

**APLICAÇÃO DE BIOLÓGICOS CONTRA TRIPES NO
TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL SOB
DIFERENTES HORÁRIOS DE APLICAÇÃO, INCLUINDO A
AVALIAÇÃO DE PROTETORES SOLARES**

Leidy Ximena Figueroa Cossio
Eng. Agrícola

LEIDY XIMENA FIGUEROA COSSIO

**APLICAÇÃO DE BIOLÓGICOS CONTRA TRIPES NO
TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL SOB
DIFERENTES HORÁRIOS DE APLICAÇÃO, INCLUINDO A
AVALIAÇÃO DE PROTETORES SOLARES**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GOIÁS
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi

C836 Cossio, Leidy Ximena Figueroa
Aplicação de biológicos contra tripses no tomateiro para
processamento industrial sob diferentes horários de aplicação,
incluindo a avaliação de protetores solares / Leidy Ximena
Figueroa Cossio. Urutaí 2026.
34f. il.
Orientador: Prof. Me. Alexandre Igor Azevedo Pereira.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0133054 - Mestrado Profissional em Proteção de Plantas - Urutaí
(Campus Urutaí).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☒ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☐ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Leidy Ximena Figueroa Cossio

Matrícula:
2024101330540023

Título do trabalho:

Aplicação de biológicos contra tripses no tomateiro para processamento industrial sob diferentes horários de aplicação, incluindo a avaliação de protetores solares

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10 /03 /2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, Goiás

06 /03 /2026

Local

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 16/2026 - REPG-URT/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dezesseis dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e seis, às dez horas, reuniram-se por videoconferência os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Leidy Ximena Figueroa Cossio**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado *"Aplicação de biológicos contra tripses no tomateiro para processamento industrial sob diferentes horários de aplicação, incluindo a avaliação de protetores solares"*. A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu ao examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira	IF Goiano	Presidente
Profª. Drª. Carmen Rosa da Silva Curvelo	IF Goiano	Membra externa
Dr. João Batista Coelho Sobrinho	CEBIO	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alexandre Igor de Azevedo Pereira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/03/2026 16:08:16.
- **Carmen Rosa da Silva Curvelo**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/03/2026 20:03:32.
- **João Batista Coelho Sobrinho**, 2025101344560001 - Discente, em 07/03/2026 14:06:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 796971
Código de Autenticação: 7849d7fad5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, SN, Zona Rural, URUTÁ / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900

*“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
ombros de gigantes”*

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar-me e estar à frente das minhas decisões, concedendo-me vida, saúde, sabedoria e perseverança para a conclusão desta etapa acadêmica.

À minha mãe, Erlinda Cossio Villarroel, e à minha irmã, Aracely Figueroa Cossio, pelo amor, apoio incondicional e incentivo constante ao longo de toda a trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, pela orientação científica, dedicação e valiosas contribuições, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas (PPGPP), Prof. Dr. Milton Lima Paz, pelo apoio institucional e incentivo durante todo o curso.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pelo compartilhamento de conhecimentos e contribuição para minha formação acadêmica.

À instituição Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela estrutura, suporte e oportunidades de crescimento acadêmico.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, registro minha sincera gratidão.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	16
DISCUSSÃO.....	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
AGRADECIMENTOS.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

RESUMO

Os tripses (Thysanoptera) representam importante entrave fitossanitário para o tomateiro destinado ao processamento industrial, exigindo estratégias de manejo compatíveis com o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Este estudo avaliou, em condições de campo, a eficiência de bioinsumos microbianos e fatores operacionais de aplicação no manejo de tripses em tomate industrial (cv. CVR 8161). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com arranjo fatorial $4 \times 2 \times 2 + 2$ (quatro bioinsumos entomopatógenos, presença ou ausência de protetor solar contra radiação UV na calda com os bioinsumos, dois horários de aplicação 12:00 AM e 17:00 PM), acrescido de duas testemunhas (água e o inseticida profenofós + cipermetrina), totalizando 18 tratamentos. Foram realizadas três pulverizações semanais e nove avaliações populacionais por batida de bandeja plástica nos ponteiros apicais das plantas do tomateiro. Os dados foram analisados por modelos lineares mistos, considerando bloco como efeito aleatório e fatores fixos (dias após aplicação, produtos, protetor UV e horário de aplicação). Observou-se incremento populacional ao longo do tempo, com destaque para o papel modulador do protetor UV e do horário de aplicação na redução do nível médio de infestação e na estabilização do efeito residual. As melhores combinações envolveram protetor UV, sobretudo às 12:00 AM, com desempenho competitivo e, em vários cenários, superior ao padrão químico. O tratamento *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* com protetor UV às 12:00 AM apresentou a menor média ajustada para a infestação de tripses, indicando maior eficiência relativa sob alta pressão populacional.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas, Fotoproteção, Micoinseticidas, Radiação solar, Modelo linear misto.

ABSTRACT

Thrips (Thysanoptera) are a major phytosanitary constraint in tomato plants for processing fruits by the industry as raw material, requiring management strategies aligned with Integrated Pest Management (IPM) practices. This field study evaluated the efficacy of microbial bioinputs and operational spray factors for thrips management in processing tomato plants (cv. CVR 8161). The experiment followed a randomized complete block design in a 4×2×2+2 factorial scheme (four entomopathogenic bioinput agents, presence or absence of a UV-protective sunscreen additive in the spray solution with the bioinputs, and two application times (12:00 AM and 5:00 PM), plus two controls (water and the insecticide profenofos + cypermethrin), totaling 18 treatments. Three weekly foliar sprays were performed, and thrips populations were assessed nine times using the beat-tray method on apical shoots. Data were analyzed using linear mixed models, with the treatments as a random effect and fixed factors (days after application, products, UV protector, and application time). Thrips populations increased over time, highlighting the modulatory role of the UV protector and application time in reducing mean infestation levels and stabilizing residual effects. The best combinations included the UV protector, particularly at 12:00 AM, showing competitive performance and, in several scenarios, outperforming the chemical standard. The treatment *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* with UV protector at 12:00 AM yielded the lowest adjusted mean of thrips infestation, indicating higher relative efficacy under high pest pressure.

Key-words: Integrated pest management, Photoprotection, Mycoinsecticides, Solar radiation, Linear mixed model.

INTRODUÇÃO

Os tripses (Thysanoptera) figuram entre as principais ameaças fitossanitárias do tomateiro para processamento industrial por causarem danos diretos (sucção de tecidos vegetais) e, sobretudo, por atuarem como vetores de tospovírus, ampliando perdas quantitativas e qualitativas e elevando a instabilidade produtiva em campo (Mouden et al. 2017). A resposta convencional tem se apoiado em aplicações sucessivas de inseticidas, porém esse tipo de manejo traz efeitos adversos bem documentados, como a seleção rápida de populações resistentes, necessidade de aumento de frequência e dose, risco de resíduos e impactos sobre inimigos naturais. Esses efeitos, em conjunto, deturpam práticas promissoras e vinculadas ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) e reduzem a sustentabilidade ambiental e econômica do sistema produtivo (Wang et al. 2016, Yuan et al. 2023). Nesse contexto, bioinsumos microbianos, como bactérias e fungos entomopatogênicos, despontam como alternativas compatíveis com o MIP, por apresentarem modos de ação distintos dos inseticidas neurotóxicos, potencial de integração com táticas culturais e seletividade ecotoxicológica mais ampla (Mouden et al. 2017, Kim et al. 2020).

Apesar do potencial, a eficácia de biológicos em condições tropicais frequentemente é limitada por estresses ambientais, especialmente alta temperatura, baixa umidade e radiação ultravioleta (UV), que aceleram a degradação de propágulos, reduzem a viabilidade de conídios fúngicos e comprometem a persistência do produto na superfície foliar (Kaiser et al. 2019). Evidências recentes mostram que a persistência de *Beauveria bassiana* pode ser significativamente ampliada por formulações com ação fotoprotetora, reforçando a relevância de protetores solares contra a radiação UV como ferramenta operacional para estabilizar o desempenho sob condições de campo em favor dos bioinsumos (Kamouni et al. 2025). Além disso, a colonização endofítica de tomateiro por *B. bassiana* tem sido descrita como via promissora para prolongar efeitos e aumentar a robustez do controle biológico no dossel, o que fortalece a lógica de estratégias que maximizem sobrevivência e permanência do microrganismo após a pulverização (Nishi et al. 2021).

Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar, em plantas de tomateiro para processamento industrial, o desempenho de bioinsumos bacterianos e fúngicos aplicados em diferentes horários (12:00 AM ou 17:00 PM), na presença ou ausência de protetor UV, quantificando a dinâmica populacional de tripses e identificando combinações operacionais com maior eficiência e estabilidade sob condições reais de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental

O experimento foi conduzido no município de Urutaí, estado de Goiás, situado na região Centro-Oeste do Brasil (latitude 17°17'59" S, longitude 48°16'46" W, altitude 758 m), durante o período compreendido entre maio e setembro de 2024. Durante o período experimental, a temperatura média da região foi de 24,5 °C e a umidade relativa média de 60%. O clima local é classificado como tropical semiúmido (Aw), segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se por ser quente na primavera e verão e ameno no outono e inverno.

