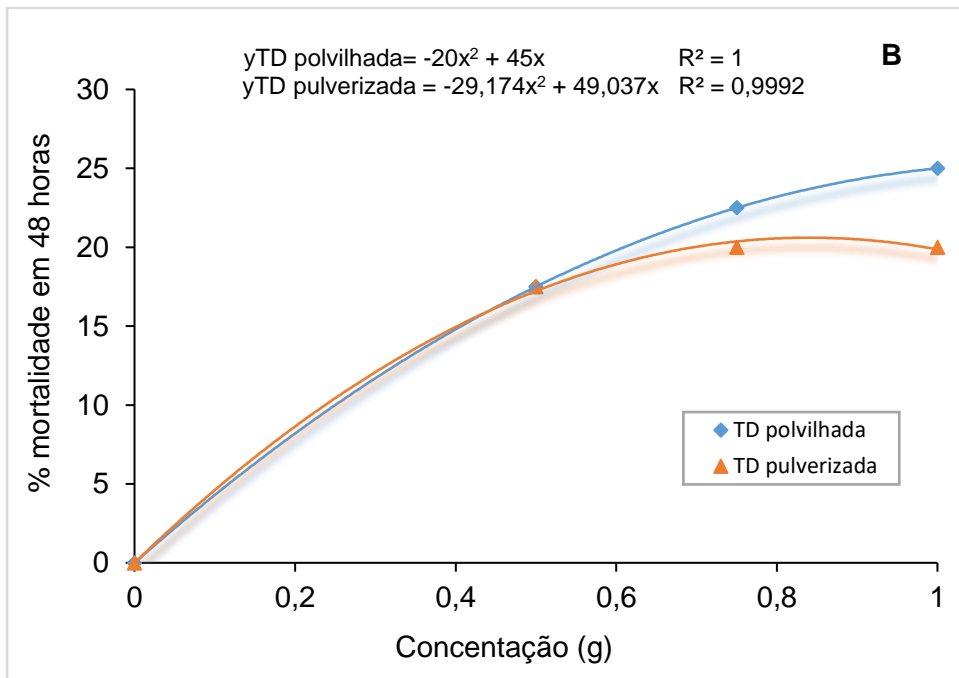
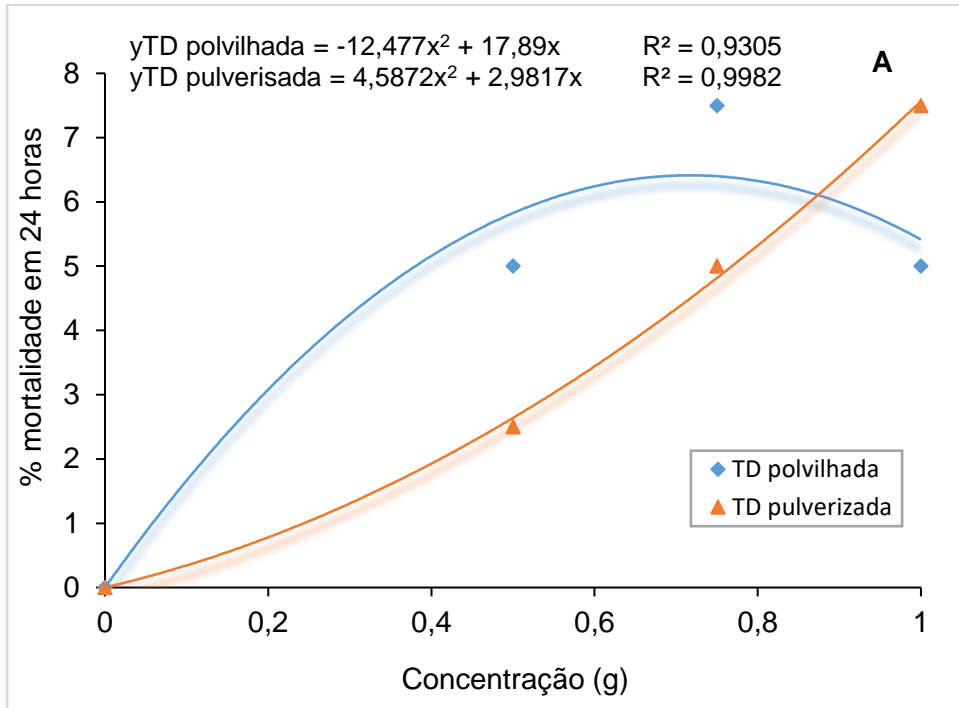
De acordo com o resultado da análise de variância, pode-se afirmar que o uso de pós inertes à base de TD pode auxiliar no controle de *M. armatus*. Às 24 horas, houve interação significativa entre tratamento TD polvilhada e as concentrações ( $F = 31,49$ ,  $F_{stat} = 36,98$ ,  $p < 0,0001$ ) e entre tratamento na forma TD pulverizada e as concentrações para a mortalidade de *M. armatus* ( $F = 6,82$ ;  $F_{stat} = 91,9$ ;  $p = 0,01508$ ), sendo que as concentrações 0,75g e 1g de TD na forma polvilhada pulverizada, respectivamente, apresentaram mortalidade igual de *M. armatus* com 7,5%. A relação entre a mortalidade de *M. armatus* de TD polvilhada e TD pulverizada na concentração 1g foi ajustada pelo modelo quadrático de regressão com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,93 e 0,99, respectivamente (Figura 8A).

Às 48h, houve interação significativa entre tratamento TD polvilhada e as concentrações, sendo que a concentração 1g ( $F = 65,08$ ;  $F_{stat} = 44,3$ ;  $p < 0,0001$ ) apresentou maior mortalidade (25%) de *M. armatus* (Figura 8B).

Às 72 h, não houve interação significativa entre tratamento TD polvilhada e as concentrações ( $F = 1,88$ ;  $F_{stat} = 60,77$ ;  $p = 0,1818$ ). A concentração de 1g do tratamento TD polvilhada apresentou porcentagem de mortalidade de *M. armatus* 30%. A análise de regressão se ajustou significativamente aos dados de mortalidade na concentração de 1g pelo modelo quadrático de regressão com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,99. Houve interação significativa entre tratamento TD pulverizada e as concentrações 0,5, 0,75 e 1g ( $F = 7,23$ ;  $F_{stat} = 29,12$ ;  $p = 0,1257$ ), sendo que a concentração 0,75 g apresentou maior mortalidade com 22,5 %. No geral, a mortalidade aumentou com o aumento da concentração em todos os tratamentos (Figura 8C).

Às 96h, houve interação significativa entre tratamento TD polvilhada e as concentrações para a mortalidade de *M. armatus* ( $F = 86,38$ ;  $F_{stat} = 368,8$ ;  $p < 0,0001$ ) e também com tratamento TD pulverizada e as concentrações ( $F = 41,12$ ,  $F_{stat} = 239,9$   $p < 0,0001$ ) (Figura 8D). As concentrações 0,75 e 1g apresentaram maior mortalidade ou igual com 37,5%. Portanto, a concentração 1g do tratamento TD na forma pulverizada apresentou mortalidade 30%. De modo geral, após às 96 horas, de acordo com os resultados, a terra de diatomácea testada é considerado eficaz para o

controle de adultos *M armatus* em laboratório. A forma TDpolvilhada nas concentrações de 1 g foi melhor para a aplicação de TD contra adultos *M armatus*, apresentando maior taxa de mortalidade total com 97,5 % após 96 h.



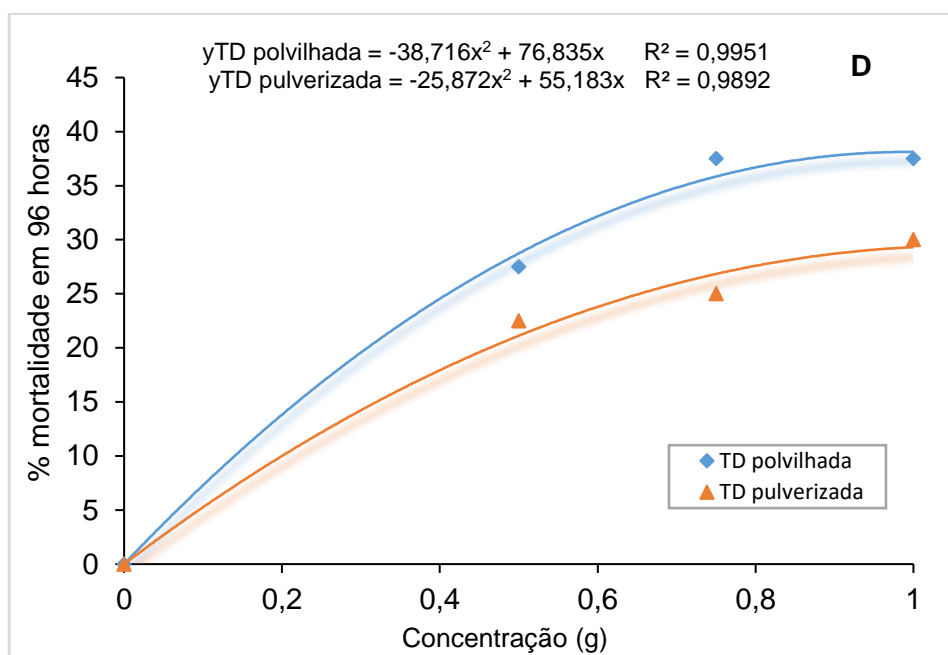
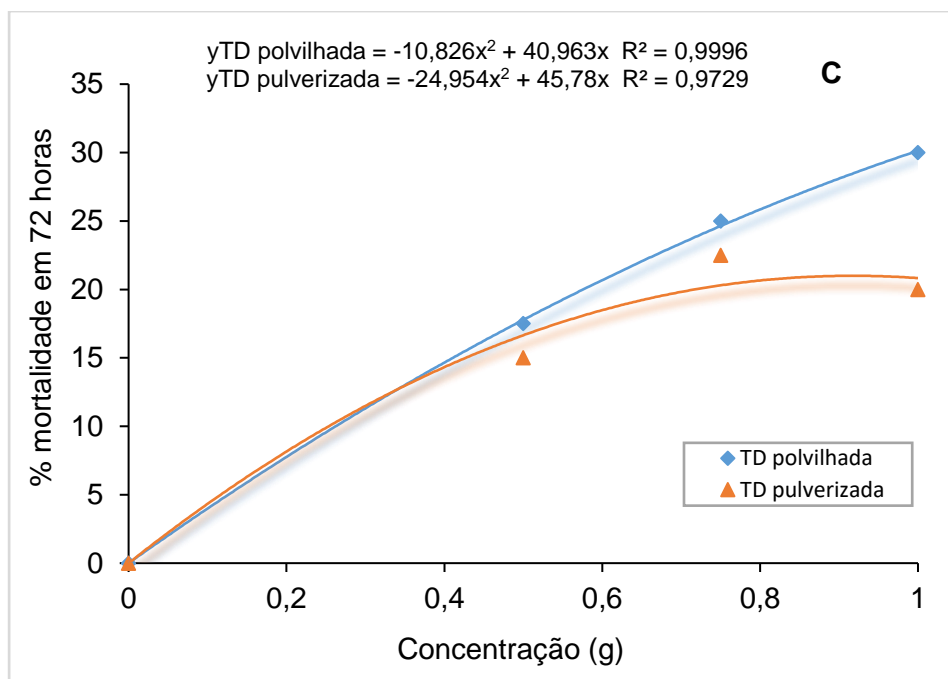


Figura 8. Mortalidade (média  $\pm$  EP) (%) de adultos *Myochrous armatus* submetida a diferentes concentrações (0,5g, 0,75g e 1g/tratamento) de terra de diatomáceas em condições de laboratório aos 24, 48, 72 e 96 horas. As linhas representam tendência de mortalidade de *M. armatus* em relação de diferentes concentrações de TD.

Os tratamentos com TD polvilhada nas concentrações 0,75 e 1g apresentaram taxa de mortalidade total acima de 90% (Figura 9).

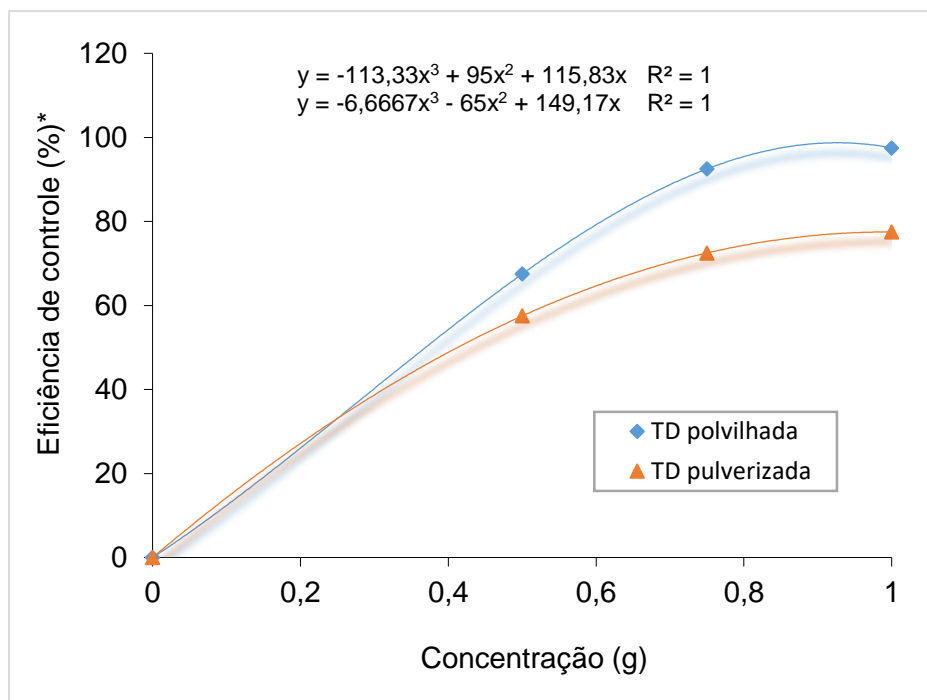


Figura 9 - Mortalidade acumulada dos adultos de *Myochrous armatus*, quando expostos em diferentes concentrações de terra de diatomácea (0,5 g, 0,75 g e 1g/tratamento) em condições de laboratório por 96 horas. \*Eficiência de controle pela formula de Abbott (1925)

As figuras 10 A e 10 B mostraram a diferença entre o número insetos vivos de *M. armatus* expostos a diferentes concentrações de TD. Às 24h (Figura 10 A), o número de indivíduos de *M. armatus* vivos foi maior na testemunha, em relação as diferentes concentrações.

Às 96 h ocorreu uma diminuição de insetos vivos de *M. armatus* quanto expostos na concentração de 0,5 g, em torno crescimento de 1,86 na concentração 0,75g e diminuiu a 0,12 em TD polvilhada (Figura 10 A). Às 24 h o maior número insetos vivos ocorreu na concentração 0,75 g, quando então começou a decrescer. Às 96 h no tratamento com TD pulverizada foi observado que a diminuição constante dos insetos vivos e, influenciada pelas concentrações aplicadas (Figura 10 B).

