

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MATEUS TONDINI CASTANHEIRA

VIRULÊNCIA DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS CONTRA PUPAS DE
Spodoptera cosmioides (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Monte Carmelo – MG

2025

MATEUS TONDINI CASTANHEIRA

VIRULÊNCIA DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS CONTRA PUPAS DE
Spodoptera cosmioides (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

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

MATEUS TONDINI CASTANHEIRA

VIRULÊNCIA DE NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS CONTRA PUPAS DE
Spodoptera cosmioides (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Monte Carmelo, 27 de agosto de 2025

Banca Examinadora

Profª. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
Orientadora

Prof. Dr. Lucas Silva de Faria
Membro da Banca

Ms. Jéssyca Gonçalves Duarte
Membro da Banca

Monte Carmelo - MG
2025

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
2. JUSTIFICATIVA.....	7
3. OBJETIVO	8
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. <i>SPODOPTERA COSMIOIDES</i>.....	9
4.3. CONTROLE DE <i>SPODOPTERA COSMIOIDES</i>	10
4.4. NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS	12
5. MATERIAL E MÉTODOS	14
5.1. CRIAÇÃO DE <i>SPODOPTERA COSMIOIDES</i>	15
5.1.1 DIETA ARTIFICIAL	15
5.1.2 CRIAÇÃO	15
5.1.3 TRATAMENTOS.....	18
5.2. MULTIPLICAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS	18
5.3. VIRULÊNCIA	18
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6.1. VIRULÊNCIA	20
7. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23

RESUMO

A lagarta-das-vagens, *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma praga polífaga que acomete várias culturas de interesse econômico, inclusive a soja. Em seu estágio larval ataca principalmente as vagens da cultura causando prejuízos. Anteriormente considerada praga secundária, tornou-se primária devido a sua resistência a tecnologia Bt, eliminação de inimigos naturais e resistência ao controle químico devido ao uso dos mesmos ingredientes ativos. Para controle biológico, produtos formulados com *Bacillus thuringiensis* (Eubacteriales: Bacillaceae) e *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) possuem registro para a praga. Uma alternativa para controle biológico são os nematoides entomopatogênicos dos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema*, os nematoides invadem o hospedeiro por meio de aberturas naturais e liberam bactérias entomopatogênicas em sua hemocela, as quais se multiplicam, promovem septicemia e resultam na morte do inseto. O experimento foi realizado no laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, MG. Os insetos utilizados no experimento foram obtidos da criação de *S. cosmioides* mantida no laboratório. Foram utilizadas seis isolados de nematoides entomopatogênicos e uma testemunha, no qual foi aplicado água destilada, cada isolado compôs um tratamento com seis repetições e oito pupas em cada placa. Foram aplicados 1,5 mL de suspensão por placa. As avaliações de mortalidade foram realizadas após 96 h. O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado. A análise da mortalidade da praga *S. cosmioides* por diferentes isolados de nematoides revelou que não houve diferença estatística entre os tratamentos, verificando-se mortalidade superior a 20%. Dentre os seis isolados testados, *Steinernema brazilense*, *Heterorhabditis* sp. MC02 e *Heterorhabditis* sp. MC03 causaram mortalidade acima de 30%. Por não apresentarem diferença significativa de mortalidade, *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 foram selecionados por apresentar mais adaptabilidade, destacando-se o primeiro por ser nativo da região e maior conhecimento de estudo e o segundo por seu comportamento de busca intermediário. Essa escolha prioriza isolados adaptados ao ambiente local e com alta capacidade de busca por hospedeiros, garantindo maior potencial de sucesso em aplicações de controle biológico.

Palavras-chave: controle biológico, *Glycine max*, Heterorhabditidae, lagarta-das-vagens, Steinernematidae.

