

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR HUMBERTO RIBEIRO DE OLIVEIRA

VIRULÊNCIA E TEMPO LETAL DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS EM
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM
CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Monte Carmelo - MG

2025

VICTOR HUMBERTO RIBEIRO DE OLIVEIRA

VIRULÊNCIA E TEMPO LETAL DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS EM
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM
CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Monte Carmelo - MG

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR HUMBERTO RIBEIRO DE OLIVEIRA

VIRULÊNCIA E TEMPO LETAL DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS EM
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM
CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Monte Carmelo, 16 de setembro de 2025

Banca Examinadora

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
Orientadora

Ms. Fernando Garcia
Membro da Banca

Prof. Dr. Lucas Silva de Faria
Membro da Banca

Monte Carmelo
2025

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVO	8
4. REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1. <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
4.2. Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
4.3. Nematoides entomopatogênicos	10
5. MATERIAL E MÉTODOS	11
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
REFERÊNCIAS	21

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho (*Zea mays*), superando países como Argentina, Índia, Rússia, Ucrânia e os membros da União Europeia. Em 2023, consolidou-se como o maior exportador global, reforçando a relevância econômica da cultura. *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma praga cosmopolita que ataca o milho desde a emergência até o espigamento, podendo reduzir a produção em até 52% no milho, além de ser uma praga polífaga. O manejo pode incluir métodos culturais, químicos e biológicos, sendo os nematoides entomopatogênicos (NEP) uma alternativa sustentável devido à alta especificidade e baixa toxicidade a organismos não alvo. Este estudo teve como objetivo avaliar a virulência e o tempo letal de diferentes espécies de NEP sobre pupas de *S. frugiperda*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, utilizando cinco espécies de NEP e um controle com água destilada. Foram empregadas oito pupas por placa de Petri, com seis repetições por tratamento. A mortalidade foi avaliada após 96 horas. Os resultados mostraram mortalidade entre 4,17% e 18,75%, com destaque para *Steinernema brazilense* e *Heterorhabditis amazonensis* MC01. O isolado *Heterorhabditis* sp. MC03 apresentou baixa eficiência, semelhante ao controle. O tempo letal médio (TL₅₀) indicou incremento linear da mortalidade ao longo do tempo, demonstrando que esse parâmetro é decisivo na avaliação da dinâmica de ação dos NEP. Apesar das taxas moderadas de mortalidade, os resultados confirmam o potencial desses entomopatógenos no manejo integrado de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: controle biológico, bactérias, lagarta-do-cartucho, Heterorhabditidae, Steinernematidae.

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais relevantes no cenário mundial, tanto em produção quanto em consumo. Na safra 2018/2019, superou a marca de 1 bilhão de toneladas, ultrapassando culturas tradicionais como arroz e trigo (Conafer, 2020). O Brasil ocupa posição de destaque, sendo o terceiro maior produtor global, atrás apenas de Estados Unidos e China, com previsão de 317,5 milhões de toneladas de grãos no ciclo 2023/24 (Conab, 2023).

A produção de grãos no Brasil para o ciclo 2023/24 pode alcançar 317,5 milhões de toneladas. Essa previsão indica uma leve redução em relação à safra anterior, devido à expectativa inicial de queda na produtividade média por vários fatores climáticos adversos. Entre eles, a irregularidade e má distribuição das chuvas, além das altas temperaturas, especialmente na região Centro-Oeste. No entanto, há uma previsão de pequeno aumento na área total plantada, que deve ultrapassar 78 milhões de hectares (Conab, 2023).

A cultura enfrenta diversos entraves fitossanitários, especialmente o ataque de insetos-praga. *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, é considerada uma das principais pragas do milho no Brasil e no mundo. Altamente polífaga, a praga também compromete culturas como arroz, soja, algodão e cana-de-açúcar, o que amplia os danos e dificulta o manejo (IRAC, 2022).

O monitoramento e a identificação das pragas são essenciais para um controle eficaz. No entanto, isso pode ser desafiador e requer conhecimento especializado e recursos adequados. O manejo integrado de pragas (MIP) é o mais adequado e está sendo aderido por muitos agricultores, pois integra várias estratégias de controle (métodos químicos, biológicos e culturais). O uso de inseticidas pode ter efeitos adversos sobre os inimigos naturais das pragas e o meio ambiente, exigindo a adoção de práticas mais sustentáveis e seletivas (Embrapa, 2021).

O uso contínuo e indiscriminado de inseticidas pode levar ao desenvolvimento de resistência em populações de pragas, tornando os produtos menos eficazes ao longo do tempo devido ao mesmo mecanismo de ação, quando não há rotação na sua utilização. O milho é atacado por uma ampla gama de insetos em diferentes estágios de desenvolvimento, desde a fase inicial até a colheita, isso inclui lagartas, percevejos, pulgões e besouros (Pereira Filho; Borghi, 2018).

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma das pragas mais devastadoras para a cultura do milho. Esta lagarta é polífaga,

alimentando-se de diversas partes da planta, desde as folhas até os grãos. Sua alta capacidade de adaptação e rápida reprodução tornam o controle dessa praga um desafio constante para os agricultores. A infestação por *S. frugiperda* pode reduzir drasticamente a produção, causando prejuízos econômicos significativos, podendo reduzir a produção entre 34 e 52% (Valicente, 2014).

O manejo da lagarta-do-cartucho pode ser realizado por meio de diversos métodos, dentre eles o método cultural que envolve a rotação de culturas, plantio escalonado, destruição de restos culturais e manejo de plantas daninhas que podem servir como hospedeiras (Cruz; Turpin, 1983); controle biológico com estratégias de parasitoides, predadores naturais e bactérias (*Bacillus thuringiensis*) (Figueiredo et al., 2006); controle químico com a utilização de inseticidas específicos e alternância de ingredientes ativos (Guedes; Silva, 2012). O controle químico é realizado juntamente com o monitoramento da praga na cultura, sendo aplicado quando 10% das plantas apresentam folhas raspadas (Rosa, 2019). Os principais inseticidas químicos utilizados para controlar essa praga incluem carbamatos, inibidores da síntese de quitina, espinosinas, organofosforados e piretróides (Agrofit, 2025); controle biotecnológico como cultivares transgênicas como o milho Bt e monitoramento de resistência (Carvalho et al., 2017).