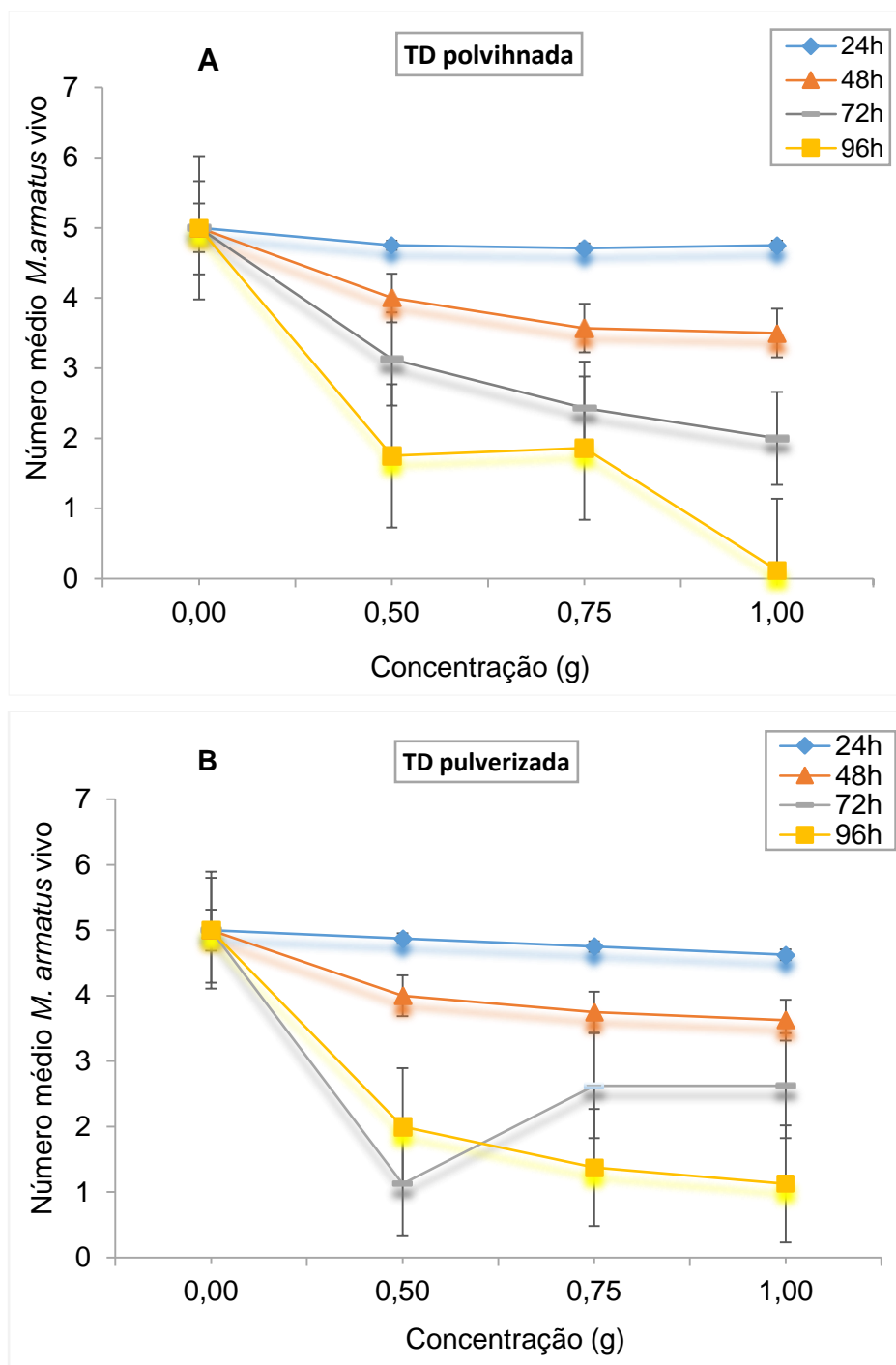


Figura 10 - Número médio ( $m \pm EP$ ) adultos de *Myochrous armatus*, vivos, quando expostos em diferentes concentrações (0,5g, 0,75g e 1g/tratamento) em TD polvilhada e TD pulverizada em condições de laboratório por 24h, 48h, 72h e 96h. As linhas representam tendência do número médio de *Myochrous armatus* vivos em relação ao diferentes doses de TD.

### 3.5. Discussão

Foi avaliado TD, usando diferentes concentrações devido a suscetibilidade de *M. armatus* ao TD dependendo de diferentes fatores, como a concentração, temperatura, umidade relativa do ambiente. As TD diferem em espécies de diatomáceas, origem, distribuição de tamanho de partícula e conteúdo de SiO<sub>2</sub>. Estas propriedades dos DEs influenciam suas atividades inseticidas (OKONKWO, *et al.*, 2018.)

A terra de diatomáceas é muito importante por ser o único inseticida natural de origem mineral do mundo, pois, sua eficácia contra inseto é grandemente influenciada pelas condições ambientais (KORUNIĆ *et al.*, 2016), de acordo com a origem geológica das minas de onde é extraído e provavelmente devido às diferenças nas propriedades físicas e morfológicas das diatomáceas (YASSINE *et al.*, 2019). O aumento da mortalidade dos insetos é influenciado pelas concentrações aplicadas, corroborando os resultados obtidos com de *Callosobruchus maculatus* (F., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) em condições de laboratório (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2013).

A TD na concentração de 1g causou a maior mortalidade de adultos *M. armatus*, pois, um aumento de concentração de TD aumentou significativamente a mortalidade adultos *M. armatus*. Resultados de estudos corroboram aos de Arthur (2004) and Wakil *et al.* (2010) realizados em vários insetos como *Tribolium castaneum*, H. 1797 (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica*, Fabr. 1792 (Coleoptera: Bostrichidae), *Sitophilus oryzae*, L. 1763 (Coleoptera: Curculionidae), que observaram aumento da mortalidade com o aumento da quantidade de TD e do tempo de tratamento.

Houve maior mortalidade de adultos *M. armatus* na forma TD polvilhada durante tratamento após 96 horas em comparação aos tratamentos na forma TD pulverizada. Considerando os resultados obtidos neste trabalho, a TD é considerada como uma alternativa de controle de *M. armatus*, pois alguns trabalhos já mostraram o efeito potencial de TD no controle de outros insetos como *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleoptera: Curculionidae) (ALVES *et al.*, 2022), sendo que a TD polvilhada têm sido referida também como métodos mias eficientes no controle de *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) (ASSIS *et al.*, 2011).



### 3.6. Conclusões

Nossos resultados demonstraram que TD mostraram efeito no controle de *M. armatus*, resultando em alta taxa de mortalidade entre 67 e 97,5% e 57,5 e 77,5% na forma TD polvilhada e quanto na forma TD pulverizada respectivamente. A TD na forma polvilhada alcançou o maior percentual de mortalidade e deve ser avaliada como um possível método alternativo de controle contra outras espécies de insetos coleopteros.

#### 4 -Capítulo 3- Eficácia de inseticidas microbiológicos e químicos como alternativas para controle de *Myochrous armatus* (Baly, 1865) (Coleoptera : Chrysomelidae)

##### Resumo

*Myochrous armatus* (Baly, 1865) (Coleoptera: Chrysomelidae) tem causado sérios prejuízos a muitos produtores de soja em algumas regiões no Brasil e em vários outros países da América do Sul. A aplicação de inseticidas biológicos pode ser uma alternativa eficaz para suprimir esta praga. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de inseticidas microbiológicos formulados a partir dos fungos *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (Bometil) e *B. bassiana* (Ballvéria), e bactéria *Bacillus thuringiensis* (Acera) isoladamente e em combinação com os inseticidas químicos fipronil, etiprole e clorpirifós, contra adultos de *M. armatus* em laboratório entomologia de CropSolutions em São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (MS). O delineamento O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com treze tratamentos, cada tratamento com oito repetições (placas de Petri de 9 cm de diâmetro, com duas folhas de papel filtro) e cinco adultos de *M. armatus* por placa de Petri, totalizando 40 adultos de *M. armatus* por tratamento. Água destilada foi utilizada como controle. Os tratamentos foram: Fipronil 800 WG CCAB; Curbix 200 CS; Clorpirifós 480 EC; Bometil 300 g/kg; Ballvéria 300g/kg; Acera 64g/L; Fipronil 800 WG CCAB + Bometil 300 g/kg; Fipronil 800 WG CCAB + Ballvéria 300g/kg; Bometil 300 g/kg + Curbix 200 CS; Ballvéria 300g/kg + Curbix 200 CS; Bometil 300 g/kg + Clorpirifós 480 EC; Ballvéria 300g/kg + Clorpirifós 480 EC. O experimento foram mantidos em sala climatizada (temperatura:  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar:  $70 \pm 10 \%$  e fotofase: 12 horas). Os inseticidas à base de *B. bassiana* + *M. anisopliae* foram mais patogênicos que os à base de *B. bassiana*, causando taxas de mortalidade acumuladas nos dez dias com 85,0 e 65,0% respectivamente. Em contraste, *B. thuringiensis* causou 92,5% de mortalidade. Estes produtos sozinhos e em combinação foram eficazes para o controle nas suas concentrações mais baixas. Portanto, o uso de inseticidas microbiológicos individualmente ou em combinação com inseticidas químicos é uma alternativa promissora para o manejo integrado de *M. armatus*.

Palavras-chave: Cascudinho-da-soja, controle biológicos e químicos, manejo integrado de pragas

## Abstract

*Myochrous armatus* (Baly, 1865) (Coleoptera: Chrysomelidae) has caused severe damage to many soybean producers in some regions in Brazil and several other countries in South America. Applying biological insecticides can be an effective alternative to suppressing this pest. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of microbiological insecticides formulated from the fungi *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (Bomethyl) and *B. bassiana* (Ballvéria) and the bacteria *Bacillus thuringiensis* (Acera) alone and in combination with the chemical insecticides fipronil, etiprole and chlorpyrifos, against adults of *M. armatus* in the CropSolutions entomology laboratory in São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (MS). The experiment was carried out in a completely randomized design with thirteen treatments, each with eight replications (9 cm diameter Petri dishes, with two sheets of filter paper) and five *M. armatus* per Petri dish, totaling 40 adults of *M. armatus* by treatment. Distilled water was used as a control. The treatments were: Fipronil 800 WG CCAB; Curbix 200 CS; Chlorpyrifos 480 EC; Bomethyl 300 g/kg; Ballveria 300g/kg; Acera 64g/L; Fipronil 800 WG CCAB + Bomethyl 300 g/kg; Fipronil 800 WG CCAB + Ballvéria 300g/kg; Bomethyl 300 g/kg + Curbix 200 CS; Ballvéria 300g/kg + Curbix 200 CS; Bomethyl 300 g/kg + Chlorpyrifos 480 EC; Ballvéria 300g/kg + Chlorpyrifos 480 EC. The experiment was carried out in an air-conditioned room (temperature:  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , relative humidity:  $70 \pm 10\%$ , and photophase: 12 hours). Insecticides based on *B. bassiana* + *M. anisopliae* were more pathogenic than those based on *B. bassiana*, causing accumulated mortality rates over the ten days of 85.0% and 65.0%, respectively. In contrast, *B. thuringiensis* caused 92.5% mortality. These products alone and in combination were effective for control at their lowest concentrations. Therefore, using microbiological insecticides individually or in combination with chemical insecticides is a promising alternative for the integrated management of *M. armatus*.

Keywords: Soybean mealworm, biological and chemical control, integrated pest management

#### 4.1. Introdução

A soja é considerada uma das culturas mais importantes do mundo (LIN *et al.* 2022) com uma produção de 396,85 milhões de toneladas métricas (MMt) na safra 2023/2024) numa área cultivada estimada a 139,47 milhões de hectare, com 93,51% da produção concentrada em países como Brasil (155,0 milhões de Mt), Estados Unidos Américas (113,34 milhões de Mt), Argentina (50,0 milhões de Mt), China (20,84 milhões de Mt), Índia (11,0 milhões de Mt), Paraguai (10,30 milhões de Mt), Canadá (6,98) e Bolívia (3,65 milhões de Mt) (USDA, 2024).

Dentre as praga da soja, destaca-se *Myochrous armatus* (Baly, 1865) (Coleoptera: Chrysomelidae), conhecido popularmente como cane leaf or bud, é um besouro de 5 mm de comprimento, formato oval e coloração cinza-escura, marrom ou preta, sempre com manchas mais escuras ou claras (HOFFMANN-CAMPO, 2002). Os adultos causam perdas significativas de rendimento da soja, com o corte das plantas recém-emergidas, danificando cotilédones, causando pequenas lesões irregulares na caule ou com o corte do pecíolo e queda do trifólio, assim causando sua morte (DEGRANDE; VIVAN, 2010a).

Atualmente o Curacron® (profenofós) (profenofós) é um acaricida/inseticida para o controle dessa praga (SPC, 2024). No Estado Mato Grosso do Sul, as plantações de soja infestada são tratadas com alguns inseticidas de grupos químicos cipermetrina + profenofós (1L/ha), acefato (1kg ha<sup>-1</sup>), clorpirifós (1,5L ha<sup>-1</sup>) esfenvalerato + fenitrotiona (0,5L ha<sup>-1</sup>) (PERINI; PEREIRA, 2022). A baixa persistência do pesticida requer várias rodadas de pulverização profilática e geral para evitar a reinfestação da praga, e mesmo o uso intensivo desses produtos pode prejudicar o meio ambiente e a saúde humana. Portanto, métodos alternativos de controle com baixo impacto ambiental devem ser desta praga devem ser mais estudados, tais como os fungos entomopatogênicos (FEPs). Estes fungos são considerados como agentes de biocontrole que podem ser mais adequados para o controle do cascudinho.

O controle biológico por meio de uso de inseticidas microbiológicos nas práticas de manejo de pragas torna-se uma alternativa de manejo viável, visto que esses agentes se destacam pela especificidade ao hospedeiro, seletividade aos insetos benéficos além de conservar e proteger o meio ambiente no agroecossistema (ALVES *et al.*, 2008). Os inseticidas microbiológicos à base de *Bauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* estão

entre os principais agentes de controle biológico microbiano. A combinação destes fungos a diferentes compostos para obtenção de formulações, aliada a capacidade de produção, tornaram estes patógenos mais comercializados no mundo (JIN et al., 2008). Bometil®, Ballvéria® e Acera® são os biocontroladores de pragas, formulados a partir de mistura de isolados de *B. bassiana* + *M. anisopliae*, *B. bassiana* e, *B. thuringiensis*. São considerados entomopatogênicos pois atuam no inseto como uma doença, penetrando na sua cutícula e com a colonização dos seus órgãos internos liberam substâncias nocivas e, assim, o inseto para de se alimentar e morre (BALLAGRO AGRO TECHNOLOGIA, 2024).

Os biopesticidas oferecem um caminho para proteger a cultura, ao mesmo tempo em que reduzem a dependência de inseticidas sintéticos. Assim, os FEPs têm potencial para se adaptar a diferentes condições ambientais e climáticas, mostrando-se eficazes como biopesticidas e também têm potenciais para minimizar as populações-alvo de pragas em várias culturas (MEYLING; EILENBERG, 2007; ZIMMERMANN, 2008; MARTÍNEZ *et al.*, 2022). No entanto, o efeito de controle dos FEPs é instável, pois eles são facilmente influenciados por fatores abióticos e bióticos, como o solo ou sua interação, que na maioria dos casos podem interferir de forma particular em cada fase do seu ciclo (MORA *et al.*, 2016).

Os FEPs são considerados como inseticidas microbiológicos de ação lenta, levando mais tempo do que os inseticidas químico-sintéticos para causar mortalidade aos insetos. Para aumentar a velocidade de mortalidade de insetos, é possível uma mistura compatível com concentrações subletais de inseticidas químico-sintéticos. Os FEPs podem agir sinergicamente com estes inseticidas, visto que sua ação pode aumentar a mortalidade e reduzir o tempo até a morte em insetos (SHARIFIFARD *et al.*, 2011, BITSADZE *et al.*, 2013). Para um controle eficaz, o uso combinado de FEPs como *B. bassiana* e *M. anisopliae* com inseticidas químicos de baixa dosagem é uma opção promissora de controle de pragas, e é especialmente vantajoso por diminuir a dose de aplicação de inseticida, reduzir a contaminação ambiental e também diminuir o risco de resistência (NAWAZ *et al.*, 2022).

Pesquisas acerca dos inseticidas microbiológicos como opções ambientalmente alternativas aos inseticidas convencionais, são necessárias para nortear as alternativas de controle de *M. armatus*, pois, podem favorecer seu manejo e sustentar um programa de controle de pragas como é preconizado nos programas de integração. Neste

contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia dos inseticidas microbiológicos e químicos contra adultos de *M. armatus*.

## **4.2. Material e métodos**

### **4.2.1. Local de estudo**

O estudo foi realizado em Laboratório de Entomologia da estação de pesquisa de CropSolutions, localizada no município de São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (19°27'42,61" de latitude Sul e 54°36'59,51" de longitude Oeste), a 658 metros de altitude. Estação de pesquisa credenciados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a realização de ensaio RET (Registro Especial Temporário).

### **4.2.2. Coleta de insetos**

Os espécimes de *M. armatus* foram coletados em lavoura de soja, na estação de Pesquisa de CropSolutions, utilizando recipiente (1000 mL) e garrafas Pet plásticas (1,5 L) fechadas com tampas perfuradas (cinco orifícios por tampa, com 1 mm de largura) para permitir a troca de ar entre o interior e o exterior. Posteriormente, foi levado para o laboratório, onde foram mantidos, por 24 horas alimentando de folha de soja.