INTRODUÇÃO

O controle das espécies pertencentes ao gênero *Spodoptera* tem sido conduzido, em grande parte, com o uso de inseticidas sintéticos dos grupos químicos metilcarbamato de oxima, antranilamida + feniltiouréia e isoxazoline + piretroide. Como agentes de controle biológico, são registrados apenas dois produtos, um deles com *Bacillus thuringiensis* (Eubacteriales: Bacillaceae) (Bt) e outro contendo a bactéria associada a *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) (Agrofit, 2025). Adicionalmente, a elevada ocorrência de casos de resistência entre espécies desse gênero (Diez-Rodriguez e Omoto, 2001; Huang e Han, 2007; Carvalho et al., 2013; Su e Sun, 2014; Saleem et al., 2016) indica que a tolerância natural dessas espécies pode facilitar a evolução de populações resistentes aos inseticidas aplicados.

Assim, há um significativo interesse na elaboração de novos produtos e abordagens que se mostrem eficazes no manejo de *S. cosmioidea*. Neste sentido, os nematoides entomopatogênicos (NEP) dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*, são considerados alguns dos exemplos eficazes de ferramentas biológicas para o controle de pragas, apresentando características para um agente de controle biológico de sucesso.

O ciclo desses nematoides consiste na fase de ovo, quatro estádios juvenis e um estágio adulto. De acordo com Sáenz e López (2011) o JI penetra no inseto por meio de aberturas naturais (cavidade oral, ânus, espiráculos). Uma vez na hemocele do inseto, liberam as bactérias simbiotas, que se multiplicam e secretam toxinas e metabólitos secundários letais ao inseto, promovendo a morte deste em até 48 horas. O desenvolvimento dos nematoides ocorre por meio da alimentação das bactérias simbióticas, até alcançarem o estágio adulto (Figura 1).

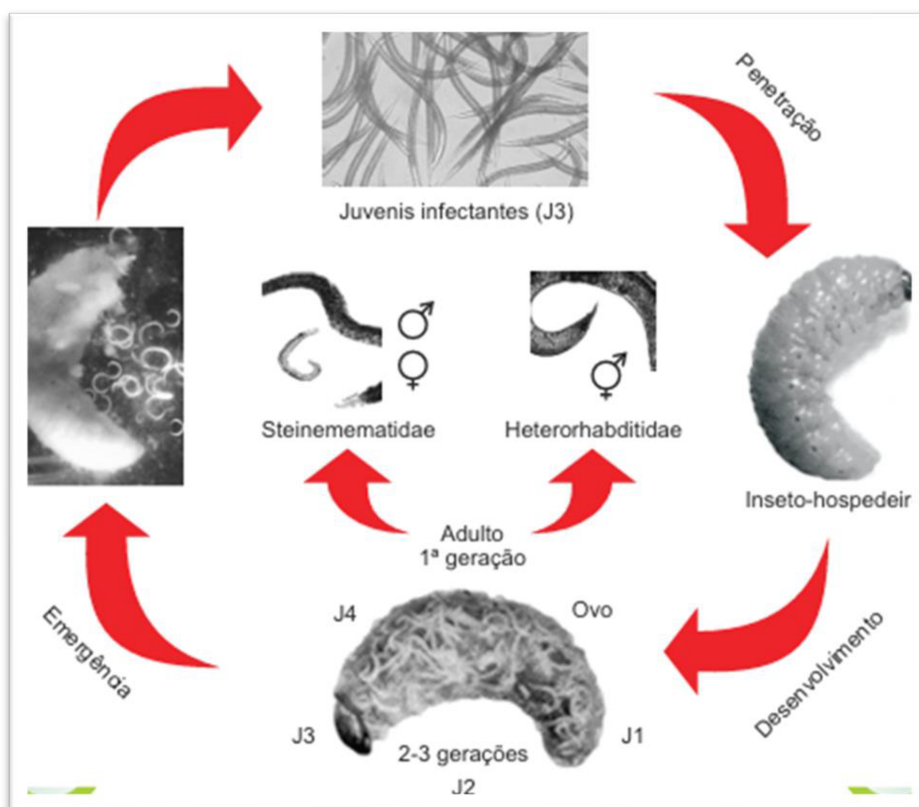


Figura 1- Ciclo de vida dos nematóides entomopatogênicos dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*.
Fonte: Dolinski e Moino Júnior (2006).