Cultivar de tomate utilizada

A cultivar de tomate industrial utilizada foi a CVR 8161, caracterizada por um ciclo médio de 120 a 140 dias, elevada produtividade e resistência genética (do tipo VFFN) aos patógenos *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raças 1 e 2, e ao nematoide de galha (*Meloidogyne* spp.). As mudas foram previamente produzidas em bandejas, sendo transplantadas para o campo em 6 de maio de 2024. O transplantio foi realizado com o auxílio de uma máquina transplantadora mecanizada (marca Ferrari, modelo FX) a uma profundidade de aproximadamente 3 cm.

Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com três repetições e arranjo fatorial 4 x 2 x 2, com adição de duas testemunhas, totalizando 18 tratamentos e um total de 54 parcelas experimentais. Cada parcela experimental teve dimensões de 15 m² (3 m comprimento × 5 m largura) com espaçamento entre plantas de tomate de 0,30 m entre plantas na linha, 0,70 m entre linhas dentro da fileira dupla e 1,20 m entre fileiras duplas. As bordaduras tiveram 5 m de distância entre parcelas experimentais e entre os blocos, totalizando 3.325 m² de área experimental total.

Os níveis do fator 1 compreenderam quatro tipos de microrganismos entomopatógenos: *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* (na mesma formulação), *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (na mesma formulação) e *Beauveria bassiana*. Os níveis do fator 2 envolveram o uso (ou não) de um adjuvante voltado à proteção de bio defensivos contra raios UV, temperatura e desidratação. Os níveis do fator 3 foram diferentes horários de aplicação dos biológicos (meio dia ou 17 hs da tarde). E, por fim, as duas testemunhas adicionais foram um inseticida (profenofós + cipermetrina, na mesma formulação) (testemunha positiva) e um controle absoluto compreendido por apenas água (testemunha negativa).

Produtos utilizados e calendário de aplicações

O inseticida utilizado (testemunha positiva) possui registro no MAPA nº 009507 e tem como ingredientes ativos o profenofós a 400 g/L (40,0% m/v) e a cipermetrina a 40 g/L (4,0% m/v), nafta de petróleo a 479,0 g/L (47,9% m/v) e outros ingredientes a 652 g/L (65,2% m/v). O profenofós é classificado como inseticida/acaricida e a cipermetrina como inseticida, com formulação do tipo concentrado emulsionável (EC). O titular do registro é a Syngenta Proteção de Cultivos Ltda (São Paulo, SP). A classificação toxicológica indicada é Categoria 4 (produto pouco tóxico) e a classificação do potencial de periculosidade ambiental é Classe II (produto muito perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada foi de 750 ml ha⁻¹ com volume de calda de 500 L ha⁻¹.

O *Bacillus thuringiensis* utilizado possui registro no MAPA nº 14320 e é composto por *Bacillus thuringiensis* (isolados 1641 e 1644), com mínimo de $1,3 \times 10^9$ esporos viáveis/mL (pc), na concentração de 64 g/L (6,4% m/v), além de outros ingredientes a 936 g/L (93,6% m/v). O produto é classificado como inseticida microbiológico, com formulação do tipo concentrado emulsionável (EC). O titular do registro é a Ballagro Agro Tecnologia Ltda (Bom Jesus dos Perdões, SP). Sua classificação toxicológica é de categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo) e classificação do potencial de periculosidade ambiental Classe IV (Pouco perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada foi de 500 ml ha⁻¹ com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O produto *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* (na mesma formulação) é registrado no MAPA sob nº 33922 e tem como ingredientes ativos *Beauveria bassiana* (isolado BALL 6-2, mínimo $3,0 \times 10^9$ UFC/g de produto comercial) na concentração de 40 g/kg (4% m/m) e *Isaria javanica* (isolado URM 7662, mínimo $1,6 \times 10^8$ UFC/g de produto comercial) na concentração de 30 g/kg (3% m/m), além de outros ingredientes a 930 g/kg (93% m/m). É classificado como inseticida microbiológico, com formulação do tipo pó molhável (WP). O titular do registro é a Ballagro Agro Tecnologia Ltda (Bom Jesus dos Perdões, SP). A classificação toxicológica indicada é de categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo) e a classificação do potencial de periculosidade ambiental é classe IV (produto pouco perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada foi de 200 g ha⁻¹ com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O produto *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (na mesma formulação) possui registro no MAPA nº 40119 e tem como ingredientes ativos *Beauveria bassiana* (Isolado IBCB 66, mínimo $4,3 \times 10^8$ UFC/g de produto comercial) na concentração de 150 g/kg (15% m/m) e *Metarhizium anisopliae* (Isolado IBCB 425, mínimo $3,2 \times 10^8$

UFC/g de produto comercial) na concentração de 150 g/kg (15% m/m), além de outros ingredientes a 700 g/kg (70% m/m). O produto é classificado como inseticida microbiológico, com formulação do tipo pó molhável (WP). O titular do registro é a Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (Bom Jesus dos Perdões, SP). A classificação toxicológica indicada é Categoria 5 (Produto improvável de causar dano agudo) e a classificação do potencial de periculosidade ambiental é Classe IV (Pouco perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada foi de 200 g ha⁻¹ com volume de calda de 1000 L ha⁻¹.

A fonte de *Beauveria bassiana* (isolado) possui registro no MAPA nº 07312 e tem como ingrediente ativo *Beauveria bassiana* (isolado IBCB 66, mínimo 1×10^9 UFC/g de produto) na concentração de 300 g/kg (30% m/m), além de outros ingredientes a 700 g/kg (70% m/m). O produto é classificado como inseticida microbiológico, com formulação do tipo pó molhável (WP). O titular do registro é a Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (Bom Jesus dos Perdões, SP). A classificação toxicológica indicada é categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo) e a classificação do potencial de periculosidade ambiental é Classe IV (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada foi de 200 g ha⁻¹ com volume de calda de 500 L ha⁻¹.

Os tratamentos foram aplicados via pulverização foliar com um pulverizador pressurizado a CO₂ (capacidade de 2 L), equipado com uma barra de 3 m contendo seis pontas cônicas (M 054), e pressão de trabalho foi de 30 PSI, seguindo as recomendações de volume de calda para cada produto, garantindo uniformidade e cobertura adequada das plantas. Todas as operações de manuseio dos produtos, preparo de caldas e aplicações dos produtos fitossanitários utilizados seguiram protocolos de acordo com as normas vigentes da legislação brasileira, incluindo o uso obrigatório de EPI independente da natureza química ou biológica dos produtos utilizados.

Três aplicações, espaçadas entre elas a cada sete dias, foram realizadas durante o período experimental. O início das aplicações ocorreu quando amostragens preliminares de tripes em mais de 50% das parcelas experimentais atingiram um valor médio de 1 tripes por batida de bandeja. Dessa forma, a primeira aplicação ocorreu aos 67 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro. O ensaio completo seguiu até os 88 DAT. Duas amostragens foram realizadas aos três e cinco dias, respectivamente, após cada uma das três aplicações preliminares. Portanto, as amostragens dos tripes foram realizadas em nove diferentes intervalos de tempo.

Amostragem dos tripes

O monitoramento da população de tripes foi realizado por meio de amostragem

ativa pelo método de batida em bandeja de polipropileno (40 cm × 30 cm × 6 cm) o qual permite estimar de forma mais imediata a infestação de ninfas e adultos presentes na parte aérea das plantas de tomateiro para processamento industrial. Cada planta amostrada foi agitada ou batida levemente nos ramos e folhas, de modo a desalojar os insetos que caíam na bandeja e eram quantificados imediatamente em campo com o auxílio de lupa manual quando necessário. No presente estudo, a diferenciação entre ninfas e adultos não foi realizada, bem como entre as espécies de tripes amostradas com suas frequências de ocorrência, respectivamente: *Frankliniella schultzei* (85%), *Frankliniella occidentalis* (12%), *Caliothrips phaseoli* (2%) e *Arorathrips mexicanus* (1%). As plantas foram selecionadas aleatoriamente dentro de cada parcela, evitando-se as bordaduras, e cinco batidas de bandeja branca no ponteiro das plantas de tomate foram executadas para cada parcela experimental.

Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas no ambiente R versão 4.4.1 (R Core Team 2024). A variável resposta número de tripes foi analisada por modelos lineares mistos (LMMs) com Bloco como efeito aleatório e Produto, luz ultra violeta (UV), horário e Dias Após Aplicação (DAA) como efeitos fixos. Os ajustes foram feitos por máxima verossimilhança restrita (REML, pacote lme4 versão 1.1-35) (Bates et al. 2015). Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram verificados por resíduos quantis-normais e gráficos de resíduos versus valores ajustados.