### **4.3.3. Formulações e tratamentos químicos de inseticidas e bioinseticidas**

Foram utilizadas formulações compostas por grânulos dispersíveis em água (WG), suspensões concentradas (SC) e concentrados emulsionáveis (CE) dos seguintes inseticidas químicos: (i) Fipronil® 800 WG CCAB (CCAB AGRO S.A. Alameda Santos, Cerqueira César, São Paulo, Brasil), contendo concentração de 80% de ingrediente ativo (IA) fipronil; (ii) Curbix® 200 CS (Bayer S.A., São Paulo, Brasil), contendo concentração de 20,0% de IA etiprol; e (iii) Clorpirifós 480 EC (Nortox S.A. Araçatuba, Paraná, Brasil), contendo concentração de 20,0% de IA clorpirifós®. Por sua vez, os inseticidas microbiológicos foram formulados a partir de concentrados emulsionáveis (CE) e pó molhável (WP) de: (i) Bometil® 300 g/kg (Ballagro AgroTecnologia Ltda., São Paulo, Brasil), contendo concentração de 15% do AI *B. bassiana*, Isolado IBCB 66 ( $4,3 \times 10^8$  ufc g<sup>-1</sup>) + 15% do IA *M. anisopliae*, Isolado IBCB 425 ( $3,2 \times 10^8$  ufc g<sup>-1</sup>); (ii) Ballvéria® 300g/kg (Ballagro AgroTecnologia Ltda., São Paulo, Brasil), contendo concentração de

30% de IA *B. bassiana*, Isolado IBCB 66 ( $1,0 \times 10^9$  ufc g<sup>-1</sup>); e (iii) Acera® 64g/L (Ballagro AgroTecnologia Ltda., São Paulo, Brasil), contendo concentração de 6,4% de IA *B. thuringiensis*, Isolados 1641 e 1644 ( $1,3 \times 10^9$  esporos viáveis mL<sup>-1</sup>). Os inseticidas químicos foram testados individualmente e em combinação nas concentrações recomendadas, enquanto os inseticidas microbiológicos foram testados apenas nas concentrações recomendadas pelo fabricante e em combinação com os inseticidas químicos. Os inseticidas microbiológicos foram baseados no FEPs *B. bassiana* e *M. anisopliae* e na bactéria *B. thuringiensis* (Tabela 3).

Tabela 3 -Inseticidas químicos e microbiológicos comerciais utilizados nos bioensaios laboratoriais contra *Myochrous armatus*

Ingrediente Ativo	Dose (c.p)	Nome comercial	Grupo químico
Fipronil	0.262g/L	Fipronil®80WG CCAB	Pirazol
Ethiprole	2.5 g /L	Curbix®200 SC	Fenilpirazol
Chlorpyrifos	8.0 mL/L	Clorpirifós®480 EC	Organofosforado
<i>Beauveria bassiana</i> IBCB 66 <i>Metarhizium anisopliae</i> IBCB 425	2.0 g/L	Bometil®300 WP	Inseticida microbiológico
<i>Beauveria bassiana</i> IBCB 66	2.0 g/ L	Ballvéria®300 WP	Inseticida microbiológico
<i>Bacillus thuringiensis</i> IBCB 1641 + 1644	5.0 mL/L	Acera®64 EC	Inseticida microbiológico

<sup>a</sup>Dose, g ou mL de c.p. (produto comercial)/1 litro de água. IBCB: Instituto Brasileiro de Controle Biológico; WG: Grânulos Dispersíveis em Água; SC: Suspensão Concentrada; CE: Concentrado Emulsionável e WP: Pó Molhável.

#### 4.2.4. Bioensaios

##### 4.2.4.1. Efeito de doses de inseticidas químicos e microbiológicos na mortalidade de adultos de *Myochrous armatus*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com treze tratamentos, cada tratamento com oito repetições (placas de Petri de 9 cm de diâmetro, com duas folhas de papel filtro) e cinco adultos de *M. armatus* por placa de Petri, totalizando 40 adultos de *M. armatus* por tratamento. Água destilada foi utilizada como controle.

Os inseticidas químicos e microbiológicos foram preparados nas concentrações dos princípios ativos descritos na Tabela 3 (água + inseticida químico e/ou microbiológico) em garrafas PET com capacidade de 1,5 L. Uma suspensão de 1mL de cada inseticida químico e biológico foi aplicada em cada frasco separadamente ou em combinação nas concentrações recomendadas (Tabela 3). As garrafas foram agitadas manualmente por cerca de cinco segundos e a solução de cada tratamento antes de aplicação. A suspensão de cada solução foi feita com auxílio de um pulverizador a pressão (Vonder 1,5 L), aplicada uma vez  $\approx 1$  mL) na superfície das placas contendo adultos de *M. armatus*. As placas foram vedadas com papel filme PVC e mantidas em sala climatizada (temperatura:  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar:  $70 \pm 10\%$  e fotofase: 12 horas).

As avaliações foram realizadas um dia após a aplicação (DAA), aos 03, 07 e 10 DAA. Os adultos de *M.armatus* mortos foram colocados em placas de Petri de 9 cm diâmetro com duas folhas de papel filtro. Cada placa foi selada com filme PVC, identificada e armazenada em câmara climatizada tipo BOD (temperatura  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , umidade relativa  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 24 h) por 10 dias para crescimento dos fungos.

### 4.3. Análise dos dados

Inicialmente, os dados de mortalidade acumulada (%) aos 03, 07 e 10 dias de avaliação após o tratamento e adultos vivos de *M. armatus* foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variância de Bartlett. Utilizamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e análise de variância (ANOVA) para verificar as diferenças entre os tratamentos. O teste post hoc ( $p < 0,05$ ) foi então realizado por meio dos testes de Dunn-Bonferroni para verificar os dados que não atendem aos pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias e para ajuste dos valores de *P*. Essas análises foram realizadas no software R (R Development Core Team, 2023).



#### 4.4. Resultados

##### 4.4.1. Efeito de inseticidas químicos e microbiológicos em adultos de *Myochrous armatus*

Todos os tratamentos apresentaram atividade inseticida significativa contra *M. armatus* quando aplicados isoladamente e em diversas combinações. No entanto, os tratamentos combinados foram mais eficazes que os individuais. Cada produto químico (fipronil, etiprole, clorpirifós) e produto microbiológico (Ballvéria, Bometil, Acera) apresentaram diferentes efeitos inseticidas sobre adultos de *M. armatus*. Os insetos atacados pelos fungos apresentavam coloração esbranquiçada ou levemente amarelada em ambos os lados do tegumento e morriam quando as estruturas reprodutivas do fungo cobriam todo o corpo (Figura 11).

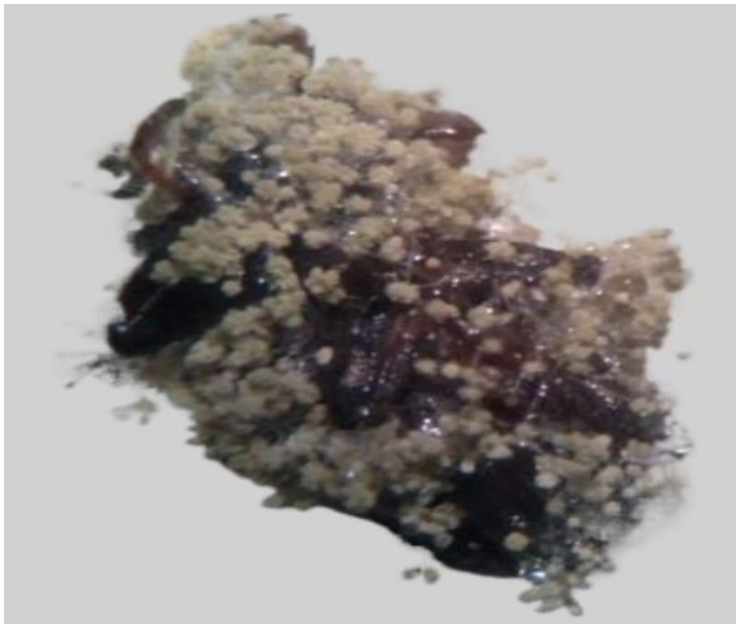


Figura 11 - Adultos *Myochrous armatus* infectados com Bometil (*Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*)

##### 4.4.2. Efeito de doses de inseticidas químicos e microbiológicos na mortalidade de adultos de *Myochrous armatus*

Houve diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) na mortalidade cumulativa de adultos de *M. armatus* em função dos inseticidas químicos e microbiológicos 10 dias após a aplicação (DAA) dos produtos. A suscetibilidade dos insetos aos produtos (microbiológicos e químicos) variou. Embora em todos os tratamentos a mortalidade tenha aumentado com o tempo, as taxas deste aumento foram diferentes.

A aplicação de todos os inseticidas testados isoladamente ou em combinação (químico + microbiológico) resultou em 100% de mortalidade dos insetos (Tabela 4). Um DAA, fipronil (87,5%), etiprole (80,0%) e *B. bassiana* + *M. anisopliae* + clorpirifós (55,0%) causaram mortalidade de adultos de *M. armatus* superior a 50,0% ( $F = 96,79$ ; d.f. = 12, 91;  $P < 0,0001$ ) (Tabela4). Três DAA, fipronil, etiprole e clorpirifós causaram 100% de mortalidade. A combinação *B. bassiana* + *M. anisopliae* causou 22,5% de mortalidade e não diferiu de *B. bassiana* (10,0%) e *B. thuringiensis* (17,5%). As combinações de *B. bassiana* + *M. anisopliae* + clorpirifós e *B. bassiana* + clorpirifós também causaram 100% de mortalidade e as médias diferiram estatisticamente das combinações de *B. bassiana* + *M. anisopliae* + fipronil (70%), *B. bassiana* + fipronil (60 %), *B. bassiana* + *M. Anisopliae* + etiprole (50%) e *B. bassiana* + etiprole (42,5 %) ( $F = 178,05$ ; d.f. = 12, 91;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 4). Aos sete DAA, as taxas de mortalidade dos insetos devido à aplicação de *B. thuringiensis* (52,5%) e *B. bassiana* + *M. Anisopliae* (55,0%) foram estatisticamente idênticas e diferiram da taxa de mortalidade causada por *B. bassiana* (35,0%) ( $F = 108,97$ ; d.f. = 12, 91;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 4). Dez DAA, a taxa de mortalidade do tratamento com *B. thuringiensis* (92,5%) diferiu significativamente das taxas causadas por *B. bassiana* isoladamente (65,0%) ( $F = 73,32$ ; d.f. = 12, 91;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 4).

Tabela 4- Mortalidade cumulativa (%) (média  $\pm$  EP) de adultos *Myochrous armatus* expostos isoladamente e em combinações de diferentes concentrações de produtos químicos e biológicos em condições de laboratório aos 01, 03,07 e 10 dias após aplicação dos tratamentos

Tratamento	Mortalidade (%)			
	1 dia	3 dias	7 dias	10 dias
Fipronil	87,50 $\pm$ 3,65 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
Ethiprole	80,00 $\pm$ 3,77 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
Chlorpyrifos	47,50 $\pm$ 3,65 b	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. bassiana</i> IBCB 66 + <i>M. Anisopliae</i> IBC 425 *	0,00 $\pm$ 0,00 d	22,50 $\pm$ 4,53 e	55,00 $\pm$ 5,00 c	85,00 $\pm$ 5,00 a
<i>B. bassiana</i> IBC 66 *	0,00 $\pm$ 0,00 d	10,00 $\pm$ 3,77 f	35,00 $\pm$ 5,00 d	65,00 $\pm$ 7,31 b
<i>B. bassiana</i> IBCB 66 + <i>M. Anisopliae</i> IBC 425 + fipronil	45,00 $\pm$ 8,23 b	70,00 $\pm$ 6,54 b	87,50 $\pm$ 3,65 ab	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. bassiana</i> IBC 66 + fipronil	25,00 $\pm$ 5,00 c	60,00 $\pm$ 6,26 bc	77,50 $\pm$ 4,53 b	87,50 $\pm$ 3,77 a
<i>B. bassiana</i> IBCB 66 + <i>M. Anisopliae</i> IBC 425 + ethiprole	15,00 $\pm$ 3,65 cd	50,00 $\pm$ 3,77 cd	85,00 $\pm$ 5,00 ab	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. bassiana</i> IBC 66 + ethiprole	12,50 $\pm$ 3,65 cd	42,50 $\pm$ 2,50 d	77,50 $\pm$ 5,90 b	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. bassiana</i> IBCB 66 + <i>M. Anisopliae</i> IBC 425+ chlorpyrifos	55,00 $\pm$ 5,00 b	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. bassiana</i> IBC 66 + chlorpyrifos	42,50 $\pm$ 2,50 b	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
<i>B. thuringiensis</i> IBCB 1641 + 1644 *	2,50 $\pm$ 0,94 d	17,50 $\pm$ 4,53 e	52,50 $\pm$ 5,26 cd	92,50 $\pm$ 3,65 a
Control (water)	0,00 $\pm$ 0,00 d	0,00 $\pm$ 0,00 f	2,50 $\pm$ 2,50 e	7,50 $\pm$ 3,65 c
<i>F</i>	96,79	178,05	108,97	73,32
<i>d.f</i>	12,91	12,91	12,91	12,91
<i>P</i>	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Médias ( $\pm$ EP) em cada coluna seguidas da mesma letra (para cada dia de avaliação) não são estatisticamente significativas pelo teste Post hoc de Dunn-Bonferroni,  $p < 0,05$ . \*Bonetil (*Bauveria bassiana*, Isolado IBCB 66 + *Metarhizium Anisopliae*, Isolado IBCB 425), Ballvéria (*Bauveria bassiana*, Isolado IBCB 66), Acera (*Bacillus thuringiensis*, Isolados IBCB 1641 + 1644)

Os resultados mostram uma diminuição gradual no número de insetos *M. armatus* após a aplicação dos produtos isoladamente ou em combinação. Em um DAA foram observados percentuais de mortalidade  $\geq 80\%$  para fipronil e etiprole, e mais de 50% de mortalidade para a combinação de *B. bassiana* + *M. anisopliae* + clorpirifós. No 3º DAA houve redução total do número de insetos vivos nos tratamentos fipronil e etiprole, mas também na combinação *B. bassiana* + *M. anisopliae* + clorpirifós e *B. bassiana* + clorpirifós. Em um DAA dos produtos houve redução de aproximadamente 33,4% no número médio de insetos vivos em todos os testes, enquanto entre 3 e 7 DAA houve redução média de 74,0 %, e aos 10 DAA a redução foi de 88,6% (Figura 12).