O monitoramento da lagarta-do-cartucho em milho é comumente realizado por meio da escala de Davis, que avalia a intensidade dos danos foliares com notas variando de 0 (sem dano) a 9 (planta/cartucho completamente destruído) (DAVIS, 1992). Essa metodologia padroniza a quantificação do ataque da praga e auxilia na tomada de decisão quanto ao momento de controle, sendo frequentemente recomendado que se intervenha quando cerca de 20 % das plantas apresentarem nota ≥ 3 na escala Davis (Lupinacci, 2023).

O manejo biológico da lagarta-do-cartucho no Brasil envolve a aplicação de bioinseticidas à base de baculovírus e *Bacillus thuringiensis*, bem como a utilização do parasitoide de ovos *Trichogramma* (Valicente, 2014). Fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*, são amplamente utilizados no manejo integrado de pragas por sua capacidade de infectar e causar a morte de insetos (Alves, 1998). Existem estudos que possibilitam usar nematoides entomopatogênicos (NEP) que parasitam e matam a lagarta-do-cartucho, os principais gêneros utilizados são *Steinernema* e *Heterorhabditis*, que atacam a praga em seu estágio larval no solo ou nas partes inferiores das plantas (Molina-Ochoa et al.; 2003; Alves, Moino Jr, 2009). Já são comercializados produtos biológicos a base de nematoides Nematop®, Nematocontrol®, Ecotech Nematoides®, Terranem e Larvanem (Agrofit, 2025).

2. JUSTIFICATIVA

O uso de inseticidas químicos no controle de pragas tem gerado impactos ambientais, prejuízos à biodiversidade e desenvolvimento de resistência em populações de insetos. (Morandi & Bettiol, 2009; Fumagalli, 2021).

A resistência das pragas aos inseticidas químicos é um problema crescente na agricultura. O emprego de microrganismos no controle biológico também promove a biodiversidade no campo. Ao invés de eliminar indiscriminadamente os insetos, esses agentes biológicos podem apresentar seletividade, permitindo que os inimigos naturais das pragas prosperem, o que ajuda a manter um equilíbrio ecológico e reduz a necessidade de intervenções químicas frequentes (Morandi; Bettiol, 2009).

A utilização de NEP no controle da lagarta-do-cartucho é uma técnica promissora no manejo biológico, com vantagens ambientais e agronômicas. Têm sido estudados e aplicados no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo considerado uma alternativa eficaz e sustentável aos inseticidas químicos (Fumagalli, 2021). Os NEP, como os gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema*, são eficazes contra a lagarta-do-cartucho, especialmente em seu estágio larval (Alves; Moino Jr., 2009). Ao contrário dos inseticidas químicos, são seguros devido sua alta especificidade, sendo uma ótima opção sustentável e ecologicamente correta (Kaya; Gaugler, 1993), podendo ser integrado a outras estratégias de manejo, ampliando a eficácia de controle (Koppenhöfer; Fuzy, 2009). O uso de NEP reduz a pressão seletiva gerada pelo uso intensivo de inseticidas químicos, contribuindo para minimizar o desenvolvimento de resistência em populações de *S. frugiperda* (Souza et al., 2012). Além disso, esses agentes biológicos mostram-se eficazes em uma ampla gama de condições ambientais, incluindo solos ricos em matéria orgânica e áreas de cultivo, locais frequentemente utilizados pelas lagartas como refúgio (Bedding; Akhurst, 1975; Labaude, 2019).

Os NEP revelam-se agentes promissores no manejo de pupas de insetos-praga, sobretudo devido à convergência entre seus habitats naturais e o local de desenvolvimento pupal, o solo. Essa fase de baixa mobilidade do inseto torna-o um alvo mais acessível, favorecendo o estabelecimento e penetração dos infectantes juvenis (JI).

3. OBJETIVO

Avaliar a virulência e o tempo letal de diferentes espécies de nematoides entomopatogênicos sobre pupas de *Spodoptera frugiperda*.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. *Spodoptera frugiperda*

A lagarta-do-cartucho é uma das pragas mais prejudiciais às lavouras de milho, especialmente em regiões tropicais. Este inseto é originário das Américas, onde foi descrito pela primeira vez em 1797 pelo naturalista J. E. Smith. Possui capacidade de se espalhar rapidamente e se adaptar a diferentes climas, o que torna esse inseto uma ameaça significativa à produção agrícola em todo o mundo (Tambo et al., 2020; Fao, 2021).

Spodoptera frugiperda é uma praga altamente polífaga, ou seja, se alimenta de diversas plantas hospedeiras além do milho, sua cultura preferencial. Diversos estudos registraram sua presença em cultivos como arroz, soja, algodoeiro e cana-de-açúcar (Irac, 2022).

O ciclo de vida de *S. frugiperda* tem sido amplamente estudado devido ao seu impacto na agricultura. Cada fase do seu desenvolvimento, do ovo até o adulto, influencia a capacidade desta praga de causar danos em diversas culturas, especialmente o milho. Em condições ideais, o ciclo de vida completo dura cerca de 30 dias, mas variações ambientais, especialmente a temperatura, podem prolongar esse período, particularmente nas fases de pré-pupa e pupa (Bentes et al., 2024).

A fase larval é a mais crítica, pois é durante esse período que a *S. frugiperda* causa injúria às plantas. As lagartas, que se alimentam vorazmente das folhas, podem reduzir a área foliar, afetando diretamente a produtividade agrícola, podendo reduzir em até 60%, dependendo da intensidade da infestação e da cultura atacada. Além dos danos diretos, a lagarta também facilita a entrada de patógenos nas plantas, agravando os prejuízos econômicos para os agricultores (Sandria Díaz, 2024).

Em relação à sobrevivência, Fortuna et al. (2024) descreveu que *S. frugiperda* é altamente adaptável a diferentes condições climáticas e possui uma vasta gama de plantas hospedeiras, como plantas daninhas como o caruru (*Amaranthus viridis* L.) e a buva (*Conyza bonariensis* L.), o que lhe confere uma grande capacidade de sobreviver fora das épocas de cultivo. Em regiões tropicais, onde temperaturas mais altas favorecem o seu desenvolvimento, é possível observar até seis gerações da praga ao longo do ano (Fortuna et al., 2024).