No gênero *Steinernema*, a primeira geração é composta por machos e fêmeas, enquanto no gênero *Heterorhabditis* formam-se apenas fêmeas hermafroditas, sendo que, a partir da segunda geração, passam a surgir machos e fêmeas. Os adultos da primeira geração apresentam corpo bem desenvolvido e elevada capacidade reprodutiva, multiplicando-se rapidamente e colonizando o inseto em curto período de tempo.

As bactérias associadas produzem antibióticos que inibem o crescimento de outros microrganismos no inseto morto. As fêmeas originam ovos que dão origem a juvenis, e o ciclo pode se repetir por aproximadamente três gerações, até que a escassez de alimento induza a formação de juvenis infectantes, os quais deixam o hospedeiro e migram pelo solo em busca de novos hospedeiros (Kaya, Stock, 1997; Ferraz, 1998; Aguillera, 2001).

2. JUSTIFICATIVA

A lagarta *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido reconhecida, nos últimos anos, como uma das principais pragas em áreas do Cerrado brasileiro

(Silvie et al., 2013). Diversos fatores contribuem para que essa praga seja considerada importante na cultura da soja, entre eles sua elevada polifagia, a capacidade de atacar as plantas logo após a emergência o que pode reduzir o estande inicial e até exigir o replantio, além de provocar intenso desfolhamento durante o ciclo da cultura e ocasionar danos diretos às vagens.

Spodoptera cosmioidea constitui uma praga de grande relevância para a cultura da soja, especialmente durante a fase reprodutiva. Além de se alimentar das folhas (Moscardi et al., 2012), essa espécie causa danos diretos às vagens, resultando em prejuízos significativos aos grãos (Sosa-Gómez et al., 1993; Gazzoni; Yorinori, 1995; Santos et al., 2005; Panizzi; Bueno; Silva, 2012). Diferenciando-se das demais espécies do gênero *Spodoptera*, as larvas de *S. cosmioidea* apresentam um consumo foliar aproximadamente duas vezes maior do que outras espécies de lepidópteros de importância econômica para a soja (Moscardi et al., 2012).

O sistema agrícola permite que as lagartas transitem entre as plantações, ficando expostas às toxinas Bt, o que pode influenciar a dinâmica populacional da praga e a resistência aos tratamentos (Matos, 2017). De acordo com Loureiro et al. (2020), há baixa eficácia dos produtos utilizados no controle devido ao consumo destas estruturas reprodutivas e por se alojarem nas folhas próximas às vagens, conferindo uma barreira de proteção contra o alcance eficaz dos inseticidas.

Destaca-se a necessidade de métodos alternativos no controle de *S. cosmioidea* devido à dificuldade de controle com a tecnologia Bt e poucos produtos químicos disponíveis e eficazes, assim, incluir novas ferramentas no plano de manejo da praga, com uso de produtos biológicos enquadraria em uma alternativa sustentável e de baixo impacto ao meio ambiente.

3. OBJETIVO

Tem-se como objetivo avaliar a porcentagem de mortalidade dos isolados *Steinernema brazilense*, *Heterorhabditis* sp. MC02, *Heterorhabditis* sp. MC03, *Steinernema feltiae* IBCB47, *H. amazonensis* MC01 e *Steinernema carpocapsae* em pupas de *S. cosmioidea* em condições laboratoriais.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. *Spodoptera cosmioides*

Spodoptera cosmioides, anteriormente considerada sinônima de *Spodoptera latifascia* (Walker), foi revalidada como espécie distinta com base em estudos moleculares, morfológicos e comportamentais. Silvain e Lalanne-Cassou (1997) demonstraram que, apesar das semelhanças, *S. cosmioides* está restrita à América do Sul, enquanto *S. latifascia* se distribui principalmente pelos Estados Unidos e América Central. Estudos subsequentes reforçaram essa distinção ao analisar as características fisiológicas e comportamentais das duas espécies, que pertencem a um complexo de espécies neotropicais (Silvain & Lalanne-Cassou, 1997; Zenker et al., 2007; Lalanne-Cassou et al., 1999).