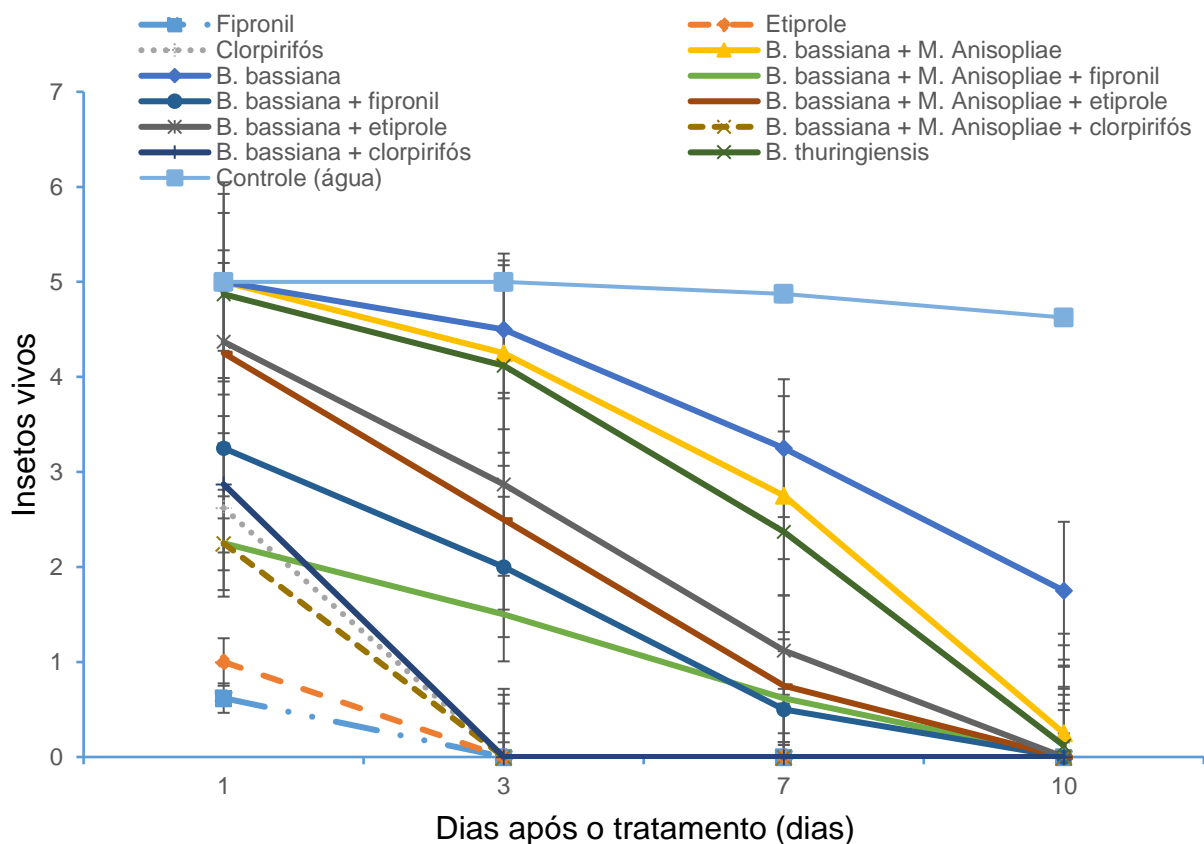


Figura 12 - Número médio ( $\pm$  SE) de adultos vivos de *Myochrous armatus* após o período (dias) de exposição a diferentes concentrações de *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, fipronil, etiprole e clorpirifós, isolados e em combinações no laboratório (temperatura =  $25 \pm 3$  °C, umidade relativa =  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12/12 horas). Os valores representam as médias ( $\pm$ SE) de 8 repetições

#### 4.5. Discussão

Este estudo concentrou-se nos efeitos de diversas concentrações de inseticidas microbiológicos e químicos isoladamente e em combinação, para verificar se a aplicação de formulações compostas por doses letais dos princípios ativos pode ser uma estratégia alternativa para o manejo integrado de *M. armatus*. Doses subletais de fipronil e etiprole potencializaram o efeito dos inseticidas microbiológicos *B. bassiana* + *M. anisopliae* (Bometil®) e *B. bassiana* (Ballvéria®) na mortalidade de *M. armatus*. Nesse sentido, a utilização de uma combinação de inseticidas químicos microbiológicos e sintéticos é uma alternativa confiável (BATISTA FILHO *et al.*, 2001).

Foram testados dois inseticidas microbiológicos com formulações diferentes em *M. armatus*, adultos, e foi verificado que o melhor foi o Bometil, uma formulação baseada nos fungos *B. bassiana* + *M. anisopliae*. Em outros estudos de laboratório, o fungo *B. bassiana* aplicado sozinho e em combinação com inseticidas químicos foi testado para controle de outras pragas, como o besouro da folha do olmo *Xanthogaleruca luteola* Muller (Coleoptera: Chrysomelidae) (EBRAHIMIFAR; JAMSHIDNIA, 2021), batata do Colorado besouro *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) (ANDERSON *et al.*, 1989), e bicudo *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) (MULOCK; CHANDLER, 2001; LIMA *et al.*, 2020).

Os inseticidas microbiológicos à base de *B. thuringiensis* (Acera®) e *B. bassiana* + *M. anisopliae* (Bometil®) causaram maior mortalidade em adultos de *M. armatus*. As diferenças entre os dois produtos microbiológicos em comparação com outros inseticidas podem ser explicadas por: 1) variações na virulência dos conídios; 2) variações na penetração na cutícula do hospedeiro; 3) a diferença no modo de ação de *B. thuringiensis* e *B. bassiana*, que se fixam às células hospedeiras, e/ou 4) o fato de *M. anisopliae* penetrar diretamente na cutícula. Portanto, o processo de infecção está relacionado à aderência dos conídios à cutícula do hospedeiro (MAGALHÃES *et al.*, 2000; SCHRANKA; VAINSTEIN, 2010; ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2016).

Outros estudos relataram o uso potencial do FEP sozinho e em combinação com pesticidas contra uma ampla gama de pragas. Consolo *et al.* (2003) analisaram a potencial patogenicidade de cepas fúngicas aplicadas isoladamente em condições de laboratório contra *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae)

e destacaram a importância de *B. bassiana* (Balsamo) Vuillemin (FHD13) contra larvas deste inseto, causando mortalidade de 70%. Ozdemir *et al.*, (2020), também em estudo de laboratório, relataram que *B. bassiana* TR-217 e *M. anisopliae* TR-106 eram virulentos contra *Callosobruchus maculatus* Fabr. 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), causando até 100% de mortalidade. Majidi-Shilsar (2019) descobriu que o fipronil interagiu sinergicamente com *B. bassiana*, causando 54,29% de mortalidade de *Chilo suppressalis* Walker, 1863 (Lepidoptera: Pyralidae). Além disso, Wakil *et al.* (2012) relataram que a toxicidade combinada do fipronil e *M. anisopliae* aumentou a mortalidade da barata americana *P. americana* Linnaeus, 1758 (Blattaria, Blattidae).

No Brasil, o fipronil e o etiprol são registrados para comercialização como princípios ativos em diversas formulações para controle de pragas, como *Sternechus subsignatus* Boh, 1836 (Coleoptera: Curculionidae), por meio de aplicação foliar e no solo para proteção das culturas de batata, cana-de-açúcar e milho (AGROFIT, 2020; STUCHI, 2022).

A virulência da combinação de *B. bassiana* + *M. anisopliae* com inseticidas pode ser maior do que o uso isolado contra *Spodoptera litura* Fabricius, 1775 (Lepidoptera: Noctuidae) (DAYAKAR *et al.*, 2000).

A melhor compatibilidade de fipronil e etiprole com os inseticidas microbiológicos pode ser explicada pelas diferentes características dos isolados usados, já que cada isolado tem características diferentes (SALDANHA *et al.*, 2022). Devido à sua compatibilidade, a utilização destes produtos conservará os conídios de *B. bassiana* no ambiente, contribuindo para o controle biológico de *M. armatus*.

#### 4.6. Conclusões

Os inseticidas químicos e microbiológicos testados isoladamente ou em combinação resultaram em 100% de mortalidade dos insetos.

Os produtos fipronil, etiprole e ainda clorpirifós apresentaram mortalidade *M. armatus* aos três dias após aplicação.

Os inseticidas à base de *B. bassiana* + *M. anisopliae* (Bometil®) foram mais patogênicos que os à base de *B. bassiana* (Ballvéria®), causando taxas de mortalidade acumuladas nos dez dias após aplicação, com 85,0 e 65,0% respectivamente. Por outro lado, o *B. thuringiensis* apresentou 92,5% de mortalidade de *M. armatus* em dez dias após aplicação.

Os produtos Bometil® e Ballvéria® e Acera ainda são considerados produtos microbiológicos promissores a serem aplicados contra adultos de *M. armatus*.

## 5- Capítulo 4 - Eficácia de inseticidas e fungicidas direcionados ao tratamento de sementes de soja contra adultos *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae)

### Resumo

Devido à ocorrência de *Myochrous armatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) ele se alimenta de folhas e caules nas fases iniciais de crescimento da soja, causando perdas na qualidade dos grãos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de inseticidas e fungicidas sistêmicos através do tratamento de sementes contra adultos de *M. armatus*. A população adulta de *M. armatus* foi exposta a princípios ativos e combinações de inseticidas e fungicidas sistêmicos no plantio direto. O estudo foi conduzido na área experimental de São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, cultivada com cultivares de soja 8473RSF Desafios RR, em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições por tratamento. O controle dos tratamentos; piraclostrobina, tiofanato de metila, fipronil; clotianidina + tiofanato de metila, fluazinam, ciantraniliprole + tiofanato de metila, fluazinam; fipronil + tiofanato metílico, fluazinam; tiametoxame + fipronil + tiofanato metílico, fluazinam, utilizado nas dosagens de 100 kg de sementes de soja. Cinco insetos adultos foram liberados por gaiola por meio de infestação artificial. O menor número de plantas atacadas ocorreu nos tratamentos piraclostrobina + tiofanato de metila + fipronil, fipronil + tiofanato de metila, fluazinam e tiametoxame + fipronil + tiofanato de metila, fluazinam; 21 dias após a infestação (DAI). O tratamento tiametoxam + fipronil + tiofanato metílico, fluazinam diferiu estatisticamente do controle, proporcionando eficiência de controle de 85%. O menor percentual de plantas mortas foi encontrado no tratamento tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam com 0,96%. O tratamento combinado tiametoxam + fipronil + tiofanato metílico, fluazinam foi mais eficiente no controle de *M. armatus*.

Palavras-chave: Infestação artificial, princípio ativo, manejo integrado de pragas..



## Abstract

Due to the occurrence of *Myochrous armatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) it feeds on leaves and stems in the initial stages of soybean growth, causing losses in grain quality. The aim of this study was to evaluate the effect of systemic insecticides and fungicides through seed treatment against adult *M. armatus*. The adult population of *M. armatus* was exposed to active ingredients and combinations of systemic insecticides and fungicides in direct planting. The study was conducted in the experimental area in São Gabriel do Oeste, in the state of Mato Grosso do Sul (MS), Brazil, which was cultivated with 8473RSF Desafios RR soybean cultivars, in randomized blocks with six treatments and four replications per treatment. The treatments control; pyraclostrobin, methyl thiophanate, fipronil; clothianidin + methyl thiophanate, fluazinam, cyantraniliprole + methyl thiophanate, fluazinam; fipronil + thiophanate methyl, fluazinam; thiamethoxam + fipronil + thiophanate methyl, fluazinam, used in dosages of 100 kg soybean seeds. Five adult insects were released per cage by artificial infestation. The lowest number of attacked plants occurred in the treatments pyraclostrobin + methyl thiophanate + fipronil, fipronil + methyl thiophanate, fluazinam and thiamethoxam + fipronil + methyl thiophanate, fluazinam; 21 days after infestation (DAI). The treatment thiamethoxam + fipronil + thiophanate-methyl, fluazinam differed statistically from the control, providing a control efficiency of 85%. The lowest percentage of dead plants was found in the treatment thiamethoxam + fipronil + thiophanate-methyl, fluazinam with 0.96%. The treatment thiamethoxam + fipronil + thiophanate-methyl, fluazinam in combination was more efficient for controlling *M. armatus*.

Keywords: Artificial infestation, active ingredient, integrated pest management.

## 5.1. Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem grande importância agrícola e alimentar no mundo (LIN *et al.*, 2022), sendo que os Estados brasileiros das regiões Centro-Oeste e Sul são os maiores produtores de soja (CONAB, 2024). Dentre os problemas fitossanitários relacionados a cultura soja, destaca-se a ocorrência de *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera: Chrysomelidae) no Centro-Oeste do Brasil e em alguns países das Américas Central e do Sul, tais como Porto Rico, Guiana Britânica, Brasil, Uruguai, Paraguai, Argentina e Chile (PERINI; PEREIRA, 2022), onde essa praga se dispersa, favorecendo infestações graves.

O cascudinho-da-soja, *M. armatus*, é um besouro de 5 mm de comprimento, corpo ovalado e coloração cinza-escuro, marrom ou preto, sempre com manchas mais escuras ou claras (HOFFMANN-CAMPO, 2002). A praga ataca as plantas recém emergidas ocasionando o corte das plantas e provocando sua morte a partir do estágio cotilédones até o estágio vegetativo V3 –V4 da cultura (DEGRANDE; VIVAN, 2010a).

O controle de *M. armatus* na cultura da soja tem sido feito principalmente com o uso de fipronil, um inseticida neurotóxico do grupo fenilpirazol considerado como o inseticida padrão com ação rápida sobre inseto-alvo (YIL *et al.*, 2016; PERINI; PEREIRA, 2022).

A prática de uso de tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos reduz o número de aplicações foliares, que muitas vezes devem ser iniciadas logo após a emergência das plântulas (MAIENFISCH *et al.*, 2001; Da SILVA *et al.*, 2020). Este tratamento é uma alternativa para controlar diversas pragas de solo, e pragas que atacam as plantas nas fases iniciais de desenvolvimento, reduzindo o impacto negativo dos inseticidas no meio ambiente, e apontando ecologicamente e economicamente mais justificáveis com impacto significativo na tecnologia de proteção de cultivos (TRIBONI *et al.*, 2019).

Os inseticidas neonicotinóides, fenilpirazóis e fungicidas estrobilurinas destacam-se entre os pesticidas sistêmicos usados para tratamento de sementes (Tengle *et al.* 2000; CHATON *et al.*, 2002; RAMDANI *et al.*, 2022). Os neonicotinóides como clotianidina (BILLEISEN; BRANDENBURG, 2016), thiacloprido (DENG *et al.*, 2011) e tiametoxam (TANG *et al.*, 2017) são os inseticidas mais usados no tratamento de sementes. Esses inseticidas têm várias propriedades químicas úteis, incluindo uma

solubilidade em água relativamente alta e toxicidade reduzida para humanos e mamíferos (TANG *et al.*, 2017) e podem ser absorvidos pelas raízes durante a germinação para proteger as plantas em crescimento contra insetos pragas (TOMIZAWA; CASIDA, 2005) e promover vigor e proteção contra o estresse abiótico (CASIDA, 2011). Os inseticidas fenilpirazóis são principais produtos químicos com efeito herbicida, atuando como inseticidas de contato e ação estomacal, e altamente eficazes contra insetos pragas (TINGLE *et al.*, 2000). As estrobilurinas previnem a proliferação de doenças fúngicas e modo de ação que visa a síntese de quinonas nas mitocôndrias das células fúngicas (BARTLETT *et al.*, 2002). Sua popularidade se deve em grande parte à sua alta eficiência, facilidade e flexibilidade de aplicação, longa persistência e natureza sistêmica (Da SILVA *et al.*, 2020).

Os adultos de *M. aramatus* atacam a soja poucos dias após a emergência. O emprego de inseticidas sistêmicos por meio do tratamento de sementes pode ser uma alternativa de controle. O uso de neonicotinóides, feniltiazóis, estrobilurinas, antranilamida e benzimidazol por meio do tratamento de sementes para o controle de *M. aramatus* na cultura da soja foi realizado para identificar não apenas os produtos apropriados, mas também como uma melhor proteção contra as injúrias causadas pela praga, considerada como uma das estratégias de manejo dessa praga. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos inseticidas sistêmicos e fungicidas à base de piraclostrobina, tiofanato-metílico + fluazinam, fipronil, clotianidina ciantraniliprole e thiamethoxam por meio do tratamento de sementes contra o ataque de adultos de *M. aramatus* em soja.

## **5.2. Material e Métodos**

### **5.2.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado na estação experimental de CropSolutions. A estação localizada, no município de São Gabriel do Oeste/MS, (Latitude a 17° 27' 28" latitude Sul e 54° 36' 42" de longitude Oeste; Altitude de 667m). Estação de pesquisa credenciados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a realização de ensaio RET (Registro Especial Temporário).

### 5.2.2. Monitoramento e injúrias de *Myochrous armatus* à cultura soja

O estudo foi conduzido durante a safra agrícola 2022/2023 com o cultivo de soja, cv 8473RSF Desafios RR. Os tratamentos foram constituídos de ingredientes ativos de inseticidas e fungicidas, utilizados em dose de 100 kg sementes de soja (Tabela 1). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais (UEs). As UEs constituem-se de seis linhas, espaçadas em 0,5 m entre linhas com 9 metros de comprimento e 3 metros de largura com gaiolas (tela de sombrite 80% verde e madeira de 1 m de comprimento x 1 m largura). A semeadura foi realizada em 17 de novembro de 2022, com uma semeadora de parcelas de plantio direto, com seis linhas, de densidade de 17 sementes por metro linear, e espaçamento entrelinhas de 0,50 metros. Com base de análise de solo, de acordo com as recomendações para o estado do Mato Grosso do Sul, a correção do solo foi realizado com a aplicação de calcário de 3,5 t ha<sup>-1</sup> e a adubação de base foi constituída de 150 Kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCL) e a adubação no sulco de plantio com 215 Kg ha<sup>-1</sup> da formulação 7-37-06, na linha de semeadura.