4.2. Controle de *Spodoptera frugiperda*

O controle de *S. frugiperda* exige o uso de estratégias integradas para reduzir as populações e minimizar danos econômicos. O MIP é crucial para esse controle, pois combina métodos culturais, biológicos e químicos para combater a praga de forma sustentável (Embrapa, 2015). Uma prática importante é o monitoramento contínuo para identificar a presença de lagartas jovens e determinar o momento mais eficaz para intervenção (Ávila, 2020). O uso de armadilhas de feromônio também auxilia na detecção precoce, permitindo uma resposta imediata antes que o nível de dano econômico seja alcançado (Cruz et al., 2012).

Na cultura do milho, o manejo é particularmente desafiador devido à alta capacidade de *S. frugiperda* se adaptar e desenvolver resistência. As cultivares Bt têm sido uma das soluções mais utilizadas, pois contêm proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis* que causam mortalidade em lagartas (Syngenta, 2023). Contudo, o uso inadequado dessa tecnologia, como a falta de áreas de refúgio, leva ao surgimento de populações resistentes. A rotação de inseticidas com diferentes modos de ação também é fundamental para evitar que a lagarta desenvolva resistência, pois a aplicação contínua de um mesmo produto reduz sua eficácia ao longo do tempo (Szydloski, 2023).

O controle em outras culturas agrícolas, como soja, algodão e arroz, enfrenta desafios semelhantes. A alta capacidade de dispersão da praga permite que se alimente de várias culturas, causando prejuízos não apenas no milho, mas em sistemas de produção integrados. Em sistemas de produção diversificados, é comum utilizar práticas de controle biológico, como o uso de parasitoides e predadores naturais que ajudam a reduzir as populações de lagartas. No entanto, o uso de inseticidas nessas áreas exige um manejo cuidadoso para preservar esses inimigos naturais, o que nem sempre é viável para todos os produtores (Cruz, 2015).

O monitoramento de danos em plantações de milho é essencial para determinar o momento certo para aplicar medidas de controle. Práticas como a destruição de restos culturais após a colheita e a alternância de culturas são recomendações importantes para o controle cultural, enquanto o uso de produtos biológicos, como bioinseticidas à base de vírus e fungos, oferece uma alternativa sustentável ao controle químico (Sandria Díaz, 2024).

O manejo de *S. frugiperda* ganha robustez com o uso de agentes biológicos registrados, os baculovírus, em especial o *Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus* (SfMNPV), destacam-se por sua especificidade alta, segurança ambiental e eficácia comprovada no controle larval em diferentes regiões do mundo (Hussain, 2021). Estudos recentes demonstram que o SfMNPV pode ser transmitido até por meio das fezes das lagartas infectadas, um aspecto inovador que amplia nossa compreensão sobre disseminação e eficácia em campo (Ávila-Hernandez, 2025). Somando a isso, os NEP, como *S. carpocapsae* (Terranem) e *Heterorhabditis bacteriophora* (Larvanem), configurando-se como aliados valiosos nos programas de manejo integrado de pragas, além de ter alta compatibilidade com outros produtos fitossanitários (Koppert, 2025).

4.3. Nematoides entomopatogênicos

O ciclo de vida dos NEP, como *Steinernema* e *Heterorhabditis*, é bem estruturado e pode ser dividido em várias etapas, iniciando-se com a liberação de larvas infectantes, sendo atraídos por sinais químicos emitidos pelos hospedeiros (Ehlers, 2001). Uma vez em contato com o hospedeiro, as larvas infectantes penetram nas aberturas corporais do inseto, como a boca ou espiráculos (Kaya et al., 1993). Dentro do corpo do hospedeiro, os nematoides se desenvolvem e se reproduzem sexualmente, com as fêmeas liberando ovos que eclodem em novas larvas infectantes (Bedding et al., 1975). Por fim, as larvas infectantes emergem do cadáver e começam a buscar novos hospedeiros, reiniciando o ciclo (Bedding; Akhurst, 1975; Ehlers, 2001).

O desenvolvimento de NEP como *Steinernema* e *Heterorhabditis* depende de várias condições ambientais e nutricionais, que afetam diretamente sua eficácia no controle de pragas como a lagarta-do-cartucho. Algumas das condições ideais incluem, temperatura ambiente tem grande impacto sobre o ciclo de vida dos NEP. Temperaturas em torno de 25°C são geralmente favoráveis para a multiplicação e infectividade dos nematoides, enquanto temperaturas muito

altas ou muito baixas podem reduzir a eficiência e a viabilidade dos nematoides no campo (Feliciangeli et al., 2022). Outra condição é a umidade, onde uma umidade alta é crucial para sua sobrevivência e propagação. A presença de umidade adequada no solo ou no ambiente onde os nematoides são aplicados facilita sua ação e aumenta as chances de sucesso no controle das pragas (Andaló et al., 2010).

Os nematoides entomopatogênicos (*Steinernema* e *Heterorhabditis*) causam a morte de insetos por meio de uma simbiose com bactérias do gênero *Xenorhabdus* ou *Photorhabdus*, que são liberadas no hospedeiro após a penetração. Essas bactérias produzem toxinas e enzimas que provocam septicemia e degradação tecidual, levando à morte rápida do inseto. O complexo nematoide-bactéria garante um ambiente adequado para a reprodução do nematoide (TARASCO et al., 2023).

O uso de larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) para multiplicação de NEP tem sido amplamente estudado (Prabowo, 2019), com ênfase na dieta artificial que deve conter lipídios, proteínas e outros nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento dos nematoides. Além disso, a qualidade do hospedeiro pode influenciar diretamente a produção de nematoides infectantes (Andaló et al., 2010; Negrisoni Junior et al., 2015).

Essas condições devem ser cuidadosamente controladas em estudos laboratoriais e testes de campo para garantir a eficácia dos NEP no controle de pragas (Hussein, 2016). Os nematoides entomopatogênicos têm se destacado como agentes de controle biológico de diversas pragas agrícolas, incluindo lepidópteros de importância econômica como *S. frugiperda*, *S. cosmioides* (Patil, 2022).