Para modelar a dinâmica temporal dos tripes ao longo de DAA, ajustou-se um LMM longitudinal com interação completa: $\text{Tripes} \sim \text{DAA} \times (\text{Produto} \times \text{UV} \times \text{Horário}) + (1 | \text{Bloco})$ apenas para o conjunto fatorial (excluindo controles). A significância dos efeitos fixos foi avaliada por testes F tipo III (ANOVA), com graus de liberdade pelo lmerTest versão 3.1-3 (Kuznetsova et al. 2017) conforme apresentado na Tabela 1.

As médias ajustadas comparáveis entre tratamentos, controlando DAA, foram obtidas pela relação: $\text{Tripes} \sim \text{Produto} \times \text{UV} \times \text{Horário} + \text{DAA} + (1 | \text{Bloco})$ com médias marginais e intervalos de confiança de 95% (IC_{95%} pacote emmeans versão 1.10.0 (Lenth et al. 2023) conforme apresentado nas Figuras 3 a 5). Inclinações temporais (DAA.trend) por combinação foram estimadas via emtrends (Figura 2). Para inclusão dos controles (check e polytrin), agruparam-se os tratamentos em rótulo único e ajustou-se da seguinte forma: $\text{Tripes} \sim \text{Tratamento} + \text{DAA} + (1 | \text{Bloco})$ conforme Figura 5. Gráficos foram gerados com ggplot2 versão 3.5.0 (Wickham et al. 2023) exibindo IC_{95%} através da dinâmica por Produto (Figura 1), inclinações (Figura 2), médias por fatores/Produto

(Figuras 3 a 4), global com controles (Figura 5) e desempenho integrado (média vs. inclinação) conforme Figura 6.

RESULTADOS

A análise de variância dos efeitos fixos, realizada por meio de modelo linear misto ajustado por Máxima Verossimilhança Restrita (REML) evidenciou efeito altamente significativo dos dias após a aplicação (DAA) sobre a contagem de adultos de tripses ($F = 151,18$; $p < 0,001$). Isso indica que a variação temporal foi o principal fator explicativo da dinâmica populacional desse inseto-praga observada ao longo do período avaliado (Tabela 1). Os fatores Produto e Horário de aplicação não apresentaram efeito significativo sobre a variável resposta ($p > 0,05$). Em contraste, observou-se efeito significativo da radiação ultravioleta (UV) ($F = 5,31$; $p = 0,02$) (Tabela 1), evidenciando que a presença de UV influenciou a população de tripses de forma independente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos efeitos fixos para o número de tripses por batida de bandeja no ponteiro apical em plantas de tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial obtida por modelo linear misto ajustado por máxima verossimilhança restrita (REML)

Fonte (efeitos fixos)	GL_num	F	P	Sig
DAA	1	151.18	0.00	***
Produto	3	1.65	0.18	ns
Protetor UV	1	5.31	0.02	*
Horário	1	1.83	0.18	ns
DAA x Produto	3	0.52	0.67	ns
DAA x Protetor UV	1	3.10	0.08	ns
Produto x Protetor UV	3	0.90	0.44	ns
DAA x Horário	1	2.47	0.12	ns
Produto x Horário	3	1.63	0.18	ns
Protetor UV x Horário	1	20.04	0.00	***
DAA x Produto x Protetor UV	3	0.40	0.76	ns
DAA x Produto x Horário	3	2.28	0.08	ns
DAA x Protetor UV x Horário	1	0.10	0.75	ns
Produto x Protetor UV x Horário	3	0.51	0.68	ns
DAA x Produto x Protetor UV x Horário	3	1.36	0.25	ns

Entre as interações de primeira ordem, destacou-se apenas a interação significativa entre Ultravioleta e Horário de aplicação ($F = 20,04$; $p < 0,001$), indicando que o efeito da radiação UV sobre a população de tripses foi condicionado ao horário em

que as aplicações foram realizadas. As demais interações de primeira ordem, incluindo DAA $\times$ Produto, DAA $\times$ Horário, DAA $\times$ Ultravioleta e Produto $\times$ Horário, não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$). Nenhuma das interações de segunda e terceira ordem avaliadas no modelo, incluindo aquelas que envolveram simultaneamente os fatores DAA, Produto, Ultravioleta e Horário apresentou efeito significativo sobre a variável resposta ($p > 0,05$), indicando ausência de efeitos combinados mais complexos quando considerados de forma global.

A dinâmica temporal para a contagem média ajustada dos tripes em função dos dias após a aplicação (DAA) está apresentada na Figura 1. Em todas as combinações avaliadas, observou-se incremento progressivo da população dos tripes ao longo do período de avaliação com valores iniciais variando, de modo geral, entre 0,5 a 2,8 adultos aos 1 DAA, alcançando valores entre aproximadamente 2,0 e 5,1 adultos aos 9 DAA, dependendo do produto, da exposição ao UV e do horário de aplicação (Figura 1). Entre os produtos, *Beauveria bassiana* e *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliaea* apresentaram as maiores magnitudes absolutas ao final do período, atingindo valores próximos ou superiores a 4,5 adultos aos 5 DAA3 (88 DAT) em aplicações às 12:00 AM sem UV (Figura 1). Enquanto *Bacillus thuringiensis* manteve as menores contagens ao longo do tempo, com valores máximos próximos a 3,3 adultos na mesma condição. O produto *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* exibiu comportamento intermediário, com médias finais em torno de 4,3 adultos em condições sem UV (Figura 1). A exposição ao protetor contra radiação ultravioleta (UV) esteve associada, de forma consistente, a menores contagens ao longo de todo o período, especialmente nos primeiros dias após a aplicação (Figura 1). Nesse caso, diferenças entre condições com e sem UV chegaram a 1,0 a 1,5 adulto, dependendo do produto. Quanto ao horário, aplicações realizadas às 12:00 AM tenderam a apresentar trajetórias com valores mais elevados ao longo do tempo em comparação às aplicações às 17:00 PM (Figura 1).

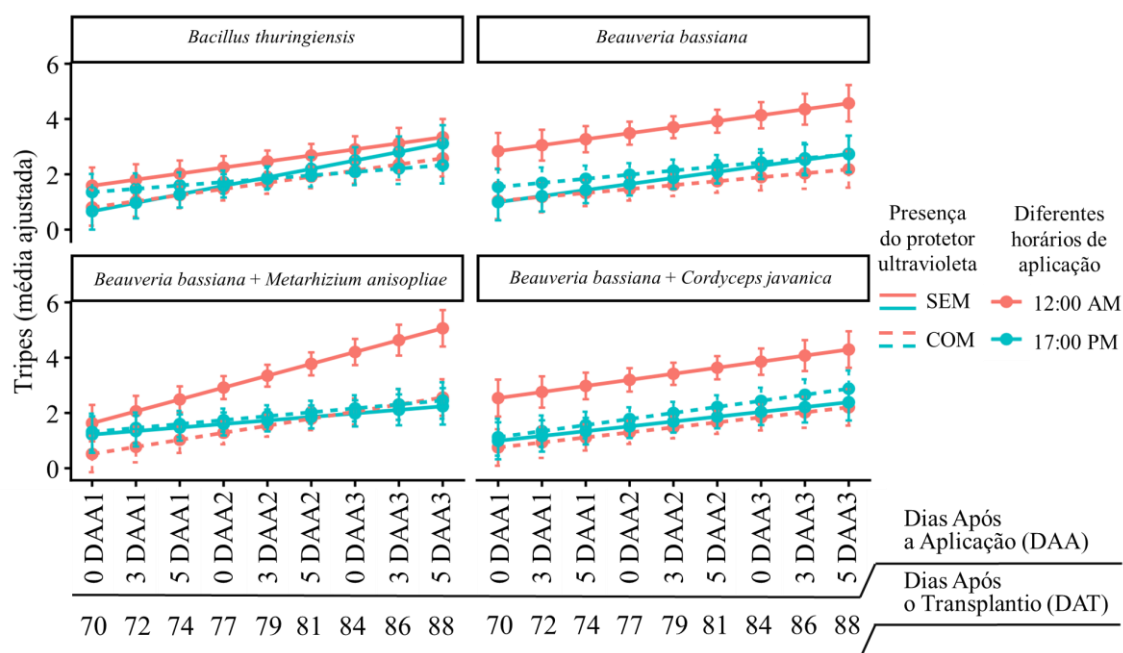


Figura 1. Dinâmica populacional de trips (Thysanoptera) em tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial em função dos dias após a aplicação (DAA) ou dias após o transplântio (DAT), através de pulverizações foliares com os biológicos *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* ou *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, exposição ao protetor ultravioleta (sem e com) e horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM).

As inclinações temporais estimadas pelo modelo misto, representando a taxa média de variação da contagem de trips ao longo do tempo, são apresentadas na Figura 2. Todas as inclinações estimadas foram positivas, variando aproximadamente entre 0,12 e 0,43 adultos por dia, confirmando o incremento populacional observado na Figura 1. O produto *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* apresentou as maiores inclinações, especialmente sob aplicação às 12:00 PM sem o protetor UV, com valores próximos a 0,43 adulto por dia, indicando crescimento populacional mais rápido ao longo do período. Em contraste, *Bacillus thuringiensis* e *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* exibiram inclinações mais moderadas, geralmente entre 0,18 e 0,31 adulto por dia, enquanto *Beauveria bassiana* apresentou valores intermediários e relativamente estáveis na interação entre diferentes horários de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM) e presença ou ausência do protetor UV (Figura 2).