Os adultos de *S. cosmioides* são mariposas de hábito noturno, com uma envergadura de aproximadamente 40 mm. As asas anteriores são pardas e desenhadas com um padrão mosaico, sendo mais amareladas nos machos, enquanto as asas posteriores são brancas (Bavaresco et al., 2002; Zenker et al., 2007). As fêmeas depositam seus ovos em massas sobrepostas nas folhas inferiores das plantas, onde as lagartas emergem após um período de incubação de 3 a 4 dias. Essas lagartas atravessam geralmente seis instares (fases de desenvolvimento), embora esse número possa variar entre quatro e oito dependendo da planta hospedeira (Bavaresco et al., 2002; Zenker et al., 2007).

As lagartas possuem variação na coloração, podendo ser cinza-claro, castanho ou, mais comumente, pretas. Elas são facilmente identificáveis por uma faixa lateral alaranjada que se estende ao longo do corpo, característica que as diferencia de outras espécies do gênero (Zenker et al., 2007). Além disso, as larvas apresentam uma alta capacidade de desfolhamento, sendo particularmente vorazes em comparação com *S. eridania*, o que as torna uma praga de grande relevância econômica para diversas culturas. Na fase final de desenvolvimento, as lagartas atingem aproximadamente 48 mm de comprimento antes de se transformarem em pupas, que são inicialmente verde-claras, mas rapidamente escurecem, medindo entre 20 e 23 mm de comprimento e permanecem no solo até o estágio de mariposas (Zenker et al., 2007). O ciclo médio dura cerca de 49 a 58 dias.

Spodoptera cosmioides é uma praga polífaga, ou seja, alimenta-se de uma ampla variedade de plantas, tanto cultivadas quanto espontâneas. No Brasil, seus hospedeiros incluem culturas de importância econômica, como o pimentão, tomateiro, algodoeiro, feijão caupi, abacaxi, cebola, eucalipto, entre outros (Bertels, 1953; Silva et al., 1968; Santos et al., 1980; Gallo et al., 1988). Essa espécie também tem grande importância na cultura da soja, sendo

apontada por Gazzoni e Yorinori (1995) como uma das principais lagartas que atacam as vagens de soja, junto com *S. eridania*. Em surtos registrados no Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, a aplicação frequente de inseticidas de amplo espectro eliminou os inimigos naturais de *S. cosmioides*, favorecendo a proliferação da praga e causando danos significativos às culturas (Habib et al., 1983).

No caso de culturas como algodoeiro e soja, o impacto de *S. cosmioides* é significativo. A lagarta ataca a soja desde a fase de emergência, provocando danos às folhas e vagens, o que pode levar à redução da área fotossintética e consequentes perdas na produtividade (Teodoro et al., 2013; Miranda, 2010). No algodoeiro, *S. cosmioides* alimenta-se tanto das folhas quanto dos botões florais e maçãs, ocasionando deformações e quedas de botões, com impacto direto na produtividade (Miranda, 2010). Segundo Teodoro et al. (2013), para a soja, o ataque às plantas em fase reprodutiva é particularmente prejudicial, já que afeta diretamente o desenvolvimento dos grãos.

A temperatura é um fator crítico no desenvolvimento de *S. cosmioides*, com a faixa ótima situando-se entre 25°C e 28°C. Nessas condições, a espécie pode completar mais de nove gerações ao ano, o que agrava o potencial de infestação e danos, especialmente em regiões agrícolas com monoculturas ou sistemas de rotação de culturas como algodão e soja. Esse sistema agrícola permite que as lagartas transitem entre as plantações, ficando expostas às toxinas Bt, o que pode influenciar a dinâmica populacional da praga e a resistência aos tratamentos (Matos, 2017).

O manejo de *S. cosmioides* requer estratégias integradas que levem em consideração o uso de controle biológico e químicos de forma sustentável, evitando a eliminação dos inimigos naturais da espécie, como observado nos surtos relatados por Habib et al. (1983). Além disso, é fundamental monitorar o ciclo de vida da praga e as condições ambientais que favorecem seu desenvolvimento, para prevenir grandes surtos e minimizar os danos às culturas de importância econômica (Bavaresco et al., 2002; Teodoro et al., 2013).