Dois dias após, no início da emergência da soja (estádio VE), fez-se avaliação destas e infestação com mínimo cinco insetos *M. armatus* (densidade populacional de 8 a 15 insetos/m<sup>2</sup>) por gaiola. Dentro de cada gaiola, 3 dias após a infestação (DAI), foram contados o número de adultos vivos de *M. armatus*, o número de plantas com sintomas de ataque (porcentagem de caule raspado), de trifólios cortados e de plantas mortas, no início de estágio VE até V3 –V4 da cultura aos 03, 07, 14 e 21 DAI. No estágio V3, foi avaliada a população de plantas não atacadas pelos insetos.

Em cada período (03, 07, 14 e 21 DAI) de avaliação, os adultos *M. armatus* mortos foram retirados das gaiolas. As gaiolas foram mantidas sobre as plantas até os 21 DAE, e após esta data foram removidas.

A mortalidade corrigida foi calculada pela fórmula de Schneider-Orelli (1947):  

$$Ma = 100 \times \frac{(Mt - Mc)}{(100 - Mc)}$$
 onde Ma = mortalidade corrigida, Mt = mortalidade no tratamento inseticida, Mc = mortalidade no controle.

### 5.3. Análise dos dados

Inicialmente os dados do número de insetos vivos, do número de plantas após 21 dias de infestação, % de caule raspado, de trifólios cortados e de plantas mortas

foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Quando não atenderam aos critérios de normalidade.

Os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$  para contemplar às premissas da ANOVA, pelo teste de F com risco de erro de tipo I,  $\alpha = 0,05$ , para verificação das hipóteses de igualdade de tratamento. Os dados médios de número de plantas após 21 dias de infestação, número de insetos vivos, a % de caule raspado, de trifólios cortados e de plantas mortas foram comparados pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A mortalidade corrigida dos tratamentos foi calculada utilizando a fórmula de Schneider e Orelli (1947):  $Ma = 100 \times (Mt - Mc) / (100 - Mc)$ . As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software R version 4.2.3, 2023).

Foram determinadas as correlações simples e análise de regressão linear simples entre as variáveis do número de adultos vivos de *M. armatus* com as porcentagens de caule raspado, trifólios cortados, plantas mortas, plantas atacadas, plantas não atacadas. Os dados de correlações simples e de regressão foram submetidos, representando pela equação linear e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Essas análises foram feitas no programa AgroEstat (2010), versão 1.1.0712.

Tabela 5 -Produtos químicos e suas doses, aplicadas via tratamento de sementes em soja, na safra 2022/2023

Ingrediente ativo (i.a)	Produto commercial (p.c)/Dose do p.c (mL/100 kg sementes)*	Dose <sup>a</sup> (c.p)	Concentração (g i.a./L de p.c)	Grupo químico
Testemunha	Sem produto	-	-	-
Piraclostrobina, tiofanato-metílico, fipronil	Standak Top <sup>®</sup> USB (100 mL) <sup>i</sup>	1,5 mL	25, 225, 250	Estrobilurinas Benzimidazol, Pirazol
Clotianidina + tiofanato-metílico, fluazinam	Inside FS <sup>®</sup> (100 mL) <sup>ii</sup> + Certeza N <sup>®</sup> (200 mL) <sup>vi</sup>	1,5 mL + 3 mL	600 + 350, 250, 52	Neonicotinoide + Benzimidazol
Ciantranilprole + tiofanato-metílico, fluazinam	Fortenza 600 FS <sup>®</sup> (200mL) <sup>iii</sup> + Certeza N <sup>®</sup> (200 mL)	3 mL + 3 mL	600 + 350, 250, 52	Antranilamid + Benzimidazol
Fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	Fipronil CCAB 250 FS <sup>®</sup> (100mL) <sup>iv</sup> + Certeza N <sup>®</sup> (200 mL)	1,5 mL+ 3 mL	250 + 350, 250, 52	Pirazol + Benzimidazol
Tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	Cruiser 350 FS <sup>®</sup> (100 mL) + Fipronil CCAB 250 FS <sup>®</sup> 100 mL) <sup>v</sup> + Certeza N <sup>®</sup> (200 mL)	1,5 mL + 1,5 mL + 3 mL	350 + 250 + 350, 250, 52	Neonicotinoid+ Pirazol + Benzimidazol

\*Produto comercial (p.c) registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para uso na cultura da soja. <sup>a</sup>Dose: g or mL of c.p.

Fabricantes (em São Paulo, SP, Brasil, salvo indicação em contrário). <sup>i</sup>BASF S.A, São Paulo, Brasil, <sup>ii</sup>SUMITOMO CHEMICAL do Brasil, São Paulo, Brasil,

<sup>iii</sup>Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, Brasil, <sup>iv</sup>CCAB Agro S.A, São Paulo, Brasil), <sup>v</sup>Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, Brasil,

<sup>vi</sup>IHARABRAS S.A. Indústrias Químicas, São Paulo, Brasil.

#### 5.4. Resultados

Os produtos empregados no tratamento de sementes para o controle de *M. armatus* apresentaram influência significativa sobre a maioria das variáveis analisadas. Os inseticidas testados interferiram no número de plantas atacadas 21 DAI de *M. armatus*, independentemente do ingrediente ativo utilizado, evidenciando que os inseticidas apresentaram eficácia e têm efeitos sobre adultos *M. armatus* (Tabela 6).

O menor número de plantas atacadas ocorreu nos tratamentos piraclostrobina, tiofanato-metílico, fipronil e tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam. Para o número de plantas atacadas, os tratamentos com foram significativamente diferente do controle ( $F = 11,86$ ;  $df = 5,18$ ;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 6).

Tabela 6- Número de plantas de soja avaliadas e número de plantas de soja atacadas 21 DAI por *Mychrous armatus* em gaiola, em função dos produtos e doses testados no tratamento de sementes. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023

Tratamentos (g i.a./100 kg de sementes)	Número plantas Avaliadas <sup>1</sup>	Número plantas não atacadas (21 DAI)
Testemunha	30,00	22,00 ± 0,91 b
Piraclostrobina, tiofanato-metílico, fipronil	27,75	27,25 ± 1,10 a
Clotianidina + tiofanato-metílico, fluazinam	27,00	26,50 ± 0,81a
Ciantraniliprole + tiofanato-metílico, fluazinam	28,00	27,00 ± 1,08 a
Fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	29,00	28,00 ± 0,40 a
Tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	27,50	27,25 ± 1,02 a
F		11,86**
d.f.		5, 18
P		< 0,0001

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro tipo I; \*significativo a 5% pelo teste F.

<sup>1</sup>A diferença entre o número de plantas soja avaliadas foram por perdas na emergência que podem estar ligadas a diversos fatores como capacidade germinativa (GF), ligada à falta de umidade.

Os resultados mostraram que os adultos de *M. armatus* foram suscetíveis ao controle de inseticidas. Contudo, aos 03 DAI houve diferença significativa ( $F= 4,57$ , d.f. = 5,18,  $p < 0,0001$ ) entre os tratamentos para o número de insetos vivos quanto o efeito dos produtos contra adultos de *M. armatus*, ressaltando, porém, nas combinações dos tratamentos piraclostrobina– tiofanato metílico – fipronil; clotianidina + tiofanato-metílico, fluazinam; ciantraniliprole + tiofanato – metílico, fluazinam; fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam e tiametoxam + fipronil + tiofanato – metílico, fluazinam ocorreram mortalidade (Tabela 7). Aos 07 e 14 DAI, houve também diferença significativa entre os tratamentos para o número de insetos vivos ( $F= 15,80$ ; d.f. = 5,18;  $p < 0,0001$ ) e  $F = 7,49$ ; d.f.= 5,18;  $p < 0,0001$ ), respectivamente (Tabela 7). Ao 21 DAI, ocorreu a mortalidade de *M. armatus* na testemunha (Tabela 7).

Assim, o tratamento ciantraniliprole + tiofanato – metílico, fluazinam não apresentou mortalidade de *M. armatus* aos 03 DAI, no entanto, o tratamento tiametoxam + fipronil + tiofanato – metílico, fluazinam apresentou maior mortalidade 35% aos 21 DAI (Tabela 7). As combinações dos tratamentos tiametoxam + fipronil + tiofanato–metílico, fluazinam e fipronil +tiofanato – metílico, fluazinam proporcionaram maior eficiência de controle com 85% e 60% contra os adultos *M. armatus*, respectivamente e considerados como os melhores tratamentos (Figura 13), sendo assim, os produtos dos grupos químicos neonicotinóides e pirazóis apresentaram melhor eficiência de controle (Figura 13).



Tabela 7- Número de adultos *Myochrous armatus* vivos porcentagem de mortalidade (M%), aos 03, 07, 14, e 21 dias após a infestação (DAI), em soja tratada com produtos químicos. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023

Tratamentos <sup>a</sup>	Número insetos vivos <sup>b</sup>							
	3	M% <sup>1</sup>	7	M% <sup>1</sup>	14	M% <sup>1</sup>	21	M% <sup>1</sup>
Testemunha	2,35 ± 0,00 a	0	2,35 ± 0,00 a	0	2,35 ± 0,00 a	0	2,29 ± 0,05 a	0
Piraclostrobina, tiofanato metílico, fipronil	2,23 ± 0,47 ab	10	2,05 ± 0,02 bc	15	1,84 ± 0,07 b	15	1,60 ± 0,16 ab	10
Clotianidina + tiofanato-metílico, fluazinam	2,23 ± 0,47 ab	10	1,98 ± 0,01 c	20	1,91 ± 0,04 b	5	1,41 ± 0,20 bc	0
Ciantranilprople + tiofanato metílico, fluazinam	2,35 ± 0,00 a	0	2,23 ± 0,04 ab	10	1,92 ± 0,10 b	20	1,82 ± 0,20 ab	10
Fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	2,17 ± 0,04 b	5	1,86 ± 0,09 c	25	1,69 ± 0,17 b	15	1,41 ± 0,16 bc	15
Tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam	2,17 ± 0,04 b	5	1,93 ± 0,03 c	20	1,64 ± 0,05 b	25	0,83 ± 0,05 c	35
F	4,57**		15,80**		7,49**		9,64 **	
d.f.	5, 18		5, 18		5, 18		5, 18	
P	< 0,0001		<0,0001		< 0,0001		< 0,0001	
CV (%)	3,25		5,57		9,61		19,59	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro tipo I. 1 Mortalidade corrigida em relação ao controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947):  $Ma = 100 \times (Mt - Mc) / (100 - Mc)$ , onde Ma = mortalidade corrigida, Mt = mortalidade no 669 tratamento inseticida, Mc = mortalidade no controle.

a Tratamentos (g i.a./100 kg de sementes).

\*significativo a 5% pelo teste F.

b Infestação artificial com 5 insetos por gaiola.

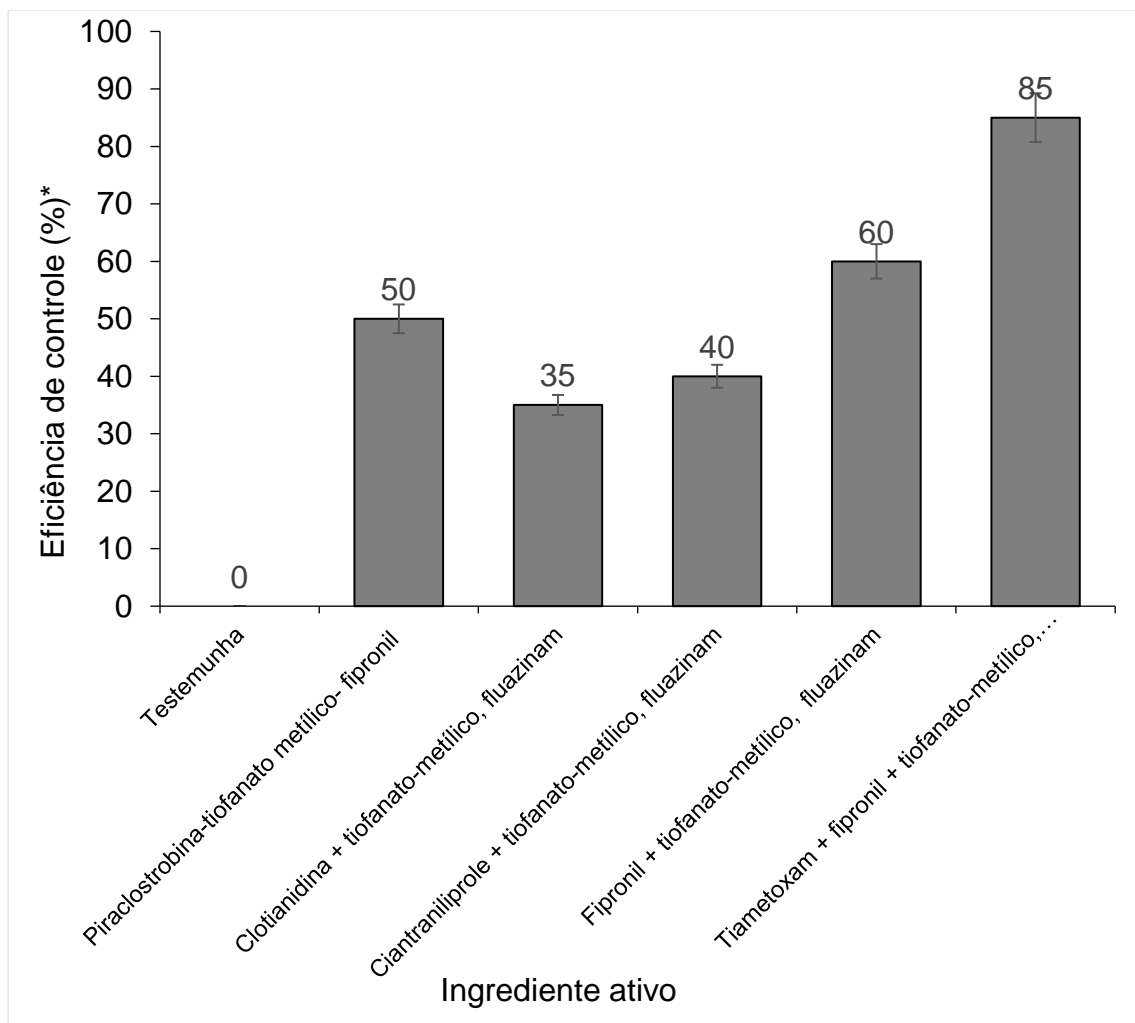


Figura 13 - Eficiência de controle dos adultos *Myochrous armatus* 21 dias após a infestação (DAI) por ingrediente ativo em taxas indicadas nos rótulos.

\*Eficiência de controle pela fórmula de Schneider-Orelli (1947).

A análise de descrição das injúrias ao longo do período de avaliação indica que o ataque ocorreu predominantemente nos primeiros três dias após a infestação, no estágio VE –VC de desenvolvimento da cultura, na testemunha com 16,67% de caule raspado (Figura 14). Porém, os outros tratamentos reduziram significativamente o ataque da praga, e não houve efeito na distribuição, na descrição de injúrias ao longo da planta. As porcentagens de trifólios cortados ocorreram na testemunha com 3,33% (VE –VC), 3,45% (VC –V1) e 3,45% (V1 –V2). A porcentagem de trifólios cortados de *M. armatus* encontrada até nos 14 DAI no estado V1–V2 da planta de soja corresponde ao ataque efetuado na segunda semana de desenvolvimento da cultura da soja foi menor no tratamento ciantraniliprole + tiofanato – metílico, fluazinam

diferindo da testemunha e não dos demais tratamentos (Figura 15). A porcentagem de plantas mortas foi maior na testemunha diferindo dos outros tratamentos (Figura 16). A menor porcentagem de plantas mortas foi encontrada no tratamento tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam com 0,96% (Figura 16).