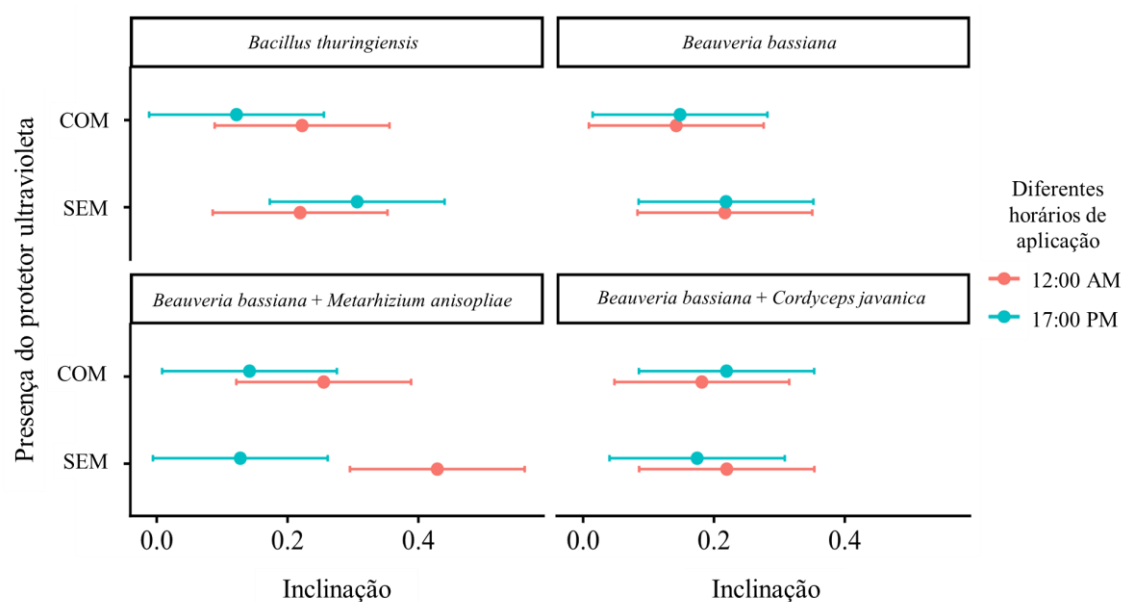


Figura 2. Taxa de redução populacional (inclinações estimadas) para a contagem de tripses (Thysanoptera) em tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial em função dos dias após a aplicação (DAA) ou dias após o transplante (DAT), através de pulverizações foliares com os biológicos *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* ou *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, exposição ao protetor ultravioleta (sem e com) e horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM).

As médias ajustadas para a contagem de tripses, já controladas pelo efeito dos dias após a aplicação (DAA), sintetizando o nível médio de infestação desse inseto-praga ao longo de todo o período experimental são apresentadas na Figura 3. As médias ajustadas variaram entre aproximadamente 1,48 e 3,71 adultos, dependendo da combinação entre os biológicos, uso (ou não) do protetor UV e horário de aplicação. De modo geral, aplicações no horário de 12:00 AM sem o protetor UV resultaram nas maiores médias ajustadas, com valores próximos a 3,7 adultos para *Beauveria bassiana*, 3,4 para *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* e 3,4 para *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*. Em contraste, com o uso do protetor UV em aplicações às 12:00 AM reduziu essas médias em cerca de 40 à 55%, com valores atingindo, apenas, 1,5 a 1,7 adultos, dependendo do biológico aplicado (Figura 3). Além disso, as aplicações de 12:00 AM apresentaram médias ajustadas mais baixas e menos contrastantes entre o uso (ou não) de protetores UV, variando predominantemente entre 1,7 e 2,1 adultos. O produto biológico composto por *Bacillus thuringiensis* apresentou, de forma consistente, as menores médias ajustadas, especialmente sob o uso do protetor UV, enquanto o biológico *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* exibiu comportamento mais estável entre combinações, com menor amplitude de variação relativa (Figura 3).

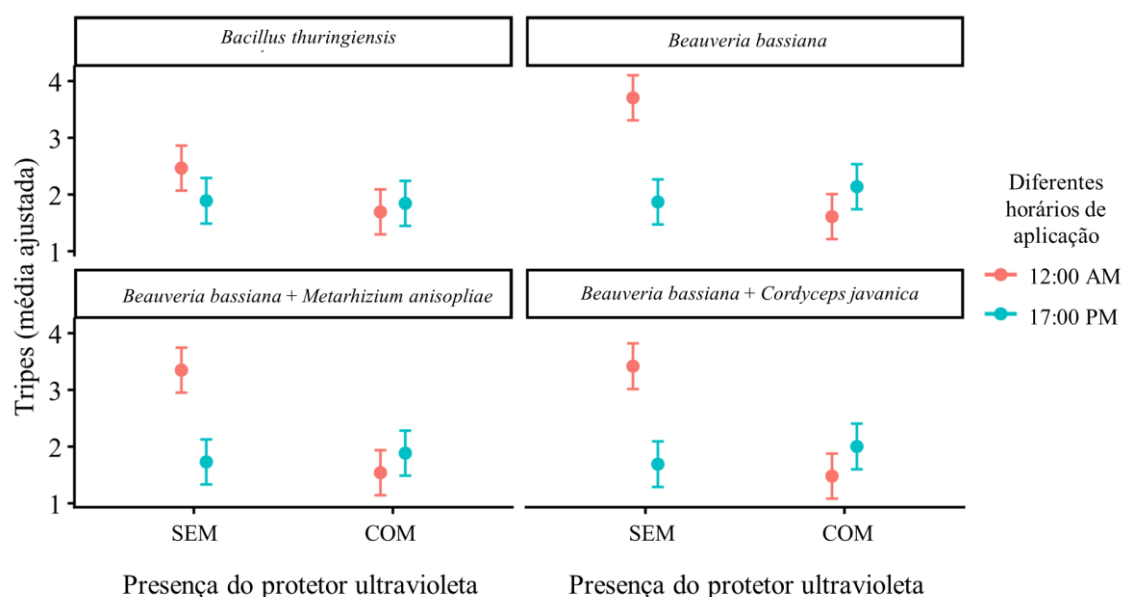


Figura 3. Médias ajustadas para a contagem de tripses (Thysanoptera) em tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial em função das pulverizações foliares com os biológicos *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* ou *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, exposição ao protetor ultravioleta (sem e com) e horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM), controladas pelo efeito dos dias após a aplicação.

As médias ajustadas para a contagem de tripses, decompostas pelos efeitos do protetor solar contra a radiação ultravioleta (UV) e os diferentes horários de aplicação, dentro de cada produto biológico avaliado, permitindo identificar padrões operacionais específicos que não são evidentes quando se analisam apenas médias agregadas são descritas na Figura 4. Para a bactéria *Bacillus thuringiensis* a maior média ajustada foi observada na aplicação de 12:00 AM sem o protetor UV (2,47 tripses), enquanto a presença do protetor solar reduziu substancialmente esse valor (1,69 adultos) às 12:00 AM. Considerando-se aplicações às 17:00 PM, as médias foram mais próximas entre si, variando entre 1,84 a 1,89 tripses, indicando menor sensibilidade na interação: presença do protetor solar com aplicações às 17:00 PM. Por outro lado, observou-se forte contraste para *Beauveria bassiana* entre os dois horários de aplicação na ausência do protetor solar contra UV, com média elevada nas aplicações às 12:00 AM sem o protetor solar (3,71 tripses) e um valor consideravelmente menor às 17:00 PM sem o uso do protetor solar UV (1,87 adultos). Sob exposição ao protetor solar UV, esse contraste foi atenuado, com médias variando entre 1,61 (12:00 AM) e 2,14 adultos (17:00 PM), evidenciando interação clara entre o protetor solar UV e os dois horários de aplicação avaliados (Figura 4).

O produto biológico *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* apresentou comportamento mais homogêneo entre as combinações avaliadas. As médias ajustadas variaram de 1,54 a 1,88 tripes sob presença do protetor solar contra UV e de 1,73 a 3,35 tripes na ausência do protetor solar contra UV, com destaque para a redução expressiva observada na aplicação às 12:00 AM com o protetor solar em comparação à condição de ausência do protetor solar UV, indicando efeito consistente do produto protetor solar, independentemente do horário (Figura 4). Para o produto biológico *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, a aplicação de 12:00 AM sem o protetor solar UV resultou na maior média ajustada observada entre todas as combinações (3,42 tripes). A exposição ao protetor UV reduziu substancialmente esse valor às 12:00 AM (1,48 tripes). As médias para a quantidade de tripes amostradas foram intermediárias, com aplicações às 12:00 AM, com aumento quando o protetor UV esteve presente (2,00 tripes) em relação à ausência do protetor UV (1,69 adultos), evidenciando uma resposta do tipo biológico-específica em relação à interação entre o protetor solar UV e os horários de aplicação (Figura 4).