4.3. Controle de *Spodoptera cosmioides*

A alta densidade populacional de *S. cosmioides* resulta na necessidade de um aumento nas aplicações de inseticidas, o que pode impactar negativamente organismos entomopatógenos e entomófagos, favorecendo o crescimento de populações de pragas anteriormente secundárias (Soares, 2011). De acordo com Loureiro et al. (2020), a eficácia dos produtos utilizados no controle pode ser reduzida, pois as lagartas consomem as estruturas reprodutivas e se abrigam nas folhas próximas às vagens, criando uma barreira de proteção que dificulta o alcance eficaz dos inseticidas.

No Brasil, são poucos os inseticidas químicos registrados para o controle de *S. cosmioides*, sendo estes com os ingredientes ativos metomil, clorantraniliprole + diafentiurom e isocicloseram + lambda-cialotrina (Agrofit, 2025). Considerando o controle biológico, apenas dois produtos têm registro para *S. cosmioides*, ambos produtos contendo *Bacillus thuringiensis* (Eubacteriales: Bacilaceae) (Bt), sendo que em um dos produtos a bactéria é associada ao fungo *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) (Agrofit, 2025).

No contexto da soja transgênica Bt, Padilha et al. (2017) demonstraram que, ao testar lagartas de terceiro ínstar de *C. includens*, *Spodoptera albula*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* na soja Bt Intacta RR, apenas as lagartas de *S. cosmioides* causaram um nível de desfolha prejudicial (superior a 30%), revelando que essa tecnologia não controla eficientemente essa praga. Loureiro et al. (2020) também verificaram que a aplicação de *B. thuringiensis* via pulverização apresentou um controle superior a 80% sobre as lagartas, ao contrário do *Baculovirus* e *M. rileyi*.

O monitoramento da infestação de *S. cosmioides* é essencial para a manutenção da produtividade da soja. As lagartas dessa espécie consomem aproximadamente o dobro da área foliar em comparação com outras espécies de lepidópteros, especialmente na fase reprodutiva da planta, abrigando-se no interior da planta, o que dificulta a eficácia dos inseticidas aplicados (Moscardi et al., 2012). Para lagartas desfolhadoras, a amostragem é feita com o uso do pano-de-batida, onde as plantas são sacudidas sobre o pano para a contagem dos insetos. Este procedimento deve ser repetido em diferentes pontos da lavoura, considerando a média das amostras coletadas. A amostragem das vagens deve ser realizada com a contagem de, no mínimo, 100 vagens aleatórias por hectare (Panizzi, 2012; Corrêa-Ferreira, 2012; Embrapa, 2013; Bueno, 2013). O nível de ação para o controle químico durante a fase vegetativa é de 10 lagartas pequenas por metro ou 30% de desfolha, e na fase reprodutiva, 10 lagartas pequenas por metro ou 15% de desfolha, ou 10% das vagens atacadas (Panizzi, 2012).

O controle químico continua a ser o método predominante utilizado por produtores de diversos portes. No entanto, o uso excessivo desses produtos pode gerar efeitos indesejáveis,

como o desenvolvimento de resistência pelas pragas, desequilíbrio biológico e o aumento de populações de pragas secundárias (Papa, 2002). Inseticidas são compostos químicos ou biológicos que, aplicados diretamente ou indiretamente nos insetos, em doses adequadas, causam a morte desses organismos. O efeito tóxico dos inseticidas é determinado pela dose mínima necessária para eliminar os insetos, variando conforme o produto e a espécie (Gallo, 2002). A maioria dos inseticidas atua no sistema nervoso dos insetos, onde a ação é mais rápida e eficaz, embora a maioria apresente baixa seletividade (Alves e Serikawa, 2006).