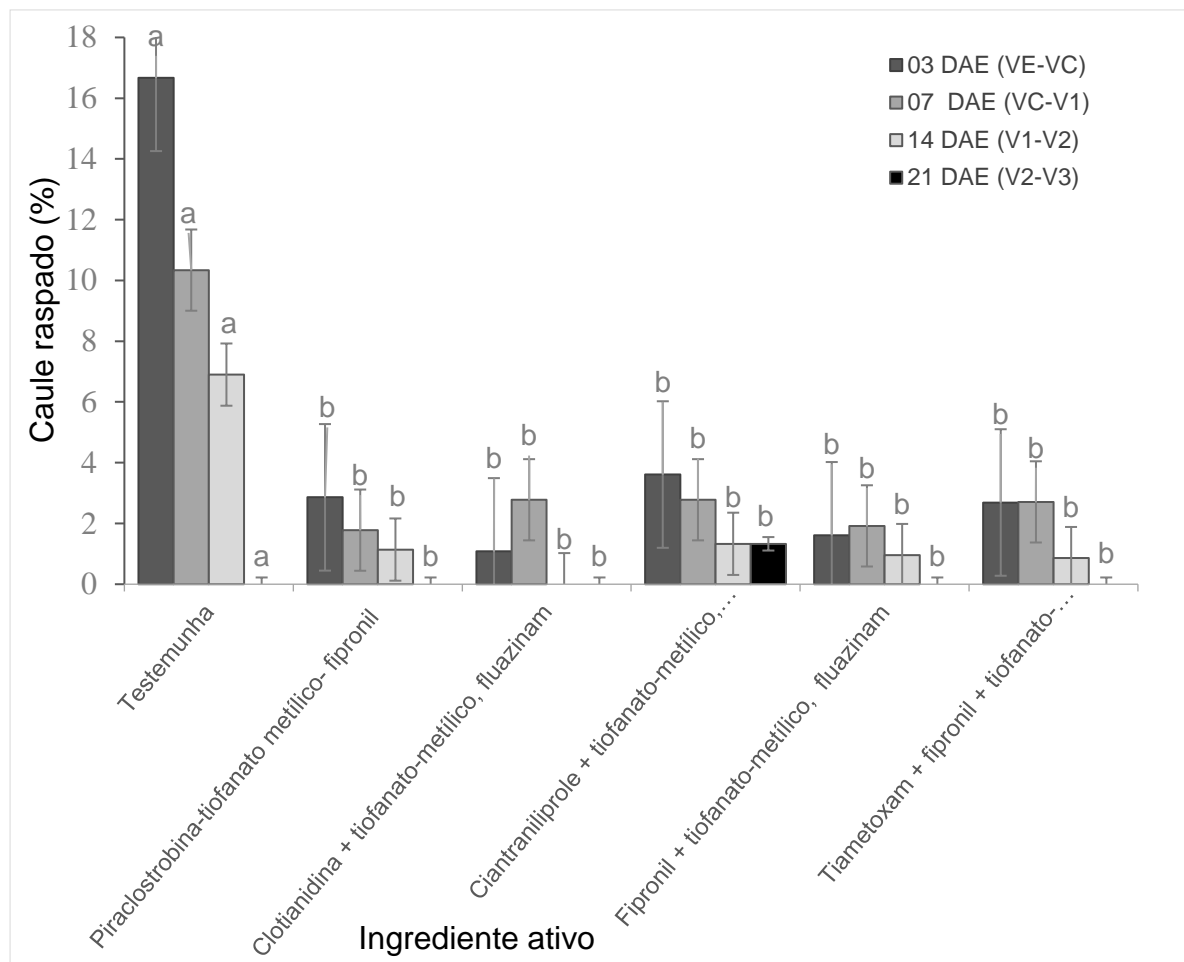


Figura 14 - Caule raspado (%) causado por *Myochrous armatus*, em soja tratada com produtos químicos aos 03, 07 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023. Médias ( $\pm$  erro padrão) seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância de erro tipo I.

Aos 3 DAI, as correlações entre as variáveis nível de injúrias do inseto com caule raspado, trifólios cortados e plantas mortas não foram significativas, assim como, entre número de adultos vivos com trifólios cortados e com plantas mortas foram negativas,  $r = -0,19$  (0,337 ns),  $r = -0,25$  (0,2901ns), respectivamente (Tabela 4). Aos 7, 14 e 21 DAI, as correlações entre o número do inseto com caule raspado e trifólios cortados não foram significativas com exceção da correlação entre número

de adultos vivos com plantas mortas,  $r = 0,001(0,62165^{**})$ ,  $r = 0,006 (0,64946^{**})$  e  $r = 0,0163 (0,4851^*)$ , respectivamente, assim como, entre número de adultos vivos com trifólios cortados foram negativa,  $r = -0,84 (0,0505 \text{ ns})$  aos 07 DAI e entre número de adultos vivos com caule raspado,  $r = -0,10 (0,4049 \text{ ns})$  e com trifólios cortados,  $r = -0,084 (0,4311 \text{ ns})$  aos 21 DAI (Tabela 8).

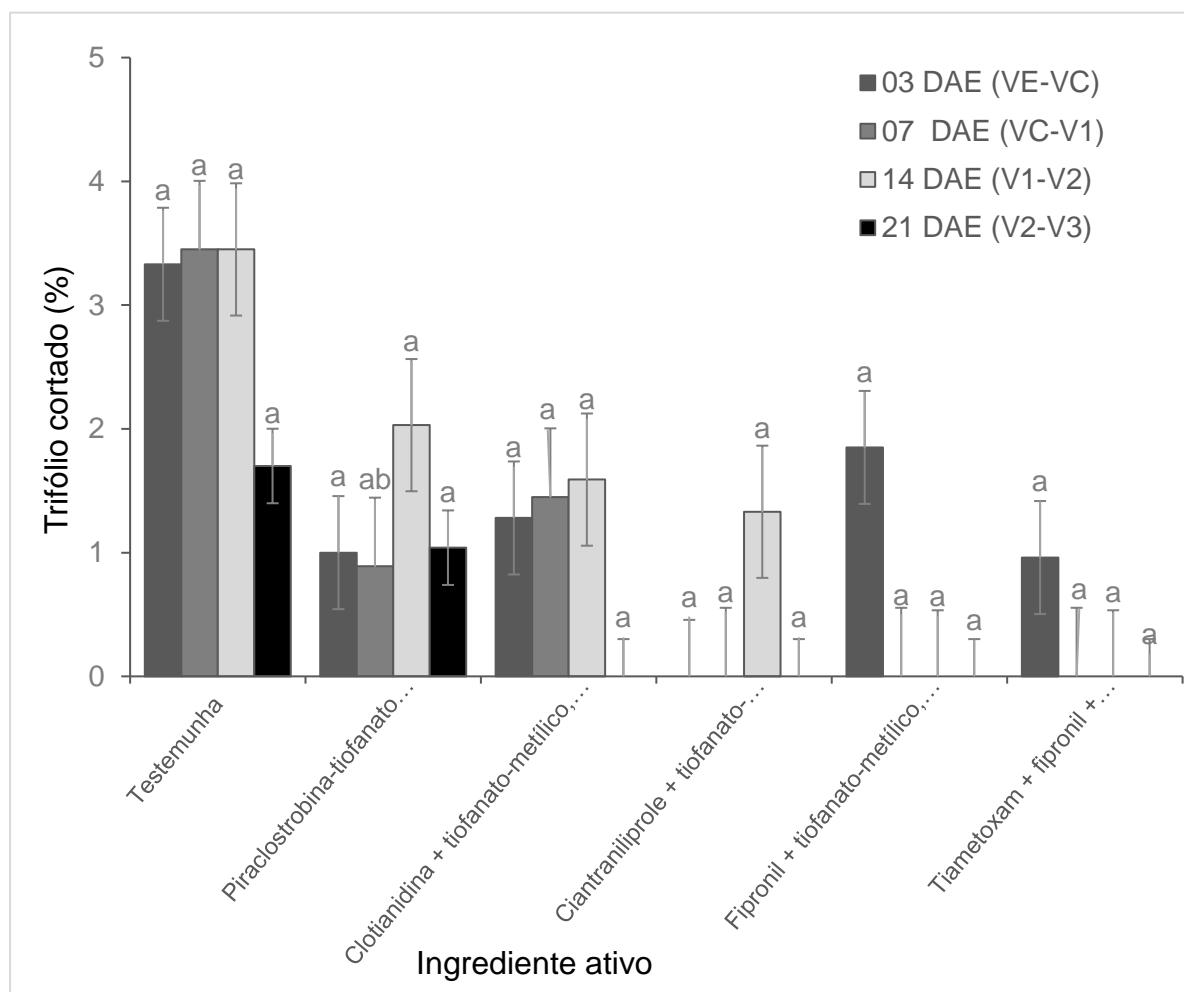


Figura 15 - Trifólios cortados (%) causado por *Myochrous armatus*, em soja tratada com produtos químicos aos 03, 07, 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023. Médias ( $\pm$  erro padrão) seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância de erro tipo I.

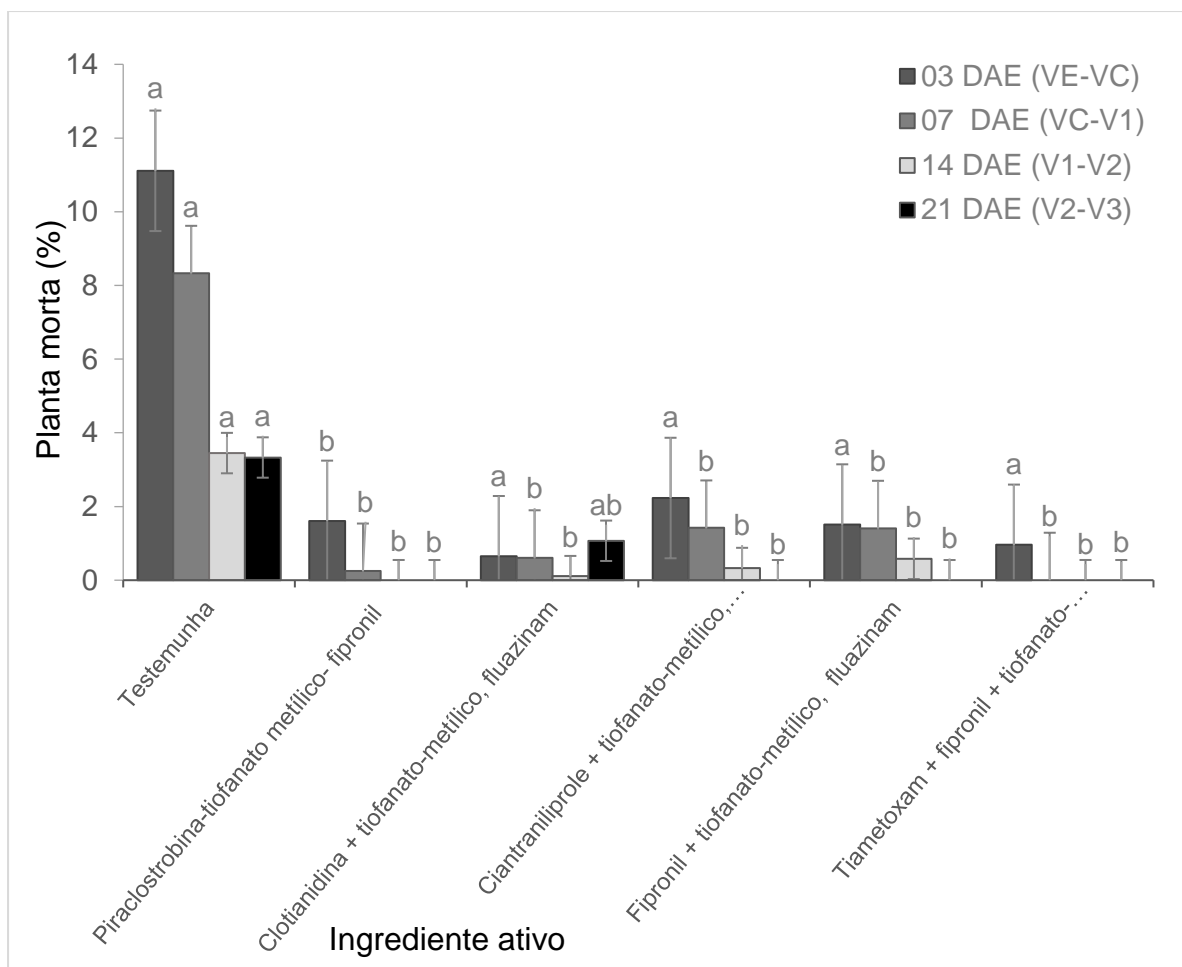


Figura 16 - Planta morta (%) causada por *Myochrous armatus*, em soja tratada com produtos químicos durante aos 03, 07, 14 e 21 dias após a infestação. São Gabriel do Oeste, MS, safra agrícola 2022/2023. Médias ( $\pm$  erro padrão) seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância de erro tipo I

Tabela 8 - Regressão linear e coeficiente de correlação linear (r) entre número de adultos de *Myochrous armatus* com % de caule raspado, de trifólios cortados, de plantas mortas, plantas atacadas, plantas não atacadas das plantas de soja

Variáveis	Regressão linear simples e análise de correlação simples			
	F	P	R <sup>2</sup>	Coeficiente de correlação "r"
<b>3 DAI</b>				
Número de adultos vivos x caule raspado	1,52 ns	0,2373	0,0982	0,25 (0,2953 ns)
Número de adultos vivos x trifólio cortado	3,50 ns	0,0824	0,2000	- 0,19 (0,3370 ns )
Número de adultos vivos x plantas mortas	2,06 ns	0,1736	0,1280	- 0,25 (0,2901 ns)
<b>7 DAI</b>				
Número de adultos vivos x caule raspado	1,00 ns	0,3343	0,0667	0,47 (0,18464 ns)
Número de adultos vivos x trifólio cortado	2,33 ns	0,1489	0,1429	-084 (0,0505 ns)
Número de adultos vivos x plantas mortas	13,86**	0,0012	0,3865	0,001 (0,62165**)
<b>14 DAI</b>				
Número de adultos vivos x caule raspado	0,37 ns	0,5548	0,0255	0,55 (0,19426 ns)
Número de adultos vivos x trifólio cortado	5,85*	0,0298	0,2946	0,45 (0,19426 ns)
Número de adultos vivos x plantas mortas	16,05 **	0,0006	0,4218	0,006 (0,64946 **)
<b>21 DAI</b>				
Número de adultos vivos x caule raspado	2,74 ns	0,1202	0,1636	- 0,10 (0,4049 ns)
Número de adultos vivos x trifólio cortado	2,97 ns	0,1070	0,1748	- 0,084 (0,4311ns)
Número de adultos vivos x plantas mortas	6,77*	0,0163	0,2354	0,0163 (0,4851*)

<sup>ns</sup> correlação não significativa de 1% de probabilidade, programas Agro Estat (2010).

## 5.5. Discussão

Este estudo ilustra a eficácia de inseticidas sistêmicos e fungicidas para controlar *M. armatus* na cultura da soja. Obteve-se uma eficiência de controle significativa (aproximadamente 85% de mortalidade) para a combinação de produtos tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam. Os resultados deste estudo destacam uma das táticas de controle como base para a proteção de plantas de soja no estágio inicial de desenvolvimento da cultura contra besouro da cana ou cascudinho da soja a inseticidas sistêmicos. O tratamento de sementes com piraclostrobina-tiofanato-metílico-fipronil; clotianidina + tiofanato-metílico, fluazinam e tiametoxam + fipronil + tiofanato-metílico, fluazinam forneceu um alto nível de proteção de plantas no estágio vegetativo (V1 –V2) contra *M. armatus* em soja.

O número de plantas não atacadas nas parcelas tratadas com piraclostrobina-tiofanato + metílico + fipronil; clotianidina; tiametoxam + fipronil foi mais elevado do que nas parcelas tratadas apenas com ciantraniliprole; fipronil e testemunha. Estas diferenças de eficácia entre a combinação destes inseticidas como a combinação de tiametoxam + fipronil podem ser explicadas pela grande flexibilidade dos inseticidas neonicotinóides em termos de constituintes de ingredientes ativos e pela sua eficiência combinado com um efeito residual específico nas culturas, o seu desempenho supera todos os outros produtos (CARVALHO *et al.*, 2011).

Os neonicotinóides à base de tiametoxam e fipronil, amplamente utilizados em soja (CHAGAS, 2022), apresentam excelente atividade contra diversas pragas como hemípteros, coleopteros, dípteros e lepidópteros (URAGAYALA *et al.*, 2015). Eles possuem ação sistêmica de amplo espectro, percorrendo os tecidos vegetais e protegendo todas as partes da cultura, sendo amplamente aplicados como tratamento de sementes (KUNDOO *et al.*, 2018). A base do método de utilização desses inseticidas encontra-se na localização do produto no solo, junto à semente. Assim, à medida que a planta se desenvolve, as raízes da planta absorvem o inseticida e o distribuem para a parte aérea da planta de forma sistêmica, através dos vasos do xilema.