Entre eles, *S. frugiperda*, praga-chave na cultura do milho. Esses organismos penetram no corpo das lagartas e liberam bactérias simbiotes que provocam a morte do hospedeiro em poucos dias, possibilitando uma redução significativa da população da praga em campo. Além da *S. frugiperda*, outros lepidópteros, como *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae) (lagarta-da-soja) e *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (traça-das-crucíferas), também apresentam suscetibilidade ao controle com nematoides entomopatogênicos, evidenciando seu potencial como alternativa sustentável ao uso intensivo de inseticidas químicos (Andaló, 2010; Alencar, 2012).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Criação de *Spodopera frugiperda*

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo. Os insetos utilizados foram obtidos de criação massal de *S. frugiperda* estabelecida no laboratório.

Para a criação das lagartas, foram utilizados potes de 100 mL com as seguintes dimensões: diâmetro superior de 7 cm, diâmetro inferior de 4,5 cm e altura de 5 cm. Em cada pote foram colocados cerca de 2 cm³ de dieta artificial e três a quatro insetos. Pequenos furos foram feitos na tampa dos potes para permitir a circulação de ar e evitar o acúmulo excessivo de umidade.

A dieta artificial sólida, conforme a formulação de Nalin et al. (1991), é composta pelos seguintes ingredientes: 165 g de feijão carioquinha, 79,50 g de germe de trigo, 50,50 g de levedo de cerveja, 3,15 g de nipagin, 5,10 g de ácido ascórbico, 1,65 g de ácido sórbico, 12,50 mL de formol a 10%, 25,50 g de ágar e 1.195 mL de água. Após o preparo, a dieta foi vertida em uma bandeja de alumínio e mantida em uma câmara de fluxo laminar até solidificar.

Após a solidificação do meio a bandeja foi coberta com papel alumínio e armazenada na geladeira até o uso (Figura 1 A e B). Durante toda a fase larval, as lagartas se alimentaram dessa dieta até atingirem a fase de pupa. Ao atingir esse estágio, foram transferidas para placas de Petri com papel filtro (Figura 1 C), e posteriormente, para gaiolas feitas de tubo de PVC (20 cm de altura e 15 cm de diâmetro interno).



Figura 1 – A e B: Dieta artificial sólida de *Spodoptera frugiperda*. B. Pupas de *Spodoptera frugiperda* em placa de Petri.

Após a eclosão das mariposas, foi oferecida uma dieta líquida composta por 50 g de açúcar, 50 g de mel, 1 g de ácido ascórbico e 1 L de água. Para a oviposição, a parede interna da gaiola foi forrada com papel sulfite. Antes da eclosão dos ovos, o papel sulfite foi cortado e aderido na tampa do pote de dieta (Figura 2). As larvas, ao nascerem, se alimentaram da dieta e continuaram o ciclo. Para manipulação dos insetos, foi utilizado pincéis de cerdas número 0.



Figura 2 – Potes plásticos contendo dieta artificial e ovos de *Spodoptera frugiperda*.

5.2. Multiplicação e manutenção dos nematoides entomopatogênicos

Os nematoides entomopatogênicos armazenados no banco de entomopatógenos do Laboratório de Entomologia da UFU foram multiplicados em larvas de *T. molitor* para utilização nos experimentos (Figura 5).

Os juvenis infectantes (JI) foram inoculados com auxílio de micropipeta em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo papel filtro esterilizado e larvas de *T. molitor*, criadas de acordo com metodologia de Potrich et al. (2007). As placas de Petri foram mantidas em câmara climatizada do tipo B.O.D. a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Após a mortalidade das larvas, as que apresentaram sintomatologia característica de infecção por nematoide foram transferidas para câmara seca por três a seis dias para multiplicação dos nematoides no interior do corpo do inseto. Após este período, as larvas foram transferidas para armadilha de White (White, 1927), para obtenção dos JI que foram utilizados nos experimentos (Figura 3).



Figura 3 - Larvas de *Tenebrio molitor* mortas por nematoides entomopatogênicos em armadilha de White.

5.3. Avaliação da virulência

Para avaliação da virulência foram utilizadas cinco populações de nematoides entomopatogênicos dos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema*. Os nematoides testados em pupas de *S. frugiperda* em condições de laboratório, verificando-se a virulência sobre o inseto foram *Steinernema brazilense*, *Heterorhabditis* sp. MC02, *Heterorhabditis* sp. MC03, *Steinernema feltiae* IBCB47, *Heterorhabditis amazonensis* MC01 e *Steinernema carpocapsae*. A viabilidade inicial dos JI das suspensões de cada isolado foi confirmada por meio da motilidade dos nematoides antes da aplicação em microscópio óptico de luz.

Em placa de Petri de vidro de 9 cm de diâmetro foram dispostas duas folhas de papel filtro e 8 pupas de *S. frugiperda*. Foi aplicado volume total de 1,5 mL por placa de suspensão do nematoide na concentração de 80 JI pupa⁻¹, emergidos por até três dias e armazenados em B.O.D a 16°C ± 2°C por até cinco dias. O estabelecimento da concentração da suspensão foi realizado com auxílio de microscópio estereoscópio em placas de microtitulação de 96 poços a quantidade de JI existentes em cada mL das suspensões.

Cada repetição foi constituída por uma placa de Petri. Foram realizadas seis repetições por tratamento, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (Figura 4). No controle foi aplicada água destilada. Sendo assim, foram realizados sete tratamentos (nematoides e controle), com seis repetições cada. As placas foram fechadas com Parafilm® e mantidas em

B.O.D. a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 70% UR e 12 h de fotoperíodo. As avaliações de mortalidade foram realizadas após 96 h. As pupas mortas foram mantidas em câmara seca em B.O.D. a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ por dois dias para posterior dissecação, sendo então, dissecadas em microscópio estereoscópio para confirmação da mortalidade causada pelo nematoide (Figura 5).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de médias Scott-Knott ($p < 0,05$) com auxílio do software estatístico Speed Stat 2.3 (Carvalho e Mendes, 2017).



Figura 4 – Pupas de *Spodoptera frugiperda* em placas de Petri após aplicação de nematoides entomopatogênicos.

5.4. Avaliação do tempo letal

Para avaliar o tempo letal, verificou-se a viabilidade inicial dos JI da suspensão observando a motilidade dos nematoides antes da aplicação. Foram feitas seis repetições para cada tempo de avaliação, com cada placa contendo oito pupas. As avaliações foram realizadas diariamente até o 14º dia (336 horas) após a inoculação do nematoide. No controle, foi utilizada água destilada. As placas foram fechadas com Parafilm® e mantidas em B.O.D., a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, com umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 12 horas de fotofase.