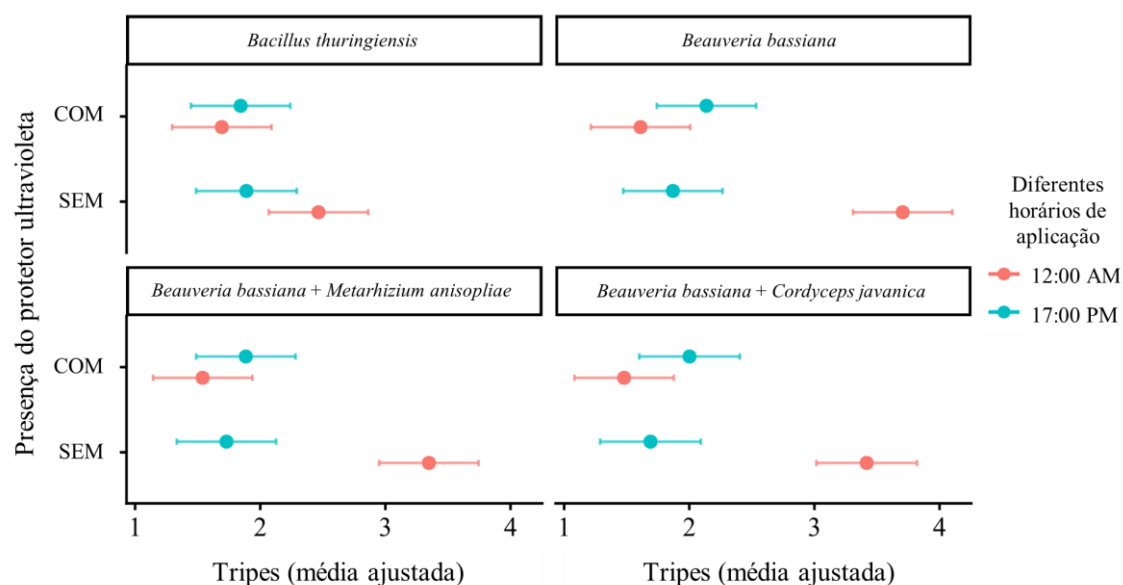


Figura 4. Médias ajustadas para a contagem de tripes (Thysanoptera) em tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial em função das pulverizações foliares com os biológicos *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* ou *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, exposição ao protetor ultravioleta (sem e com) e horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM), controladas pelo efeito dos dias após a aplicação.

Um ranking integrado das médias ajustadas para o número de tripes, reunindo as combinações entre todos os tratamentos avaliados (incluindo as testemunhas negativa, apenas água, e positiva, o inseticida profenofós + cipermetrina), além do uso do protetor solar UV e os horários de aplicação é apresentado na Figura 5. As menores médias ajustadas foram observadas nas combinações com o uso do protetor solar UV na aplicação às 12:00 AM, com destaque para o biológico *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* (1,48 tripes), *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (1,54 tripes) e *Beauveria bassiana* (1,61 tripes), indicando melhor desempenho relativo dessas combinações no controle da população dos tripes incidentes nas plantas de tomateiro para processamento industrial. Valores igualmente baixos para os tripes amostrados foram observados para *Bacillus thuringiensis* (1,69 tripes) aplicado às 12:00 AM e *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* aplicado às 17:00 PM (1,69 adultos), compondo o grupo de tratamentos testados como mais eficientes (Figura 5). Em posição intermediária no ranking concentraram-se majoritariamente as aplicações de 17:00 PM, tanto na presença quanto na ausência do protetor solar UV, com médias ajustadas variando aproximadamente entre 1,73 e 2,14 tripes, incluindo *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* aplicado às 17:00 PM, *Bacillus thuringiensis* às 17:00 PM e *Beauveria bassiana* às 17:00 PM. *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* performou melhor com o protetor solar UV e aplicações às 17:00 PM. O tratamento inseticida profenofós + cipermetrina apresentou média ajustada de 1,87 adultos, posicionando-se dentro desse grupo intermediário.

Os piores desempenhos para o controle de tripes em tomateiro para processamento industrial foram observados nas combinações sem exposição ao protetor solar UV e com horário de aplicação às 12:00 AM, particularmente para *Beauveria bassiana* (3,71 tripes), *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* (3,42 tripes) e *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (3,35 tripes). O tratamento check (testemunha negativa, apenas água) apresentou a maior infestação média ajustada (5,01 tripes), confirmando a elevada pressão populacional dessa praga em plantas de tomate na ausência absoluta de manejo. De forma geral, 14 das 18 combinações fatoriais (78%) apresentaram médias ajustadas inferiores ao tratamento check, enquanto 11 combinações (61%) superaram o desempenho do inseticida profenofós + cipermetrina, evidenciando a competitividade em termos de manejo integrado da maioria das alternativas avaliadas. Observa-se ainda que as melhores posições do ranking foram dominadas por aplicações com o protetor solar UV, especialmente nas aplicações às 12:00 AM. Enquanto as piores posições no ranking

concentraram-se em aplicações às 12:00 AM sem o protetor solar contra UV, reforçando o papel modulador do protetor solar UV e do horário de aplicação sobre o nível médio de infestação de trips, sob condições de campo.

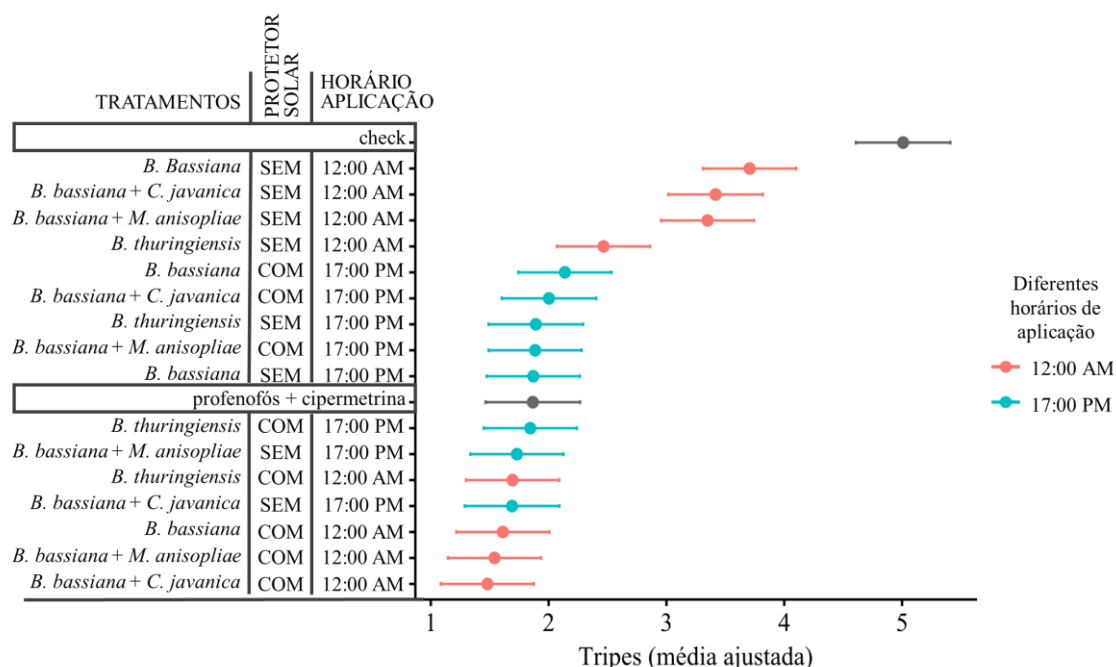


Figura 5. Ranking das combinações entre todos os tratamentos avaliados (check apenas água, inseticida profenofós + cipermetrina, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* ou *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*), uso do protetor solar (sem ou com), horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM) para a contagem média ajustada de trips (Thysanoptera) em tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial.

Embora o ranking da Figura 5 forneça uma visão clara do desempenho médio residual, ele não incorpora simultaneamente a velocidade de crescimento populacional identificada nas análises temporais. Essa limitação justifica a análise integrada apresentada a seguir, na qual níveis médios e taxas de variação temporal são considerados conjuntamente. Portanto, a Figura 6 integra, em uma análise bidimensional, as médias ajustadas da contagem de trips (eixo X) e as inclinações temporais estimadas pelo modelo linear misto (eixo Y), permitindo avaliar simultaneamente o nível médio de infestação dos trips e a velocidade de crescimento populacional ao longo do tempo. Essa abordagem sintetiza as informações apresentadas nas Figuras 2, 3, 4 e 5 em uma única perspectiva analítica. Todas as combinações apresentaram inclinações positivas, variando aproximadamente entre 0,12 e 0,43 trips em função do tempo, confirmando o incremento populacional identificado nas análises temporais anteriores. No entanto, a magnitude

desse crescimento variou substancialmente entre os tratamentos, uso (ou não) do protetor solar UV e horários de aplicação (12:00 Am ou 17:00 PM) resultando em diferentes posicionamentos no espaço média $\times$ inclinação.