No Brasil, há outros grupos químicos utilizados em tratamento de sementes para o controle de diversas pragas em soja, além dos neonicotinóides, e para o desempenho do rendimento das culturas, entre outros, metilcarbamato de oxina (tiodicarbe), pirazol (fipronil), benzimidazol (tiofanato-metílico) e avermectina

(abamectina) (BRZEZINSKI *et al.*, 2015), encontrados no mercado de forma isolada ou associada a outros produtos. Esses inseticidas podem ou não ter ação sobre *M. armatus*. Assim, um estudo de cada um deles de forma isolada ou associada com outros inseticidas ou fungicidas recomendados podem o embasar da elaboração de estratégias mais eficientes para o manejo e o controle desse praga. O tratamento de sementes com inseticidas neonicotinóides (tiametoxam e clotianidina) tem sido a estratégia mais adequada para evitar perdas decorrentes do ataque de *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) (KOCH *et al.*, 2005).

A eficiência de controle para os tratamentos clotianidina e tiametoxame + fipronil, pode ser devido à eficácia combinada dos inseticidas do grupo neonicotinóide, e do pirazol, pois deve-se destacar que os neonicotinóides são eficazes no tratamento de sementes devido à sua natureza sistêmica, o que lhes permite proteger tanto o tecido radicular da planta (STAMM *et al.*, 2016), permitindo a extensão do espectro de ação desde as práticas do solo até as práticas da superfície numa fase inicial do desenvolvimento das plantas (VOJVODIĆ; BAŽOK, 2021).

Além disso, o fipronil é uma neurotoxina de amplo espectro que atua como agonista do GABA, possui atividade de contato e sistêmica, com longa duração residual, e tem excelente potencial para controlar muitos insetos, como besouros, e também é eficaz em baixas taxas de aplicação no campo (YADAV *et al.*, 2014). A combinação dos neonicotinóides e fipronil também são relativamente persistentes, oferecendo potencial para atividades de proteção de culturas a longo prazo (SIMON-DELSO *et al.*, 2015).

Alguns estudos que avaliaram tratamentos de sementes com tiametoxam ou imidaclopride contra besouros que se alimentam de folhas. Para controlar o besouro da batata do Colorado, o imidaclopride tem sido usado na batata, *Solanum tuberosum* L., *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) na América do Norte (KOCH *et al.*, 2005). A movimentação contra *M. armatus* na soja ocorre assim que a soja emerge, ou logo após a emergência, e à medida que ela continua a crescer até o estágio vegetativo V3. Frequentemente, as injúrias nos estágios iniciais de crescimento até os estágios vegetativos não são altos o suficiente para contribuir para uma perda significativa de perda de rendimento. As lesões semelhantes à desfolha do besouro da folha do feijão *Cerotoma trifurcata* Forster, 1771 (Coleoptera: Chrysomelidae) na fase cotilédone-vegetativo resultaram uma porcentagem de desfolha até 1,15% (PIITZ, 2012).



Não houve correlação significativa entre as variáveis caule raspado e trifólio cortado no estadio V3, quando a população de plantas diferiu do controle para uma infestação de cinco adultos de *M. armatus* atacados o caule e trifólio e número de plantas mortas foram baixas, embora significativas. Mesmo quando grande número de insetos atacam as plantas no início do seu estágio desenvolvimento, por exemplo, no estadio (VE-VC), tudo depende do nível de ataque que ocorre ao nível do caule ou do trifólio pode atingir a gema apical, assim existe a possibilidade que a planta tem capacidade de recuperação ou morre por corte total. Isto pode causar a perda de uma quantidade de planta ao nível da parcela.

As implicações destes resultados na escolha de uma estratégia de manejo de *M. armatus* sugerem a necessidade de métodos para medir e monitorar o desenvolvimento de resistência a inseticidas. Como todas as outras táticas do MIP, como rotação de culturas, destruição de resíduos de colheitas, preparo do solo, arranjos espaciais das plantas, o tratamento de sementes é considerado como uma alternativa para controlar diversas pragas do solo e que atacam as plantas em seus estágios iniciais de desenvolvimento (TRIBONI *et al.*, 2019) e uso de limites econômicos antes de empregar métodos curativos (muitas vezes químicos).

## 5.6. Conclusões

O menor número de plantas atacadas até 21 DAI ocorreu nos tratamentos com piraclostrobina, e combinação de tiametoxam e fipronil.

A combinação de tiametoxam e fipronil apresentou maior mortalidade 35% aos 21 DAI, proporcionaram maior eficiência de controle com 85% e 60% contra os adultos *M. armatus*, respectivamente.

Maior porcentagem de caule raspado ocorreu na testemunha nos três dias após a infestação, no estado VE-VC de desenvolvimento da cultura da soja.

Inseticidas a base ciantraniliprole apresentou porcentagem de trifólios cortados de *M. armatus* encontrada até no 14 DAI no estado V1-V2 da planta de soja.

A combinação de tiametoxam e fipronil apresentou menor porcentagem de plantas mortas.

Existe correlações significativas entre número de adultos vivos com plantas mortas aos 07, 14 e 21 DAI.

## 6. Considerações finais

O pico populacional de *M. armatus* foi entre novembro 2022 (safra 2022/2023), mostrando-se influenciada pelos fatores climáticos (temperaturas e precipitação). A temperatura anotada nesta safra (safra 2022/2023) no presente estudo age de maneira positiva no aumento da população de *M. armatus*, apresentando uma influência na densidade populacional de adultos de *M. armatus* na safra 2022/2023. Porém, a população de inseto demonstrou demais sua ocorrência no período avaliado nos estádios fvegetativos da cultura.

O controle de *M. armatus* à base de terra diatomáceas mostrou 97,7%, utilizando TD polvilhada em laboratório.

Quanto ao controle utilizando produtos químicos e biológicos em laboratório mostraram 100%, 92,0%, 85,0%, 65,0% de eficiência, produtos químicos, *B. thuringiensis* (Acera®), *B. bassiana* + *M. anisopliae* (Bometil®), *B. bassiana* (Ballvéria®) respectivamente, sendo que estudos a campo devem ser realizados para avaliar o controle a campo devido as dificuldades de se atingir o alvo *M. armatus*;

O tratamento de semente já com o teste a campo mostrando que a combinação de tiametoxam e fipronil tem uma eficiência de de controle 85%.

Esses resultados fornecem dados que podem ser utilizados em programas de manejo integrado de pragas para controle de *M. armatus*, porém mais estudos a partir deste podem ser conduzidos a fim de pesquisa de outras técnicas de manejo e de comprovação destes resultados a campo.

## Referências

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267, 1925.

**Agro Estat** (2010). Sistema para análises estatísticas de ensaios agronomicos. 1.1.07 rev.77.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários; 2024 [viewed 20 february 2024]  
[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons).

ALVES, L. F. A.; BUZARELLO, G. D.; OLIVEIRA, D. G. P.; ALVES, S. B. **Ação da terra de diatomáceas contra adultos do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)**. Arquivos do Instituto Biológico, v.73, p.115-118, 2022.

ALVES, S. B.; LOPE, R. B.; VIEIRA, S. A.; TAMAI, M. A. Entomopathogenic fungi usados no controle de pragas na América Latina. In: S. B. Alves, R. B. Lopes RB, Ed. Controle microbiano de pragas na América Latina. **Piracicaba**: FEALQ. 2008, p. 69–110.

ANDERSON, T. E.; HAJEK, A. E.; ROBERTS, D. W.; PREISLER, H. K.; ROBERTSON, J. L. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): effects of combinations of *Beauveria bassiana* with insecticides. **Journal Economic Entomology**, v. 82, n. 1, p. 83-89, 1989. <https://doi.org/10.1093/jee/82.1.83>

ARTHUR, F. H. Evaluation of a new insecticide formulation (F2) as a protectant of stored wheat, maize, and rice. **Journal of Stored Products Research**, v. 40, n. 3, p. 317-330, 2004.

ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; NASCIMENTO, A. M.; FRANÇOSO, J. Effects of diatomaceous earth on *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) in potato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p.482-486, 2011.

ATUI, M.B.; LAZZARI, F. A.; LAZZARI, S. M. N. Avaliação de metodologia para detecção de resíduos de terra de diatomáceas em grãos de trigo e farinha. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 1, p. 11-16, 2003.

BALLAGRO. Ballagro Agro Tecnologia. Soluções ecológicas para a agricultura, Bometil. Disponível em: <<https://www.ballagro.com.br>>. Acesso em 20 outubro de 2023.

BALY, J. S. Descriptions of new Genera and Species of Phytophaga. Transactions of the Entomological Society of London. v. 12, n. 4, p. 333–357, 1864.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1864.tb00109.x>

BARTLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HAMER, M.; PARR-DOBRZANSKI, B. Review: The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, v. 58, p. 649-662, 2002.

BATISTA, FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; LAMAS, C., 2001. Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 437–447, 2001.

BILLEISEN, T.; BRANDENBURG, R. Efficacy of five insecticides targeting spring and fall populations of sugarcane beetle adults. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 563-565, 2016.

BITSADZE, N.; JARONSKI, S.; KHASDAN, V.; ABASHIDZE, E.; ABASHIDZE, M.; LATCHININSKY, A.; SAMADASHVILI, D.; SOKHADZE, I.; RIPPA, M.; ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A. R. Joint action of *Beauveria bassiana* and the insect growth regulators diflubenzuron and novaluron, on the migratory locust, *Locusta migratoria*. **Journal of Pest Science**, v. 86, p. 293–300, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10340-012-0476-4>

BLAKE, D. H. "A Revision of the Beetles of the Genus *Myochrous*". Proceedings of the United States National Museum. v. 101, n. 3271, p. 1–64, 1950. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.101-3271.1>

BORTOLOTTO, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; BUENO, R.C.O.F.; BUENO, A.F.; KRUZ, Y.K.S.; QUEIROZ, A.P.; SANZOVO, A.; RODRIGUES, R.B. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 25-25, 2015.

BRZEZINSKI, C.R.; HENNING, A.A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 147-153, 2015.

BUENO, A. F, BUENO, R. C. O. F, PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1495-1503, 2008.

CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Thiametoxam em tratamento de sementes Thiamethoxam seed treatment. **Revista Monografias Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 158 – 175, 2011.

CASIDA, J. E. Curious about Pesticide Action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 7, p. 2762-2769, 2011.

CHATON, P. F.; RAVANEL, P.; TISSUT, M.; MEYRAN, J. C. Toxicity and bioaccumulation of fipronil in the nontarget arthropodan fauna associated with subalpine mosquito breeding sites. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 52, no. 1, p. 8-12, 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra brasileira de grãos | v.11 – safra 2023/24, nº6 – Sexto levantamento, [wiewed 26

march 2024]. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

CONSOLO, V. F.; SALERNO, G. L.; BERÓN, C. M. Pathogenicity, formulation, and storage of insect pathogenic hyphomycetous fungi tested against *Diabrotica speciosa*. **BioControl**, v. 48, p. 705–712, 2003.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Inimigos naturais de *Helicoverpa armigera* em soja. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 12 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 80)

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, C.; Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013b.

DA COSTA MOREIRA, H. E.; ARAGÃO, F.D. **Manual de pragas da soja**. 2009.

DA SILVA, I. H. L., DE ALMEIDA, W. A. and De SOUSA, A. H.. Treatment of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) with systemic insecticides for the management of *Cerotoma arcuata* (Olivier) (Coleoptera: Chrysomelidae). **EntomoBrasilis**, v. 13, pp. e0877-e0877, 2020. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v13.e0877>

DAYAKAR, S.; KANAUIA, K. R.; RATHORE, R. R. S. Compatibility of entomogenous fungi with commonly used insecticides for the management of *Spodoptera litura* (Fab.)." **Microbials in insect pest management**, 2000, p. 47-52.

DALZOTO, P.R.; UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por Meio de *beauveria bassiana* (bals.) Vuill. **Biológico**, v.71, n.1, p. 37-41, 2009.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L. M. Pragas da soja. In: **Tecnologia e produção: soja e milho 2010/2011**. Maracaju: Fundação MS, 2010a. 52 p.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. M. Pragas da soja. In: PEDROSO, R. S. (Coord.). **Tecnologiae produção: soja e milho 2010/2011**.Fundação MS, 2010b. 257p.

De MELO, L. S. (2021). Manejo de pragas subterrâneas na cultura da soja. <https://www.pioneersementes.com.br/blog/66/manejo-de-pragas-subterraneas-na-cultura-da-soja>. Acesso: 21/09/2021.

DENG, L., LI, B.; XU, Y.; SHI, Q.; PAN, X. Efficacy of two flubendiamide ready mixture insecticides on *Stenchaetothrips biformis* and the growth of direct seeding rice by seed dressing. **Chinese Agricultural Science Bulletin**, v. 27, p. 286–290, 2011.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS EUA [USDA's], 2023. Foreign Agricultural Service (FAS)/ World Agricultural Production. **Foreign Agricultura: USDA**.

DE SALLES MEIRELLES, F. Novo impulso para a pesquisa agropecuária. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 10, p. 53-53, 2022.

DONG, T.; ZHANG, B.; JIANG, Y.; HU, Q. Isolation and classification of fungal whitefly entomopathogens from soils of Qinghai-Tibet Plateau and Gansu Corridor in China. *PLoS ONE*, v. 11, n. 5, p. e0156087, 2016.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156087>

EBRAHIMIFAR, J.; JAMSHIDNIA, A. Pathogenicity of two fungal pathogens on larvae of the elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* Muller (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egyptian Journal Biology Pest Control*, v. 31, n. 53, p. 1-6, 2021.

<https://doi.org/10.1186/s41938-021-00400-x>

EMBRAPA Soja. Soja: **manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Ed.: CLARA BEATRIZ HOFFMANN-CAMPO, BEATRIZ SPALDING CORRÊA-FERREIRA, FLAVIO MOSCARDI. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 859p.

FARIA, M.R.; WRAIGHT, S.P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, v. 43, n. 3, p. 237–256, 2007.

FIELDS, P.; ALLEN, S.; KORUNIC, Z.; MCLAUGHLIN, A.; STATHERS, T. Standardised testing for diatomaceous earth, pp. 779-784. In: **Proceedings of the 8th International Conference on Stored-Product Protection, 22/26 July**. 2002.

FISHER, J. J.; REHNER, S. A.; BRUCK, D. J. Diversity of rhizosphere associated entomopathogenic fungi of perennial herbs, shrubs and coniferous trees. *Journal Invertebrate Pathology*, v. 106, n. 2, p. 289–295, 2011.

<https://doi:10.1016/j.jip.2010.11.001>

GOULSON, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.

GRIGOLLI, J. F. J.; GRIGOLLI, M. M. K. PRAGAS DA SOJA E SEU CONTROLE. Fundação MS, Tecnologia e Produção: Soja 2017/2018, 2018. Disponível em: < [https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/302/302/5bf01ceb5604523cfade5dc9c1b5d3f79c522dd4360d2\\_05-pragas-da-soja-e-controle-somente-leitura.pdf](https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/302/302/5bf01ceb5604523cfade5dc9c1b5d3f79c522dd4360d2_05-pragas-da-soja-e-controle-somente-leitura.pdf)>, acesso em: 20/07/2022.

GUEDES, J. V. C.; FARIAS, J. R.; GUARESCHI, A.; ROGGIA, S.; LORENTZ, L. H. Collecting capacity of two methods of insect sampling in soybean in different row spacings. *Ciência Rural*, v. 36, n.4, p.1299-1302, 2006.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. **Pragas iniciais da soja: tamanduá-da-soja, piolho-de-cobra e torrãozinho**. In: Seminário de manejo de pragas e doenças iniciais das culturas de soja e milho em mato grosso do sul, 1., 2002, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. p. 45-54

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**, n. 30, 2000. 70p.

IGNOFF, C.M. Entomopathogens as insecticides. **Environmental Letters**, v. 8, n. 1, p. 23-40, 2009.

JACKSON, K., WEBLEY, D. (1994): Effects of Dryacide on the physical properties of grains, pulses and oilseeds. **Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection**, Canberra, Australia, 2, p. 635-637.