A confirmação da mortalidade ocorreu após as pupas mortas permanecerem por três dias em câmara seca, onde foram verificadas as características típicas da infecção por nematoides, permitindo assim a determinação do tempo letal médio (TL_{50}) das populações testadas. Após esse período, as pupas foram transferidas para armadilhas de White para avaliar a produção de JI por espécie.

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com um esquema de 14 contagens no tempo x 2 nematoides. Os dados de mortalidade foram analisados por meio de deviance, utilizando um Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM)

com distribuição binomial e função de ligação Probit, testando os parâmetros com o teste do Qui-Quadrado a 0,05 de significância, entrando-se como fator fixo o tempo de avaliação, o nematoide, assim como sua interação; e como fator aleatório a coleta dos dados ao longo do tempo de avaliação na mesma parcela e o efeito individual dos experimentos com cada nematoide. Para efeitos significativos, ajustes de regressão foram feitos nas médias estimadas para observar o comportamento da mortalidade ao longo do tempo, assim como os nematoides foram comparados pelo Teste de Tukey com ajuste de Sidak a 0,05 de significância.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Avaliação da virulência

No que se refere à mortalidade de pupas de *S. frugiperda* pelos nematoides entomopatogênicos testados, verificou-se que, de maneira geral, a maioria dos isolados avaliados apresentou desempenho semelhante, sem diferenças estatísticas significativas entre si. Contudo, a análise realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade evidenciou que o isolado *Heterorhabditis* sp. MC03, juntamente com o controle, resultaram nos tratamentos de menor eficiência, apresentando os índices mais baixos de mortalidade (Tabela 1). Esses resultados demonstram que, embora os nematoides tenham se mostrado promissores no controle da fase pupal da praga, o isolado *Heterorhabditis* sp. MC03 teve desempenho reduzido, aproximando-se estatisticamente da testemunha, o que indica menor potencial de utilização frente a essa fase do ciclo biológico do inseto.

Tabela 1 - Mortalidade (%) de pupas de *Spodoptera frugiperda* em função da aplicação de nematoides entomopatogênicos em condições de laboratório.

Tratamento	Mortalidade (%)
<i>Steinernema brazilense</i>	18,75 ± 6,84 a
<i>H. amazonensis</i> MC01	18,75 ± 6,84 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. MC02	16,67 ± 6,45 a
<i>Steinernema carpocapsae</i>	14,58 ± 5,10 a

<i>Steinernema feltiae</i> IBCB47	14,58 ± 5,10 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. MC03	8,33 ± 6,45 b
Controle	4,17 ± 6,45 b
CV (%)	37,18

Médias seguidas com letras iguais não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados utilizando o método Rank in Blocks.

A mortalidade de pupas de *S. frugiperda* variou de 4,17% a 18,75% em função da aplicação de diferentes isolados de nematoides entomopatogênicos (Tabela 1). Os isolados *Steinernema brazilense* e *Heterorhabditis amazonensis* MC01 apresentaram taxas de mortalidade de 18,75%, seguidos por *Heterorhabditis* sp. MC02 (16,67%), *Steinernema carpocapsae* (14,58%) e *Steinernema feltiae* IBCB47 (14,58%). Esses valores, embora baixos, estão em consonância com Molina-Ochoa et al. (1996), que observaram mortalidade entre 5% e 43% em pupas tratadas com diferentes espécies de nematoides, ressaltando que este estágio apresenta maior resistência devido ao tegumento mais espesso e à menor exposição a patógenos.

O isolado *Heterorhabditis* sp. MC03 obteve baixa virulência (8,33%), estatisticamente semelhante ao controle (4,17%). Essa limitação pode estar associada à menor capacidade de penetração e estabelecimento no hospedeiro. De acordo com Acharya et al. (2020), a suscetibilidade das pupas de *S. frugiperda* depende fortemente da espécie de nematoide testada, sendo que *Heterorhabditis indica*, *S. carpocapsae* e *Steinernema longicaudum* apresentaram maiores níveis de mortalidade em relação a outras espécies.

Apesar da baixa eficácia observada neste estudo, pesquisas conduzidas em condições semelhantes têm reportado resultados superiores. Lalramnghaki et al. (2021), ao testarem quatro espécies de nematoides contra pupas de *S. frugiperda* na Índia, registraram taxas de mortalidade entre 37,5% e 68,75%, dependendo da espécie e da concentração utilizada, variando de 200 a 1.600 JI por pupa. Esses resultados evidenciam a importância da densidade de inóculo e da seleção de isolados mais agressivos no sucesso do controle biológico.

Heterorhabditis amazonensis MC01 e JPM4 demonstraram mortalidade de até 80 % em pupas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em bioensaios de laboratório, casa-de-vegetação e campo, com aplicação de 400 JI por pupa (Andaló, 2021). De forma similar, *Steinernema carpocapsae* infectou eficazmente pupas de *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), especialmente quando presentes até 2 cm de profundidade

e a curta distância de 3 cm, sendo as pupas mais jovens as mais suscetíveis (Tanaka et. al, 2023). Ademais, NEP como os testados contra *Frankliniella fusca* (Hinds) (Thysanoptera: Thripidae) evidenciam que, mesmo em fazes pupais restritas, a aplicação no substrato pode resultar em mortalidade significativa (Gulzar et al., 2021).

Considerando que não houve diferença significativa entre a maioria dos nematoides avaliados, foram selecionados para a realização de testes subsequentes os isolados *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47. O primeiro foi escolhido por se tratar de um nematoide nativo da região onde os experimentos foram conduzidos, o que lhe confere prioridade em relação a isolados exóticos. Nematoides nativos apresentam vantagens por já estarem adaptados às condições climáticas e à entomofauna local, favorecendo sua sobrevivência e eficiência no ambiente (Dolinski; Moino Jr., 2006).

Já *S. feltiae* IBCB47 foi selecionado em razão de seu comportamento de busca considerado intermediário, ou seja, apresenta tanto capacidade de espera quanto de procura ativa pelo hospedeiro (Bal, 2025). Essa característica pode ser especialmente benéfica no controle de pupas, uma vez que estas permanecem no solo e são organismos imóveis, demandando agentes de controle capazes de localizá-las de forma eficiente.