O produto *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* aplicado sem o protetor solar UV às 12:00 AM destacou-se por combinar média ajustada elevada (3,35 adultos) e com a maior inclinação temporal observada (0,43 tripes por tempo), caracterizando rápido crescimento populacional associado a altos níveis médios de infestação. Em contraste, esse mesmo produto biológico com o protetor UV às 12:00 AM apresentou redução expressiva da média ajustada (1,54 tripes), embora mantendo inclinação intermediária (0,26 tripes por tempo), evidenciando efeito mitigador do protetor solar contra UV sobre o nível médio, mas não eliminando a tendência de crescimento.

Para *Bacillus thuringiensis*, as combinações das aplicações às 17:00 PM com o protetor solar UV apresentaram médias ajustadas mais baixas (1,89 e 1,84 tripes, respectivamente), associadas a inclinações variando entre moderadas à baixas (0,31 e 0,12 tripes por tempo), posicionando-se em região de menor risco relativo no espaço integrado. De modo semelhante, *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* com protetor solar contra UV com aplicações às 12:00 AM apresentou uma das menores médias ajustadas (1,48 tripes), com inclinação moderada (0,18 tripes por tempo), indicando crescimento populacional relativamente contido ao longo do tempo.

As combinações sem o protetor solar UV e com aplicação às 12:00 AM, especialmente para *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*, concentraram-se na região de maiores médias ajustadas de infestação de tripes associadas a inclinações moderadas, refletindo simultaneamente maior nível médio de infestação e crescimento populacional consistente. Já as aplicações às 17:00 PM tenderam a ocupar regiões intermediárias na Figura 6, com médias ajustadas mais baixas e inclinações geralmente menores ou moderadas, independentemente do produto biológico avaliado.

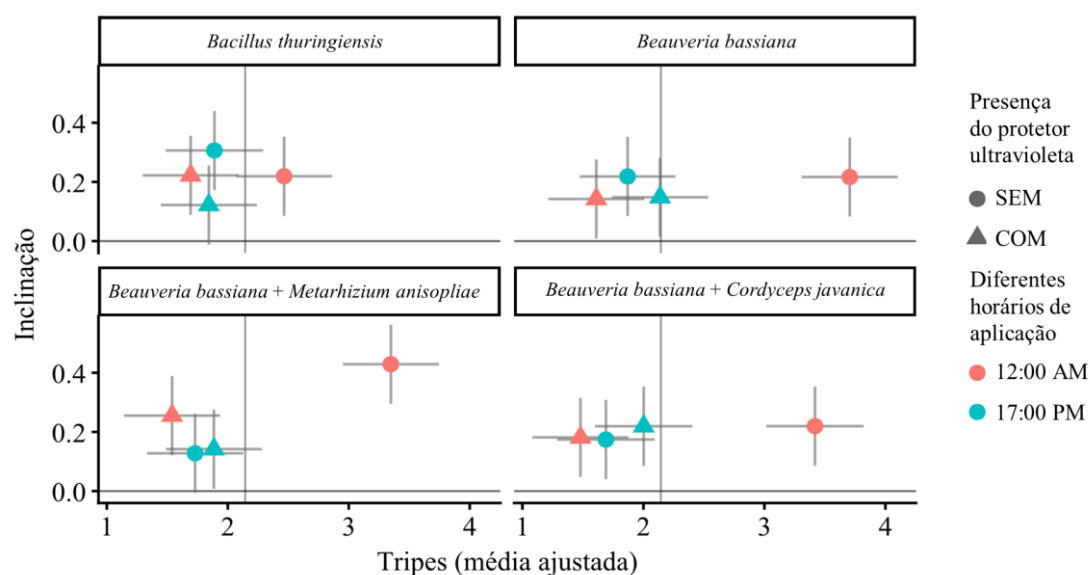


Figura 6. Síntese integrada do desempenho dos tratamentos biológicos (*Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica*) na média ajustada de tripses (Thysanoptera) amostrados por planta de tomate, *Solanum lycopersicum* (Solanaceae), para processamento industrial relacionando contagem média ajustada e taxa de redução temporal, além do uso do protetor solar (sem ou com) e horário de aplicação (12:00 AM ou 17:00 PM).

DISCUSSÃO

A avaliação de vários ingredientes de origem biológica, uso (ou não) de protetores solares contra a radiação UV, horários de aplicação e o fator tempo como modulador podem oferecer um refinamento prático e ainda pouco explorado para recomendações no MIP de tripses em plantas de tomate para processamento industrial. A produção desses frutos para comercialização *in natura* ou como matéria prima para processamento industrial ainda é atrelada no Brasil a uma alta carga requerida de inseticidas, para proteção vegetal contra insetos transmissores de viroses vegetais, como os tripses. E isso é um paradoxo frente ao grande uso e comercialização de bioinsumos contra insetos-praga que o Brasil tem orquestrado nos últimos anos, ao nível global. Portanto, os resultados do presente estudo podem ser úteis para que produtores rurais envolvidos com essa matéria prima para agroindústrias de atomatados diversifiquem o uso de formas de controle contra insetos-praga de forma mais eficiente e com sustentabilidade ambiental e econômica.

A dinâmica populacional dos tripses em função do tempo foi o principal fator associado à variação observada ao longo do período experimental, conforme evidenciado pelo efeito altamente significativo dos dias após a aplicação (DAA) através do modelo

linear misto ajustado por máxima verossimilhança restrita. Por outro lado, todas as combinações entre tratamentos (Produto x Protetor UV x Horário) apresentaram incremento populacional ao longo do tempo, confirmando que os processos temporais governaram a resposta populacional dos tripses em plantas de tomate para processamento industrial de maneira dominante. Dessa forma, tomadas de decisões no manejo de Thysanoptera, baseadas no monitoramento de populações infestantes iniciais, horário de aplicação e a escolha (ou não) no uso de protetores solares contra a radiação ultravioleta podem ser tão determinantes quanto o ingrediente ativo de natureza biológica em si. O papel da fotodegradação na perda de eficiência de agentes biológicos, amplamente discutido para entomopatógenos e seus coformulantes protetores (Kaiser et al. 2019), pode ser dirimido através do uso de protetores solares UV nas situações onde as aplicações ocorram às 12:00 AM, mesmo não sendo tecnicamente recomendado.

A integração entre o nível médio de infestação e a velocidade de crescimento populacional evidenciou uma relação de compensação entre essas dimensões, mostrando que o desempenho dos tratamentos avaliados não pode ser interpretado adequadamente a partir de uma única métrica. Portanto, essa abordagem integrada e conduzida sob condições reais de campo fornece subsídios relevantes para decisões operacionais em sistemas de manejo integrado de tripses em plantas de tomate, ao permitir priorizar produtos de origem biológica, protetores contra a radiação UV e o horário de aplicação que conciliem menor infestação média residual com crescimento populacional mais lento ao longo do período de desenvolvimento vegetal.

Os perfis temporais indicam aumento progressivo de tripses entre os 0 DAA1 até o 5º DAA3, sugerindo que, nas condições do ensaio, a pressão de infestação e/ou reinfestação superou a capacidade de supressão dos biológicos ao longo do tempo, com diferenciação sobretudo pela persistência do efeito (Figura 1). A associação consistente de menores contagens na presença do protetor UV é biologicamente plausível, pois a radiação pode reduzir a viabilidade e a infectividade de conídios fúngicos, por exemplo. A presença de protetores solares tende a aumentar a sobrevivência e a permanência de *Beauveria bassiana* após a pulverização, elevando a eficiência de controle no campo (Kamouni et al. 2025). O efeito do horário de aplicação reforça que aplicações ao final da tarde (17:00 PM) geralmente enfrentam menor carga imediata de radiação e temperatura, favorecendo a deposição, germinação e infecção, o que pode explicar as trajetórias populacionais dos tripses mais baixas nesse horário. Embora as aplicações com *Bacillus thuringiensis* tenham refletido em menores contagens absolutas populacionais dos tripses,

em comparação com os demais produtos de natureza biológica e química avaliados, aquela bactéria ainda não se constitui como ferramenta de controle unânime para a produção de tomate para processamento industrial, no estado de Goiás. Onde as maiores áreas plantadas, produtividades e concentração de agroindústrias de atomatados encontram-se no Brasil.