4.4. Nematoides entomopatogênicos

O termo entomopatogênico refere-se à habilidade de causar patogenicidade ou levar à morte de insetos, sendo utilizado em biologia para descrever organismos que produzem toxinas e outras substâncias com ação inseticida. Dentre os entomopatógenos mais estudados, destacam-se os fungos, conhecidos por secretarem compostos ativos contra diversas ordens de insetos e até mesmo alguns aracnídeos (Ortiz-Urquiza et al., 2010; Campos et al., 2010; Toledo et al., 2010). Embora os fungos sejam mais estudados e aplicados como fontes naturais de inseticidas, NEP são os que melhor mostram a complexidade deste hábito de vida. Na natureza existem muitos modelos de relações mutualistas entre bactérias e organismos eucariotos. Os NEP possuem uma simbiose altamente específica: os gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema* são associados exclusivamente às bactérias dos gêneros *Photorhabdus* e *Xenorhabdus*, respectivamente (Poinar, 1990).

O sistema *Heterorhabditis-Photorhabdus* é bastante restritivo. Uma espécie de nematoide apresenta como simbiote sempre e somente uma única linhagem daquela espécie de bactéria. No caso do par *Steinernema-Xenorhabdus*, a especificidade é menor: diferentes espécies de nematoide podem apresentar a mesma espécie de bactéria simbiote (Forst & Clarke, 2002).

Ao longo do ciclo de vida dos NEP, as bactérias simbiotes desempenham um papel crucial, atuando na morte do inseto e possibilitando que o nematoide se alimente de seu cadáver, além de regular o microecossistema formado, prevenindo infecções por outros microrganismos. Essas bactérias entomopatogênicas possuem uma ampla variedade de genes relacionados à produção de toxinas e metabólitos secundários. Essas moléculas são consideradas fundamentais

tanto para o processo de patogenicidade contra o inseto quanto para o reconhecimento pelo nematoide e a manutenção da relação simbiótica (Clarke, 2008).

As diferenças entre os dois pares de simbiontes também podem ser notadas na maneira de colonização do hospedeiro nematoide pela bactéria: *Heterorhabditis* retém as bactérias na porção anterior do intestino (2/3 iniciais) enquanto *Steinernema* possui um divertículo intestinal especializado para abrigar as células de *Xenorhabdus*.

Os NEP apresentam forma larval de resistência durante seu ciclo de vida conhecida como juvenil infectante (JI), encontra-se livre no solo. O JI possui duas cutículas superpostas e seus orifícios naturais (cavidade oral e ânus) encontram-se fechados, de forma a conter a dessecação e garantir maior tempo de vida. Dentro de seu sistema digestivo, os JI carregam monocultura de bactérias que permanecem com crescimento e metabolismo controlado, até que encontre um inseto para infectar. Os JI infectam inseto adulto ou larva, penetrando nos orifícios como boca, ânus ou espiráculos ou ainda perfurando regiões mais vulneráveis do exoesqueleto.

Algumas espécies de NEP possuem um dente córneo na região anterior do corpo que facilita a penetração. Uma vez no hemoceloma (principal cavidade do corpo do inseto), os JI liberam as bactérias neles contidas, iniciando uma infecção. Essas bactérias rapidamente provocam a morte do inseto, normalmente entre 24 e 48 horas (Ciche e Ensign, 2003) no qual, iniciam o processo de bioconversão do cadáver, devido à alta proliferação das bactérias que secretam metabólitos secundários, toxinas e exoenzimas (Almenara et al., 2012).

O ciclo de vida destes pode ser dividido em três fases: a fase forética, na qual o nematoide transporta a bactéria até ao inseto hospedeiro; a fase patogénica, na qual a bactéria mata o inseto, e a fase saprofítica, na qual o nematoide se alimenta da bactéria e do cadáver do inseto bioconvertido por ela (Gaugler, 2018). Além disso, nematoides na ausência de suas bactérias simbiontes, majoritariamente são menos eficientes para provocar a morte do seu hospedeiro (Han e Ehlers, 2000).