JIN, X.; STREETT, D. A.; DUNLAP, C. A.; LYN, M. E. Application of hydrophilic-lipophilic balance (HLB) number to optimize a compatible non-ionic surfactant for dried aerial conidia of *Beauveria bassiana*. **Biological Control**, v. 46, n. 2, p. 226–233, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.03.0>

JAIROCE, C. F.; TEIXEIRA, C. M.; NUNES, A. M.; HOLDEFER, D. R.; KRÜGER, A. P.; FLÁVIO R. M. GARCIA, F. R. M. Efficiency of inert mineral dusts in the control of corn weevil, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.158–162, 2016.

KOCH, R. L.; BURKNESS, E.C.; HUTCHISON, W. D.; RABAEY, T. L. Efficacy of systemic insecticide seed treatments for protection of early-growth-stage snap beans from bean leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) foliar feeding. **Crop Protection**, v. 24, n. 8, p. 734-742, 2005.

KORUNIĆ, Z.; LIŠKA, A.; LUCIĆ, P.; HAMEL, D.; ROZMAN, V. Evaluation of diatomaceous earth formulations enhanced with natural products against stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, v, 86, p. 1-9, 2020.

KORUNIĆ, Z.; ROZMAN, V.; LIŠKA, A.; LUCIĆ, P. A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. **Poljoprivreda**, v. 22, n. 1, p. 10-18, 2016.

KUNDOO, A. A.; DAR, S. A.; MUSHTAQ, M.; BASHIR, Z.; DAR, M. S.; GUL, S.; ALI, M. T.; GULZAR, S. Role of neonicotinoids in insect pest management. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 1, p. 333-9, 2018.

LAK, F.; Zandi-Sohani. N.; Parizipour, M.H.G.; Ebadollahi, A. Synergic effects of some plant-derived essential oils and Iranian isolates of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* Sorokin to control *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae). **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1075761, 2022.

LAZZARI, F. N.; RIBEIRO, C. C. S. Control of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman)(Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* Linnaeus, using diatomaceous earth under different temperatures. In: **9th International Working Conference on Stored Product Protection**, 2006. p. 15-18.

LEITE, L. G. et al. Produção de fungos entomopatogênicos. **Ribeirão Preto: A. S. Pinto**, v. 59, 2003. 92 p.

LI, Z.; LI, X.; YANG, S. Edaphic factor that affects the activity of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Bulletin of Biotechnology**, v. 2, p. 41–46, 2014. <http://biotech.aiijournal.com/EN/Y2014/V0/I2/41>



LIMA, H. M. A.; DE MELO RODRIGUES, V.; SABINO, A. R.; DOS SANTOS, M. Q. C.; DE LIMA, I. S.; DUARTE, A. G.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; DA SILVA, J. M. Effect of isolates of entomopathogenic fungi in the coconut eye borer. **Comunicta Science**, v. 11, p 3300–3300, 2020. <https://doi.org/10.14295/CS.v11i0.3300>

LIN, F.; CHHAPEKAR, S. S.; VIEIRA, C. C.; DA SILVA, M. P.; ROJAS, A.; LEE, D.; NIANXI, L.; ESTEBAN, M. P.; YI-CHEN, L.; ZHIMIN, D.; JOSE, B. P.; LEONARDO, D. P.; JOHN, R.; PENGYIN, C.; DECHUN, W.; NGUYEN, H.T. Breeding for disease resistance in soybean: a global perspective. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, p. 3773–3872, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04101-3>

LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N.; A. ; MARTINS, R. R. D. O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 2, n. 4, p. 32-36, 2001.

LORINI, I.; SALVADORI, J.R.; BONATTO, E.R. Dinâmica populacional e manejo de *Sternechus subsignatus* Boheman 1836 (Coleoptera: Curculionidae). **Embrapa Trigo-Circular Técnica**, n. 8, 2000. 44 p.

MAGALHAES, L. C.; FRENCH, B. W.; HUNT, T. E.; SIEGFRIED, B. D. Baseline susceptibility of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) to clothianidin. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n. 4, p. 251-255, 2007.

MAGALHÃES, B. P.; GOTTEL, M. S.; FRAZÃO, H. S. Sporulation of *Metharizium anizopliae* var. *acridum* and *Beauveria bassiana* on *Rhamantocerus shcistocercoides* under humid and dry conditions. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, p. 162–164, 2000b.

MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, S.; WIDMER, H. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Managment Science**, v. 57, p. 906-913, 2001. <https://doi.org/10.1002/ps.365>

MAIENFISCH, P. et al. 2001b. The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v. 57, p. 165-176, 2001b.

MAJIDI-SHILSAR, F. Combining effect of Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, and insecticides against *Chilo suppressalis* in field conditions. **IAU Entomological Research Journal**, v. 10, n. 4, p. 89-101, 2019.

MALIK, H.; ALI,Q.; MURTAZA, G.; AHMAD, M.; AKHTAR, M. F.;LALARUKH, I.;NADEEM, I.; AZIZ, A.; HAMID, T. A.; ABBAS, A.; ASLAM, A.; ANJUM, N. A. Puissance of nature’s wisdom food grade diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* (Herbst); a step towards ecofriendly pest management. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 2, p. 539-546, 2021.

MARSARO JUNIOR. A. L.; MOURÃO JÚNIOR, M. C. M, O; PEREIRA, P. R. V. S. Eficiência da terra de diatomáceas no controle de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em feijão-caupi armazenado. *Revista*

Acadêmica: **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 11, Supl. 2, p. S13-S18, 2013.

MARTÍNEZ, L. C.; PLATA-RUEDA, A.; RAMÍREZ, A.; SERRÃO, J. E. Susceptibility of *Demotispa neivai* (Coleoptera: Chrysomelidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* entomopathogenic fungal isolates. **Pest Management Science**, v, 78, p. 126–133, 2022. <https://doi.org/10.1002/ps.6613>

MEIRELLES, T. De SALLES. Plantio direto pode aumentar em 11% a eficiência do uso de água na cultura da soja. São Paulo.

MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. **Biological Control**, v. 43, p. 145–155, 2007. <https://10.1016/j.biocontrol.2007.07.007>

MICHELI, A. Variabilidade intraespecífica, inimigos naturais e avaliação da mistura de fungos entomopatogênicos e inseticidas para o controle de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae). 2005. 153 f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Paraná Curitiba, 2005.

MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, p. 335–349, 2016.

MORAES, R. R.; LOECK, A. E.; BELARMINO, L. C. Flutuação populacional de *Plusiinae* e *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 51-56, 1991.

MUGONZA, J.; OTIM, M. H.; EGONYU, J. P. The comparative virulence of an atoxigenic strain of *Aspergillus flavus* (Eurotiales: Trichocomaceae) and the commercial ICIPE 69 *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) to the bean leaf beetle *Ootheca mutabilis* (Coleoptera: Chrysomelidae). **International journal of tropical insect science**, v. 40, p. 403-411, 2020.

MULOCK, B. S.; CHANDLER, L. D. Effect of *Beauveria bassiana* on the fecundity of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Biological Control**. V. 22, p. 16–21, 2001.

NAWAZ, A.; RAZZAQ, F.; RAZZAQ, A.; GOGI, M. D.; FERNÁNDEZ-GRANDON, G. M.; TAYIB, M.; TAYIB, M.; AYUB, M. A.; SUFYAN, M.; SHAHID, M. R.; QAYYUM, M. A.; NAVEED, M.; IJAZ, A.; ARIF, M. J. Compatibility and synergistic interactions of fungi, *Metarhizium anisopliae*, and insecticide combinations against the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Scientific Reports**, v. 12, p. 4843, 2022.

OKONKWO, E. U.; OSEGBO, A. N.; OMODARA, M. A.; OGUNDARE, M. O.; ABEL, G. I.; NWAUBANI, S. I.; OTITODUN, G. O.; ATIBIOKE, O. A.; OLAGUNJU, O. D.; PETERS, O. Evaluation of four variant diatomaceous earths and a commercial DE Insecto against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) on two varieties of stored cowpea in Nigeria. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, v. 9, n. 8, p. 87-97, 2018.

ORTIZ-URQUIZA, A. and KEYHANI, N. O. Molecular Genetics of *Beauveria bassiana* Infection of Insects. In: B. Lovett, R. J. St Leger, Eds. Genetics and Molecular Biology of Entomopathogenic Fungi. Advances in Genetics, **Academic Press**, 2016, p.165–249.

OZDEMIR, I. O.; TUNCER, C.; ERPER, I.; KUSHIYEV, R. Efficacy of the entomopathogenic fungi; *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2020

PERINI, C; PEREIRA, P. Identificar e conter. Cultivar, **Grandes culturas**, v. 278, p. 20-25, 2022.

PIITZ, C. L. Effects of thiamethoxam seed treatments on bean leaf beetles. 2012.

RAMDANI, A., IBRIZ, H. and ESSAHAT, A. Thiamethoxam seed treatment controls Pea Leaf Weevil (*Sitona lineatus* (L.) on faba bean in Morocco. **African and Mediterranean Agricultura Journal**, v. 135, p. 179-191, 2022.

R Core Team R 2023. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>

REDDY, G. VP.; ZHAO, Z.; HUMBER, R. A. Laboratory and field efficacy of entomopathogenic fungi for the management of the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 122, p. 10-15, 2014.

REICHERT, J. L.; COSTA, E.C. Desfoliamentos contínuos e seqüências simulando danos de pragas sobre a cultivar de soja BRS-137. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.1-6, 2003.

ROEL, A. R.; DE GRANDE, P. E. Incidência de *Myochrous armatus* Baly, 1865 (Coleoptera, Crhrysomelidae, Eumolpinae) na cultura da soja (*Glycine max* (L.) no município de São Gabriel do Oeste, MS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18, n.1, p. 187-189, 1989.

SALDANHA, M. A.; COSTA, E. C.; MUNIZ, M. F. B.; QUEVEDO, A. C. Compatibility levels of fipronil with entomopathogenic fungi. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 1–7, 2022.

SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. **Toxicon**, v. 56, p. 1267–1274, 2010. <https://doi:10.1016/j.toxicon.2010.03.008>

SHAH MA.; KHAN A.A. Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests. **International Journal Pest Management**, v. 60, p. 100–113, 2014.

SHARIFIFARD, M. O. N. A.; MOSSADEGH, M. S.; VAZIRIANZADEH, B.; ZAREI, M. A. Interactions between entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*, and sublethal doses of spinosad for control of house fly, *Musca domestica*. **Iranian Journal Arthropod-Borne Diseases**, v. 5, n. 1, p. 28–36, 2011.

SILVA, R. Z. et al. Efeito de agroquímicos à base de óleo mineral e vegetal sobre a viabilidade dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (metsch.) Sorokin e *Paecilomyces* sp. Bainier. **BioAssay**, v. 1, n. 1, p.1-5, 2006.

SKINNER, M.; PARKER, B.L.; KIM, J.S. Role of entomopathogenic fungi in integrated pest management. **Integrated pest management**, p. 169-191, 2014.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J. M.; CHAGNON, M.; DOWNS, C.; FURLAN, L.; GIBBONS, D. W.; GIORIO, C.; GIROLAMI, V.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C. H.; LIESS, M.; LONG, E.; MCFIELD, M.; MINEAU, P.; MITCHELL, E. A. D.; MORRISSEY, C. A.; NOOME, D. A.; PISA, L.; SETTELE, J.; STARK, J. D.; TAPPARO, A.; VAN DYCK, H.; VAN PRAAGH, J.; VAN DER SLUIJS, J. P.; WHITEHORN, P. R.; WIEMERS, M. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 5-34, 2015.

SOSA-GÓMEZ, D.R. et al. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 66p. Circular Técnica, 30.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados na cultura da soja**, n. 269, 2010, 90 p.

SOUSA, R. R. P.; DE ASSIS, F. A.; DE ASSIS, G. A.; CARVALHO, F. J.; FERNANDES, M. I. D. S. **Parâmetros fitotécnicos e entomofauna associada ao rabanete submetido à aplicação de terra diatomáceas**. Revista Scientia Rural, v. 1, n. 1, 2020.

STAMM, M.; HENG-MOSS, T.; BAXENDALE, F.; SIEGFRIED, B.; BLANKENSHIP, E.; NAUEN, R. Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest Management Science**, v. 72, n. 6, p. 1099-1109, 2016.

STUCHI, A. L. P. B.; MOREIRA, D. R.; GALHARDO, D.; DOS SANTOS, S. A.; RONQUI, L.; CANTAGALLI, L. B.; LOPES, D. A.; SINÓPOLIS-GIGLIOLLI, A. A.; ARNAUT DE TOLEDO, V. A RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Comparative toxicity of fipronil, malathion, and thiamethoxam on the stingless bee *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 44, p. e57846-e57846, 2022.

SUBRAMANYAM, B.; ROESLI, R. Inert dusts. In: **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Springer, 2000. p. 321-380.

Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. São Paulo/SP. (SPC, 2024).

<https://revistacultivar.com.br/index.php/pesticida/syngenta-protecao-de-cultivos-ltda-sao-paulosp/curacron>. Acesso: 21/09/2021. **Revista Cultivar**, 2024.

TANG, T.; XUEYUAN, L.; PEI, W.; WEI, F.; MINGYONG, M. Thiamethoxam seed treatment for control of rice thrips (*Chloethrips oryzae*) and its effects on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). **Crop Protection**, v. 98. p. 136-142, 2017.

TINGLE, C.C.D.; ROTHER, J.A.; DEWHURST, C. F.; LAUER, S.; KING, W.J. Health and environmental effects of fipronil. **Briefing paper for Pesticides Action Network**, v. 22, p. 103-118, 2000.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanism of selective action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 45. p. 247-268, 2005.

TRIBONI, Y.B.; DEL BEM JUNIOR, L.; RAETANO, C. G.; NEGRISOLI, M. M. Effect of seed treatment with insecticides on the control of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, n. 1-6, e0332018, 2019.

URAGAYALA, S.; VERMA, V.; NATARAJAN, E.; POONAM, S. P. V.; KAMARAJU, R. Adulticidal & larvicidal efficacy of three neonicotinoids against insecticide susceptible & resistant mosquito strains. **Indian Journal of medical research**, v. 42, n. 1, p. S64-S70, 2015. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.176624>.

USDA's] Departamento de Agricultura dos EUA. Foreign Agricultural Service (FAS)/ Global Market Analysis. World Agricultural Production. Circular Series, WAP 3-24, 2024.

VOJVODIĆ, M.; BAŽOK, R. Future of insecticide seed treatment. **Sustainability**, v. 13, n.16, p. 8792, 2021.

WAKIL W, SCHMITT T, KAVALLIERATOS N. G. Persistence and efficacy of enhanced diatomaceous earth, imidacloprid, and against three coleopteran and one psocid stored-grain insects. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, p. 23459-23472, 2021.

WAKIL, W.; YASIN, M.; QAYYUM, M. A.; ASIM, M. Combined toxicity of *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chlorpyrifos, fipronil, and chlorantraniliprole against *Periplaneta americana* (Dictyoptera: Blattidae). **Pakistan Entomologist**, v. 34, n. 1, p. 59-63, 2012.

WAKIL, W.; ASHFAQ, M.; GHAZANFAR, M. U.; RIASAT, T. Susceptibility of stored-product insects to enhanced diatomaceous earth. **Journal of Stored Products Research**, v. 46, n. 4, p. 248-249, 2010.

WAQUIL, J.M.; MENDES, S.M.; MARUCCI R.C. (2010). Ocorrência de espécies de Diabrotica em milho no Brasil: qual a predominante, *Diabrotica speciosa* ou diabrotica viridula? Sete Lagoas: Embrapa. **Comunicado Técnico**, 178p.

YADAV, R. K.; SHARMA, S. K.; DHANKH, S. S. Role of novel insecticides in integrated pest management. **Scientific beekeeping and integrated insect pest management in crops**, v. 67, p. 120, 2014.

YASSINE, B.; GAOUAR, B. N.; SENOUCI, H.; M'SAAD G. M. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth on larvae of *Agriotes lineatus* (Coleoptera; Elateridae), potato pests in Tissemsilt, Algeria. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 28, n. 12 A, p. 9956-9962, 2019.

YIL, J. E.; BONG, C. F. J.; KING, J. H. P.; KADIR, J. Synergism of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* incorporated with fipronil against oil palm pest subterranean termite, *Coptotermes curvignathus*. **Plant Protection Science**, v. 52, p. 35-44, 2015. <https://doi.org/10.17221/82/2015-PPS>

ZIMMERMANN, G. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 18, p. 865–901, 2008.