As inclinações positivas estimadas ($0,12-0,43$ tripes DAA^{-1}) sintetizam, de forma robusta, que a população de tripes continuou crescendo no intervalo pós-aplicação, e que a diferença entre tratamentos ocorreu principalmente na velocidade desse crescimento (Figura 2), coerente com as trajetórias observadas na Figura 1. O fato do uso do protetor solar reduzir consistentemente as inclinações sugere aumento de persistência biológica, uma vez que a radiação UV é um dos principais fatores de perda de viabilidade/infectividade de conídios em aplicações a campo. Assim, aditivos fotoprotetores tendem a preservar o inóculo e prolongar a atividade residual (Kaiser et al. 2019). Do mesmo modo, as menores inclinações em aplicações às 17:00 reforçam a importância do manejo operacional cooperando com condições ambientais de menor insolação imediata e microclima mais favorável (Ain et al. 2021). O maior crescimento populacional dos tripes com aplicações de *B. bassiana* + *M. anisopliae* (sem protetor UV e às 12:00 AM) pode indicar que, nas condições avaliadas, a mistura não maximizou a persistência ou a oportunidade de infecção, destacando que combinações nem sempre são aditivas quando o ambiente limita a germinação e a colonização do hospedeiro. Por outro lado, a estabilidade relativa de *B. bassiana* entre horários e o uso do protetor solar contra a radiação ultravioleta é compatível com sua capacidade de permanecer no filoplano e atuar como endófito em tomateiro (Nishi et al. 2020). A taxa de crescimento (inclinação) como métrica comparativa evidenciou com clareza a vantagem operacional do protetor UV e do horário de aplicação para achatar a curva populacional dos tripes, como observado na Figura 2.

O nível médio de infestação dos tripes ao longo de todo o período experimental foi mais determinado por condições operacionais de aplicação (uso do protetor UV e horário de aplicação) do que apenas pelo uso do bioinsumo bacteriano ou fúngico (isolado ou em mistura binária) (Figura 3). O padrão mais consistente foi a maior infestação dos tripes em aplicações às 12:00 AM sem protetor solar UV, e a forte redução (40 a 55%) quando o protetor UV foi incluído no mesmo horário. Esse resultado é altamente plausível, pois a radiação UV acelera a perda de viabilidade e infectividade de conídios no filoplano e substâncias fotoprotetoras aumentam a sobrevivência do inóculo e a

persistência residual, refletindo-se em menor densidade média do inseto ao longo do ciclo de avaliação (Kaiser et al. 2019). Além disso, a menor infestação média em aplicações às 17:00 PM sugere um ganho operacional por menor insolação imediata e microclima mais favorável à infecção por fungos entomopatogênicos, padrão observado em ensaios com *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Ain et al. 2021). Mesmo quando as curvas temporais são equalizadas pelo efeito de DAA, o protetor solar contra UV mantém um efeito robusto e prático, reduzindo o patamar médio de tripes. Essa evidência é particularmente valiosa por traduzir a discussão de fotodegradação em um ganho quantitativo de manejo sob condições aplicadas. A resposta relativamente estável de combinações fúngicas em algumas condições pode dialogar com a capacidade de *B. bassiana* persistir no filoplano e até colonizar tecidos do tomateiro, o que tende a aumentar consistência do desempenho produtivo no tomateiro (Nishi et al. 2020).

A decomposição das médias por protetor solar contra UV $\times$ horário de aplicação evidencia que o desempenho dos biológicos foi fortemente condicionado por decisões operacionais (Figura 4), a ponto de alterar o ranqueamento entre tratamentos. O padrão mais marcante ocorreu com os fungos entomopatogênicos, onde na ausência de protetor solar e com aplicações às 12:00 AM as maiores médias (ex.: *Beauveria bassiana* = 3,71) para a infestação de tripes foram mantidas, enquanto às 17:00 PM o mesmo produto biológico caiu para níveis próximos de 1,87, indicando que a exposição imediata à radiação solar (e ao microclima mais quente e seco) pode reduzir sua eficiência. Esse mecanismo é consistente com evidências de que pulverizações no fim da tarde aumentam a eficácia de micoinseticidas ao reduzir o dano da radiação UV nas primeiras horas após a aplicação (Qi et al. 2023). Na mesma linha, estratégias de mitigação do impacto da radiação UV elevam a performance de *B. bassiana* em ambiente agrícola, incluindo o uso de materiais UV-seletivos e abordagens de fotoproteção que prolongam o efeito residual (Reddy et al. 2022). No presente estudo, esse ganho ficou claro sobretudo às 12:00 AM, quando o protetor UV achatou as médias de *B. bassiana*, *B. bassiana* + *M. anisopliae* e *B. bassiana* + *C. javanica* para 1,5 a 1,7, traduzindo em campo um benefício operacional frequentemente discutido de forma conceitual. Por fim, a resposta biológico-específica observada em *C. javanica* foi compatível com a diversidade fisiológica e de virulência já documentada para essa espécie (Ou et al. 2019), reforçando que formulações e condições de aplicação são determinantes para consistência no MIP.

O ranking integrado apresentado na Figura 5 evidenciou que o efeito operacional (protetor solar contra UV e horário de aplicação) foi determinante para maximizar o

desempenho dos biológicos, a ponto de superarem o inseticida padrão profenofós + cipermetrina em grande parte das combinações. O agrupamento das menores médias nas aplicações às 12:00 AM com protetor UV (1,48 a 1,61 tripes) indica que a fotoproteção aumentou a persistência e infectividade dos fungos, mitigando possíveis perdas de eficácia em campo pela radiação solar (Fernandes et al. 2015). Esse padrão converge com evidências de que ajustar o *timing* para reduzir a exposição inicial ao UV melhora o controle por micoinseticidas, reforçando que a tomada de decisão sobre como aplicar pode ser tão importante quanto o que aplicar (Qi et al. 2023). A competitividade de *Cordyceps javanica* em associação com o protetor UV é coerente com estudos que demonstram potencial agrônomo e desempenho promissor dessa espécie em formulações e programas de manejo (Behle et al. 2022). Já *B. bassiana* e consórcios com *Metarhizium* são amplamente reconhecidos como ferramentas viáveis contra tripes quando estratégias de aplicação favorecem o microclima e, dessa forma, seu residual (Li et al. 2021). O fato de o padrão químico (profenofós + cipermetrina) posicionar-se no grupo intermediário é relevante diante da ampla documentação de resistência de tripes a organofosforados e piretroides, reforçando a importância dos biológicos poderem igualar ou superar o padrão químico quando protegidos e aplicados no momento certo (Nazemi et al. 2016).

A leitura conjunta média $\times$ inclinação refina a interpretação do ranking tradicional ao separar tratamentos que apenas reduzem o patamar médio daqueles que também freiam a velocidade de crescimento da população dos tripes. Em termos práticos, as combinações ideais são as que ocupam o quadrante de baixa média ajustada e baixa inclinação, pois indicam menor infestação residual e menor probabilidade de rebote populacional. O destaque negativo de *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* sem protetor UV às 12:00 AM (média alta e maior inclinação) sugere que, sob alta carga de radiação, a perda rápida de viabilidade fúngica pode comprometer o efeito residual e permitir crescimento acelerado do inseto-praga avaliado (Fernandes et al. 2015, Wu et al. 2020). Em contraste, a presença do protetor UV deslocou tratamentos fúngicos para regiões de menor risco (redução clara de médias), coerente com evidências de que evitar os impactos da radiação UV no período imediatamente pós-aplicação aumenta a eficácia de micoinseticidas (Qi et al. 2023). Para *Bacillus thuringiensis*, a posição mais favorável em algumas combinações pode estar ligada à capacidade de aderência e estabelecimento em tecidos das plantas e de tomate, o que sustentaria um efeito mais estável ao longo do tempo (Zhao et al. 2023). Adicionalmente, o fato de várias combinações biológicas competirem com o padrão

químico é estrategicamente relevante e reforça a contribuição aplicada e exclusiva do presente estudo, com otimização operacional através da associação do protetor UV com o horário adequado de aplicação, como chave para um desempenho superior dos biológicos e maior aderência com o MIP para tripes em plantas de tomate.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica populacional dos tripes monitorados sob condições reais de campo, no presente estudo, apresentou incremento consistente ao longo do tempo, evidenciando que o fator temporal constituiu o principal eixo explicativo dessa dinâmica (infestação-tempo) em cenários de alta pressão populacional.

Ao controlar o efeito temporal e integrar simultaneamente nível médio de infestação e taxa de crescimento populacional, ficou demonstrado que o uso de protetores solares contra a radiação UV e o horário de aplicação, modulam de forma determinante a eficácia prática dos biológicos, reposicionando tratamentos no espectro de risco e definindo a consistência do efeito residual.

A associação do protetor UV, especialmente em aplicações às 12:00 AM, reduziu substancialmente as médias ajustadas e mitigou os piores cenários observados sem fotoproteção, enquanto aplicações ao final da tarde (17:00 PM) tenderam a produzir respostas mais estáveis.

Em termos de desempenho contra a população de tripes em tomate para processamento industrial, a mistura binária de fábrica *Beauveria bassiana* + *Cordyceps javanica* com protetor UV, aplicado às 12:00 AM, apresentou melhores resultados entre todas as combinações avaliadas (1,48 tripes). Na sequência, ainda com desempenho muito próximo, destacaram-se os bioinsumos *B. bassiana* + *Metarhizium anisopliae* com protetor UV às 12:00 AM (1,54 tripes) e *B. bassiana* com protetor UV às 12:00 AM (1,61 tripes).