6.2. Avaliação do tempo letal

Foi observado um incremento linear significativo na mortalidade de pupas de *S. frugiperda* ao longo do tempo após a aplicação de *S. feltiae* IBCB47 e *H. amazonensis* MC01 (Figura 5), atingindo aproximadamente 25% após 336 horas de avaliação. Verifica-se que, a cada hora transcorrida, a mortalidade aumenta em 0,0711%. O valor de R^2 (0,9794) demonstra que o modelo linear explicou cerca de 97,94% da variação na mortalidade em função do tempo, evidenciando uma forte correlação entre as variáveis. Como não houve diferença significativa entre os nematoides avaliados, foi considerada a média de mortalidade dos tratamentos ao longo do período experimental. Dessa forma, o isolado *Heterorhabditis amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 apresentam potencial para uso no manejo biológico de *S. frugiperda*, oferecendo uma alternativa sustentável frente aos inseticidas sintéticos.

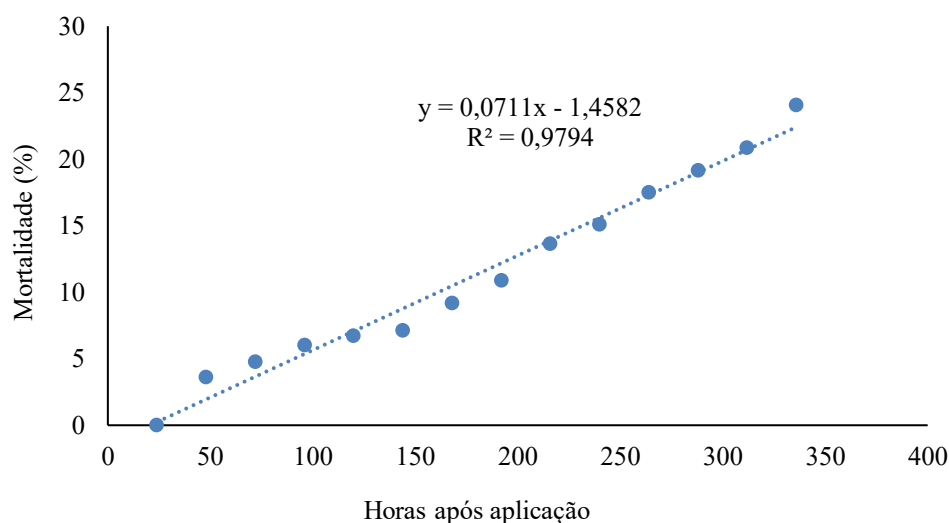


Figura 5 – Tempo letal para mortalidade (%) de pupas de *Spodoptera frugiperda* em função da aplicação do nematoide entomopatogênico *Heterorhabditis amazonensis* MC01 e *Steinernema feltiae* IBCB47 em condições de laboratório.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que tanto *H. amazonensis* MC01 quanto *S. feltiae* IBCB47 foram capazes de causar mortalidade em pupas de *S. frugiperda* ao longo do tempo, embora em níveis moderados. Esse comportamento é consistente com o relatado por Lalramnghaki et al. (2021), que verificaram tempos letais (TL_{50}) variando de 105 a 114 horas em pupas da praga tratadas com diferentes espécies de nematoides entomopatogênicos, incluindo *H. indica* e *Steinernema surkhetense*. Assim, embora a mortalidade em pupas seja geralmente mais baixa do que em larvas, os dados confirmam que os nematoides apresentam potencial de uso no manejo da praga, ainda que com ação mais lenta.

No caso de *S. feltiae*, a mortalidade de aproximadamente 25% após 336 horas observada neste trabalho encontra respaldo em estudos prévios (Kaya, 1982) reportaram que pupas de insetos tratados com esse isolado apresentaram taxas de mortalidade entre 7% e 20%, dependendo da dose aplicada, reforçando a baixa suscetibilidade deste estágio em comparação às larvas. Resultados semelhantes foram descritos por (Lacey et al., 2012), que destacaram que a eficiência dos entomopatógenos pode variar de acordo com a espécie do nematoide, o estágio do hospedeiro e as condições ambientais.

Além disso, estudos recentes confirmam a diferença de virulência entre espécies de NEP. Patil et al. (2022) observaram que *H. indica* causou mortalidade de até 85% em pupas de *S. frugiperda*, enquanto *S. carpocapsae* atingiu aproximadamente 72%, valores superiores aos obtidos neste trabalho, mas provavelmente relacionados às condições de laboratório e

concentrações de inóculo utilizadas. Dessa forma, os resultados aqui apresentados indicam que *H. amazonensis* e *S. feltiae* apresentam ação consistente e previsível, podendo ser considerados como alternativas sustentáveis no manejo integrado da praga, principalmente quando associados a outras táticas de controle.

CONCLUSÃO

Dessa forma, conclui-se que *H. amazonensis* MC01, *Heterorhabditis* sp. MC02, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema brazilense* e *S. feltiae* IBCB47 representam alternativas promissoras dentro do manejo integrado de *S. frugiperda*. Os resultados obtidos evidenciam que os nematoides entomopatogênicos *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 apresentam potencial para o manejo biológico de *S. frugiperda*, promovendo mortalidade significativa em pupas ao longo do tempo. No entanto, estudos adicionais em condições de campo, testando diferentes densidades de inóculo e combinações com outros agentes de controle, são recomendados para consolidar o potencial de aplicação desses entomopatógenos em programas de manejo agrícola.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, R.; HWANG, H.-S.; MOSTAFIZ, M. M.; YU, Y.-S.; LEE, K.-Y. Susceptibility of various developmental stages of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to Entomopathogenic Nematodes. **Insects**, v. 11, n. 12, art. 868, 2020. DOI: 10.3390/insects11120868.
- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ (ADAPAR). Consultar agrotóxicos autorizados no Paraná. Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br>.
- AGROADVANCE. Produção de milho no Brasil. 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-producao-de-milho-no-brasil/>.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.
- ALENCAR, João Rafael De Conte Carvalho de. *Plutella xylostella*: variabilidade populacional e suscetibilidade a *Beauveria bassiana* e a nematóides entomopatogênicos. 2012. iv, 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Jaboticabal, 2012.
- ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- ALVES, V. S.; MOINO JUNIOR, A. Deslocamento vertical de nematóides entomopatogênicos (*Rhabditida*: *Heterorhabditidae*) na busca por *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) em laboratório e casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 971–976, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000400005.
- ANDALÓ, V. (*et al.*). Entomopathogenic nematodes for the control of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pupae. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 88, 2021. DOI: 10.1590/1808-1657000742019.
- ANDALÓ, V. et al. Evaluation of entomopathogenic nematodes under laboratory and greenhouse conditions for the control of *Spodoptera frugiperda*. *Revista Ciência Rural*, v. 40, n. 9, p. 1860-1866, 2010. DOI 10.1590/S0103-84782010005000151.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGOS - ABRAMILHO. Levantamento inicial da safra mineira de grãos 2023/2024 traz estimativa de produção de 13,6 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/2023/12/20/levantamento-inicial-da-safra-mineira-de-graos-2023-2024-traz-estimativa-de-producao-de-136-milhoes-de-toneladas/>.
- ÁVILA, Crébio José; SANTOS, Viviane. Manejo integrado de lagartas e percevejos na lavoura. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. — (edição 211), 03 ago. 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/manejo-integrado-de-lagartas-e-percevejos-na-lavoura>.