A análise integrada confirmou que parte das combinações biológicas alcançou desempenho competitivo e, em diversos cenários, até superior ao padrão químico. E isso reforça o potencial de programas de manejo que priorizem bioinsumos e otimizem a engenharia de aplicação (protetor solar com horário de aplicação) para conciliar a menor infestação residual com crescimento mais lento das populações de tripes em tomate para processamento industrial ao longo do tempo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao Instituto Federal Goiano pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo aos alunos envolvidos. A equipe de alunos do curso Técnico em Agropecuária e Bacharelado em Agronomia do Campus Urutaí do Prosperarie group que auxiliaram na execução das atividades de campo. Ballagro Agro Tecnologia Ltda, em nome da Eng. Agrônoma Flávia Roman, pela concessão dos produtos avaliados e, bem como, demanda para realização desse estudo e confiança na capacidade de execução da equipe. Ao casal Fernanda de Souza Ferreira e Ricardo Santinoni pelo apoio e autorização para a execução desse estudo em sua área de produção comercial. Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo incentivo. Ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) pela concessão da bolsa de mestrado à Leidy Ximena Figueroa Cossio e bem como pelo apoio para execução desse estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIN, QURATUL; MOHSIN, ATA UL; NAEEM, MUHAMMAD; SHABBIR, GHULAM. Effect of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, on *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) populations in different onion cultivars. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, v. 31, art. 97, 2021. DOI: 10.1186/s41938-021-00445-y.

BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, v. 67, n. 1, p. 1–48, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>

BEHLE, ROBERT W.; WU, SHAOHUI; TOEWS, MICHAEL D.; DUFFIELD, KRISTIN R.; SHAPIRO-ILAN, DAVID I. Comparing production and efficacy of *Cordyceps javanica* with *Cordyceps fumosorosea*. *Journal of Economic Entomology*, v. 115, n. 2, p. 455–461, 2022. DOI: 10.1093/jee/toac002.

FERNANDES, ÉVERTON K. K.; RANGEL, DRAUZIO E. N.; BRAGA, GILBERTO U. L.; ROBERTS, DONALD W. Tolerance of entomopathogenic fungi to ultraviolet radiation: a review on screening of strains and their formulation. *Current Genetics*, v. 61, p. 427–440, 2015. DOI: 10.1007/s00294-015-0492-z.

GULZAR, SEHRISH; WAKIL, WAQAS; SHAPIRO-ILAN, DAVID I. Combined effect of entomopathogens against *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae): laboratory, greenhouse and field trials. *Insects*, v. 12, n. 5, p. 456, 2021. DOI: 10.3390/insects12050456.

KAISER, DEBORAH; BACHER, SVEN; MÈNE-SAFFRANÉ, LAURENT; GRABENWEGER, GISELHER. Efficiency of natural substances to protect *Beauveria bassiana* conidia from UV radiation. *Pest Management Science*, v. 75, n. 2, p. 556–563, 2019. DOI: 10.1002/ps.5209.

KAMOUNI, ABDELALI; IDALI, NOUREDDINE; BRIK, ABDELMALIK; QAYOUH, HICHAM; DIHAZI, ABDELHI; VINCEKOVIĆ, MARKO; BEN YUCEF, HICHAM; EL MEZIANE, ABDELLATIF; LAHCINI, MOHAMMED. Encapsulation of *Beauveria bassiana* conidia in carboxymethylcellulose beads: Advancing UV protection and thermal resilience in bioinsecticide applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 330, pt. 4, 148225, 2025. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.148225.

KIM, SIHYEON; KIM, JONG CHEOL; LEE, SE JIN; LEE, MI RONG; PARK, SO EUN; LI, DONGWEI; BAEK, SEHYEON; SHIN, TAE YOUNG; KIM, JAE SU. *Beauveria bassiana* ERL836 and JEF-007 with similar virulence show different gene expression when interacting with cuticles of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *BMC Genomics*, v. 21, art. 836, 2020. DOI: 10.1186/s12864-020-07253-y.

KUZNETSOVA, ALEXANDRA; BROCKHOFF, PER B.; CHRISTENSEN, RUNE H. B. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, [S. l.], v. 82, n. 13, p. 1–26, 2017. DOI: 10.18637/jss.v082.i13. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v082i13>. Acesso em: 17 feb. 2026.

LENTH, R. V.; BUERKNER, P.; HERVÉ, M.; JUNG, H.; KENT, J.; PHILLIP, K.; RICCITELLI, S.; SCHLOERKE, B.; SINGMANN, H.; LOVE, J. *emmeans*: estimated marginal means, also known as least-squares means. Versão 1.10.0. [S.l.]: CRAN, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

LI, DONGWEI; PARK, SO EUN; LEE, MI RONG; KIM, JONG CHEOL; LEE, SE JIN; KIM, JAE SU. Soil application of *Beauveria bassiana* JEF-350 granules to control melon thrips, *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2021. DOI: 10.1016/j.aspen.2021.05.010.

MOUDEN, SANAE; SARMIENTO, KATIA F.; KLINKHAMER, PETER G. L.; LEISS, KIRSTEN A. Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Science*, v. 73, n. 5, p. 813–822, 2017. DOI: 10.1002/ps.4531.

NANSEN, CHRISTIAN; ZOU, YUGENG; HERNANDEZ, MARIA D.; MCCAMBRIDGE, KAYLA R.; KHODAVERDI, HALEH; SAVI, PATRICE J.; MANTRI, ANIL. Optimized use of UV-B light to suppress Western flower thrips in controlled environment tomato crops. *Pest Management Science*, v. 81, n. 12, p. 8215–8225, 2025. DOI: 10.1002/ps.70130.

NAZEMI, A.; KHAJEHALI, J.; VAN LEEUWEN, T. Incidence and characterization of resistance to pyrethroid and organophosphorus insecticides in *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in Isfahan, Iran. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2016. DOI: 10.1016/j.pestbp.2015.10.013.

NISHI, OUMI; SUSHIDA, HIROTOSHI; HIGASHI, YUMIKO; IIDA, YUICHIRO. Epiphytic and endophytic colonisation of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain GHA. *Mycology*, v. 12, n. 1, p. 39–47, 2020. DOI: 10.1080/21501203.2019.1707723.

OU, DONGMEI; CHU, DENG; ZENG, LING; WANG, YAO; LIU, QIANG; QIU, BAO-XIANG. Identification of a new *Cordyceps javanica* fungus isolate and its toxicity evaluation against Asian citrus psyllid. *MicrobiologyOpen*, v. 8, n. 6, e00760, 2019. DOI: 10.1002/mbo3.760.

QI, DAN-YI; XU, WAN-YING; SHAO, YAN-ZHI; FENG, JIAN-RU; FENG, MING-GUANG; TONG, SEN-MIAO. Mycoinsecticides applied in late afternoon are more efficacious against rice leaf-rolling insect pests than those in the morning. *Biological Control*, v. 186, 105352, 2023. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105352.

R CORE TEAM. R: uma linguagem e ambiente para computação estatística. Versão 4.4.1. Viena: Fundação R para Computação Estatística, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REDDY, Gadi V. P.; KIRK, W. D. J.; TERRY, L. I. The effect of UVB-blocking plastics on the efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) for thrips control. *Pest Management Science*, 2022. DOI: 10.1002/ps.7046.

WANG, ZE-HUA; GONG, YA-JUN; JIN, GUI-HUA; LI, BING-YAN; CHEN, JIN-CUI; KANG, ZHI-JIANG; ZHU, LIN; GAO, YU-LIN; REITZ, STUART; WEI, SHU-JUN. Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. *Pest Management Science*,

v. 72, n. 7, p. 1440–1444, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4200>.

WICKHAM, H.; FORD, E. D.; WILKE, C.; HENRY, L.; HERVÉ, M.; DUNNINGTON, D. ggplot2: crie visualizações de dados elegantes usando a gramática dos gráficos. Versão 3.5.0. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>.

WU, SHAOHUI; GAO, YINA; XU, XINGZHI; ZHANG, YAN; WANG, YONG; LIU, XINYUE. Environmental tolerance of entomopathogenic fungi. *Insects*, v. 11, n. 10, 711, 2020. DOI: 10.3390/insects11100711.

XU, WAN-YING; WEN, ZHEN-XIN; LI, XIN-JIE; HU, EN-ZE; QI, DAN-YI; FENG, MING-GUANG; TONG, SEN-MIAO. Timing of fungal insecticide application to avoid solar ultraviolet irradiation enhances field control of rice planthoppers. *Insects*, v. 14, n. 4, 307, 2023. DOI: 10.3390/insects14040307.

YUAN, JIANGJIANG; ZHENG, XIAOBIN; WANG, JING; QIAN, KANGHUA; FENG, JIUMING; ZHANG, YING; ZHANG, KUN; ZHANG, YOUJUN; LIANG, PEI; WU, QINGJUN. Insecticide resistance of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in China. *Crop Protection*, v. 172, art. 106339, 2023. DOI: 10.1016/j.cropro.2023.106339.

ZHAO, X.; HENDRIKS, M.; DELEU, E.; SPANOGHE, P.; HÖFTE, M.; VAN OVERBEEK, L.; UYTENDAELE, M. Prevalence, attachment ability and strength of the biological control agent *Bacillus thuringiensis* on tomato. *Food Microbiology*, v. 112, p. 104235, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104235>.