ÁVILA-HERNÁNDEZ, E.; MOLINA-RUIZ, C. S.; GÓMEZ-DÍAZ, J. S.; WILLIAMS, T. Fecal Transmission of *Spodoptera frugiperda* Multiple Nucleopolyhedrovirus (SfMNPV; Baculoviridae). **Viruses**, v. 17, n. 3, art. 298, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/v17030298>.

Bal, H. K.; Grewal, P. S. Lateral dispersal and foraging behavior of entomopathogenic nematodes in the absence and presence of mobile and non-mobile hosts. **PLoS ONE**, São Francisco, v. 10, n. 6, p. e0129887, 16 jun. 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0129887.

BARROS, E. M.; et al. Uso de armadilhas de feromônio no manejo da lagarta-do-cartucho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 567-575, 2010.

BEDDING, R. A.; AKHURST, R. J. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. **Nematologica**, v. 21, n. 1, p. 29-36, 1975. DOI: 10.1163/187529275X00419. Acesso em: 15 out. 2024.

BENTES, V. dos S. et al.. Natural life cycle and rearing of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the laboratory: Scientometric study and didactic scheme. **Seven Editora**, [S. l.], p. 1015–1025, 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/4185>.

BETTIOL, Wagner; MORANDI, Marcelo Augusto Boechat. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2009. p. 7-14. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/579982>.

CARVALHO, R. A. et al. Eficácia e desafios da tecnologia Bt contra *Spodoptera frugiperda* no Brasil. **Crops Journal**, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/crops-journal>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Ajustes na área de milho e soja resultam em uma produção de 295,45 milhões de toneladas na safra 2023/2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5531-ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024>.

CONAB. Primeiro levantamento da safra 2023/24 traz uma estimativa de produção de 317,5 milhões de toneladas. **Conab**, 10 out. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS AGRICULTORES FAMILIARES E EMPREENDEDORES RURAIS - CONAFER. Milho: a força do grão que alimenta a economia da agricultura familiar. Disponível em: <https://conaferr.org.br/milho-a-forca-do-grao-que-alimenta-a-economia-da-agricultura-familiar/#:~:text=Atualmente%20o%20cultivo%20do%20gr%C3%A3o%20est%C3%A1%20presente%20em,em%202018%2F2019%20foi%20de%201%2C126%20bilh%C3%A3o%20de%20toneladas>.

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 45 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2). Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1106547>.

CRUZ, I. Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitoides na cultura do milho. In: Milho Safrinha: **XIII Seminário Nacional**, 2015, Maringá, PR. Anais. Maringá:

Universidade Estadual de Maringá, 2015. Disponível em: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/329660>.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. de L. C.; SILVA, R. B. da. Uso de armadilha com feromônio sexual no processo de tomada de decisão para o controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho) em milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito do manejo cultural sobre a infestação de *Spodoptera frugiperda* em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 2, p. 107-116, 1983.

CRUZ, J. C. Circular técnica 87: Manejo da cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490419/1/Circ87.pdf>.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Technical Bulletin 186, Mississippi State University, 1992.

EHLERS, R. U. Entomopathogenic nematodes: a review of their biology and control potential in pest management. **Biocontrol Science and Technology**, v. 11, n. 3, p. 353-377, 2001.

EMBRAPA. Manejo integrado de pragas reduz aplicações de defensivos em quase 50%. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical/busca-de-noticias/-/noticia/2634688/manejo-integrado-de-pragas-reduz-aplicacoes-de-defensivos-em-quase-50>.
EMBRAPA. Novo produto biológico obtém 100% de eficácia no controle da lagarta-do-cartucho. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63029056/novo-produto-biologico-obtem-100-de-eficacia-no-controle-da-lagarta-do-cartucho>.

EMBRAPA. Manejo integrado de pragas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/pragas/manejo-integrado-de-pragas>.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. PREVENTION, PREPAREDNESS AND RESPONSE GUIDELINES FOR *Spodoptera frugiperda*. 2021. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7c5510d5-967b-4aba-bf91-13ec56fcfb3f/content>.

FELICIANGELI, M. D. et al. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes against *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, [S. l.], v. 32, n. 73, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00507-9>. Disponível em: <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-022-00507-9>.

FIGUEIREDO, M. L. C. et al. **Uso de agentes biológicos no manejo da lagarta-do-cartucho**. Embrapa Agrobiologia, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia>.

Fortuna, C. et al. Survival and development of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) on *Conyza bonariensis* L. and *Amaranthus viridis* L. Journal of Pest Science. **Springer Nature**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00859-w>.

FUMAGALLI, Wellington de Souza. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP) COM ÊNFASE NO CONTROLE BIOLÓGICO (CB). 2023. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/46289/1/WELLINGTON_DE_SO_UZA_FUMAGALLI_ATIVIDADE3.pdf.pdf.

GUEDES, R. N. C.; SILVA, E. A. Resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas no Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 349-357, 2012. DOI: 10.1590/S0085-56262012000400002.

HUSSAIN, Ahmed G.; WENNMANN, Jörg T.; GOERGEN, Georg; BRYON, Astrid; ROS, Vera I. D. Viruses of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: A review with prospects for biological control. **Viruses**, v. 13, n. 11, p. 2220, 4 nov. 2021. DOI: 10.3390/v13112220.

INTERNATIONAL RESISTANCE MANAGEMENT (IRAC). *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho): espécie polífaga presente em diversas culturas, 2022. Disponível em: <https://www.irac-br.org/single-post/spodoptera-frugiperda-lagarta-do-cartucho-espécie-polífaga-presente-em-diversas-culturas>.

KAYA, H. K.; GAUGLER, R. Entomopathogenic nematodes. Annual Review of **Entomology**, v. 38, p. 181-206, 1993. DOI: 10.1146/annurev.en.38.010193.001145.

KAYA, H. K.; BURLANDO, T. M.; THURSTON, G. S. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for insect control in biological control programs. **Journal of Nematology**, v. 14, n. 2, p. 241–252, 1982.

KOPPERT DO BRASIL HOLDING S.A. Bula do produto Terranem. Piracicaba, SP: Koppert do Brasil Holding S.A., 1-jun-2023. Disponível em: https://www.koppert.com.br/content/brasil/Produtos/Terranem/Bula_Produto_Terranem_01_06_2023.pdf. Acesso em: 6 set. 2025.

KOPPENHÖFER, A. M.; FUZY, E. M. Nematodes and integrated pest management. Dordrecht: **Springer**, 2009.

LACEY, L. A.; GEORGIS, R. Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. **Nematology**, v. 44, n. 2, p. 218-225, jun. 2012.

LABAUDE, S.; GRIFFIN, C. T. Transmission success of entomopathogenic nematodes used in pest control. **Insects**, v. 9, n. 2, p. 72, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/9/2/72>.

LALRAMNGHAKI, H. C.; LALRAMLIANA; LALREMSANGA, H. T.; VANLALHLIMPUA; MARY LALRAMCHUANI; VANRAMLIANA. Susceptibility of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), to four species of entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) from Mizoram, North-Eastern India. **Biological Pest Control**, v. 31, art. 110, 2021. DOI: 10.1186/s41938-021-00453-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00453-y>.

LUPINACCI, F. Manejo da *Spodoptera frugiperda* na Cultura do Milho. 2023. Disponível em: <https://www.brevant.com.br/blog/artigos/manejo-da-spodoptera-frugiperda-na-cultura-do-milho.html>.

MOLINA-OCHOA, J. et al. Virulence of six species of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against immature stages of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). 1996. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122570/records/64722aaa77fd37171a734cd8>.

MOLINA-OCHOA, J.; et al. Pathogens and parasitoids of *Spodoptera frugiperda* in the Americas and research approaches to improve biological control. International Journal of **Pest Management**, v. 49, n. 1, p. 41-48, 2003.

NALIN, D. N. Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em duas dietas artificiais. 1991. 150 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; NEGRISOLI, C. R. de C. B.; SILVA, A. P. P. de O. Produção e armazenamento de nematoides entomopatogênicos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 45 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 202). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042734/1/Doc202.pdf>.

OLIVEIRA, M. de et al. MILHO: química, tecnologia e usos. São Paulo: Blücher, 2022. 432 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/365686563_Milho_Quimica_tecnologia_e_usos.

PATIL, J.; VARSHNEY, R.; RANGESHWARAN, R.; RAMANUJAM, B.; SUBY, S. B.; NAVIK, O.; BAKTHAVATSALAM, N.; SEKhar, J. C.; et al. Biocontrol potential of entomopathogenic nematodes for the sustainable management of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Pest Management Science**, v. 78, n. 7, p. 2883–2895, 2022. DOI: 10.1002/ps.6912. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.6912>.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. Sementes de milho no Brasil: a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2018. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 223). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1099078>.

PINTO, R.J.B. Introdução ao melhoramento genético de plantas. 2ª ed. Maringa: Eduem, 2009. PRABOWO, H.; ADIKADARSIH, S.; DAMAIYANI, J. Mass production of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* on *Tenebrio molitor* and *Spodoptera litura*. Biodiversitas: Journal of **Biological Diversity**, v. 20, n. 5, p. 1344–1349, 2019. Disponível em: <https://smujo.id/biodiv/article/view/3171>.

QUEIROZ, Bruna Cortes. Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho expressando a proteína inseticida Vip3Aa20 através da potencialização do custo adaptativo associado à resistência. 2020. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. DOI 10.11606/D.11.2020.tde-13102020-090223.

ROSA, Ana Paula Schneid Afonso; MARTINS, José Francisco da Silva; TRECHA, Calise Oliveira. Avaliação de danos da lagarta-do-cartucho à cultura do milho com base no monitoramento de plantas atacadas em três safras agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n. 1, p. 21-27, 2019. Disponível em: <https://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/149>.

SANDRIA DÍAZ, A. et al. *Spodoptera frugiperda*: uma ameaça significativa para a agricultura brasileira. Revista **Cultivar**, 31 jul. 2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos?categoria=spodoptera-frugiperda>.

SOUZA, L. M.; et al. Patogenicidade de nematoides entomopatogênicos para o controle de *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 1, p. 67-71, 2012.
SYNGENTA. Lagarta-do-cartucho: *Spodoptera frugiperda* – Manejo imbatível, 2023. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/dia-a-dia-do-campo/lagarta-do-cartucho-spodoptera-frugiperda-manejo-imbativel/>.

SZYDLOSKI, João Eduardo. Tecnologia Bt no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. Revista **Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 1-8, 2023. Disponível em: <https://revistas.uceff.edu.br/inovacao/article/view/246/246>.

TAMBO, J. A. et al. Economic impacts and management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in smallholder agriculture: a panel data analysis for Ghana. **CABI Agriculture and Bioscience**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1-14, 2020. DOI: 10.1186/s43170-020-00006-1.

TANAKA, K. H.; YAMASHITA, S.; SHINTANI, Y. Efficacy of *Steinernema carpocapsae* as a biological control agent for *Ostrinia furnacalis* pupae: effects of distance, developmental stage, and soil depth. Bulletin of **Entomological Research**, 2023. DOI: 10.1017/S0007485323000714.

TARASCO, E. et al. Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria. **Frontiers in Insect Science**, [S.l.], v. 3, p. 1195254, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/finsc.2023.1195254/full>.

VALICENTE, F. H. Circular técnica 208: Identificação e manejo de doenças do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1017489/1/circ208.pdf>.