Quando cultivadas em meio artificial, *Photorhabdus* e *Xenorhabdus* produzem e secretam diferentes proteases, lipases, quitinases e lecitinases, especialmente durante a fase pós-exponencial de sua curva de crescimento (Akhurst e Boemare, 1990; Thaler et al., 1998). O ciclo de vida de NEP do gênero *Steinernema* Nguyen e Smart (1992) pode ser descrito a partir da entrada do JI no inseto. Essa penetração ocorre através da boca ou dos espiráculos do organismo invadido. O JI chega até o hemoceloma, onde libera as bactérias e, então, retoma seu desenvolvimento, se alimentando ativamente das bactérias que estão se multiplicando no cadáver. Os juvenis crescem e mudam, dando origem aos adultos de primeira geração (machos ou fêmeas).

Os nematoides entomopatogênicos possuem grande potencial dentro do controle biológico de insetos pragas, principalmente no controle daquelas que possuem pelo menos um estágio de desenvolvimento no solo, possuem boa capacidade de locomoção em busca de hospedeiros, podem ser reproduzidos facilmente em laboratório, são resistentes a inseticidas e podem infectar uma variedade de hospedeiros não causando danos a vertebrados e plantas (Dolinski e Moino Jr, 2006).

O ciclo de vida dos NEP inicia-se com a penetração dos juvenis infectantes (JI) no inseto hospedeiro. Dentro do cadáver, pode haver uma ou mais gerações (Kaya; Gaugler, 1993). Ao chegarem à hemolinfa do inseto, eles liberam suas bactérias simbiotes do gênero *Photorhabdus*.

Na primeira geração dentro do hospedeiro, surgem apenas adultos hermafroditas, em vez de fêmeas e machos, que produzem os demais estádios (Poinar, 1990). O ciclo de vida desses organismos inclui as fases de ovo, juvenil e adulto (machos e fêmeas), sendo a fase juvenil composta por quatro estádios (J1, J2, J3 ou JI e J4) (Dolinski, 2006a).

O JI é o único instar adaptado a sobreviver fora do hospedeiro. Ele possui duas cutículas superpostas e seus orifícios naturais (boca e ânus) são fechados, o que evita a dessecação e confere maior tempo de sobrevivência no solo (Voss, 2009). No solo, o JI consegue encontrar o hospedeiro por meio de órgãos quimiotáteis chamados anfídeos, localizados na parte anterior do corpo. A penetração ocorre pelas aberturas corporais naturais do inseto (boca, espiráculos e poros anal e genital) ou, em alguns casos, pela cutícula, por meio de um dente quitinoso localizado em sua extremidade frontal (Kaya e Gaugler, 1993; Dolinski, 2006b).

A habilidade dos NEP de infectar diferentes ordens de insetos torna-se possível aplicação no controle biológico de pragas. No Brasil, uma das iniciativas de sucesso foi o emprego de juvenis infectantes no controle da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, uma praga do milho (Garcia et al., 2008). Reforça a importância dos NEP como uma via de controle da *S. cosmioides*, uma vez que foi empregado o controle dentro da família.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo, no município de Monte Carmelo, MG, localizado nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 18° 44' 5'' Sul, Longitude: 47° 29' 47'' Oeste e altitude média de 890 metros. Os insetos utilizados no experimento foram obtidos da criação de *S. cosmioides* mantida no laboratório.

5.1. Criação de *Spodoptera cosmioides*

5.1.1 Dieta artificial

A dieta artificial sólida, conforme descrita por Nalin et al. (1991), 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 1195 mL de água. Após o preparo, a dieta foi despejada em uma bandeja de alumínio e colocada em uma câmara de fluxo laminar, onde permaneceu até a solidificação (Figura 1). Após esse processo, a bandeja foi coberta com papel alumínio e preservada na geladeira até o momento de uso.



Figura 2- Dieta artificial para manutenção do ciclo larval até pupa da *S. cosmioides*.

Fonte: Autor (2025).

5.1.2 Criação

Para a criação das lagartas, foram conduzidas em potes de 100 mL, com um diâmetro superior de 7 cm, diâmetro inferior de 4,5 cm e altura de 5 cm com tampa adequada ao seu

tamanho. Cada pote continha aproximadamente 2 cm³ de dieta artificial e três lagartas (Figura 3). Para reservar umidade adequada, pequenos furos foram feitos na tampa, permitindo a circulação de ar dentro dos potes.

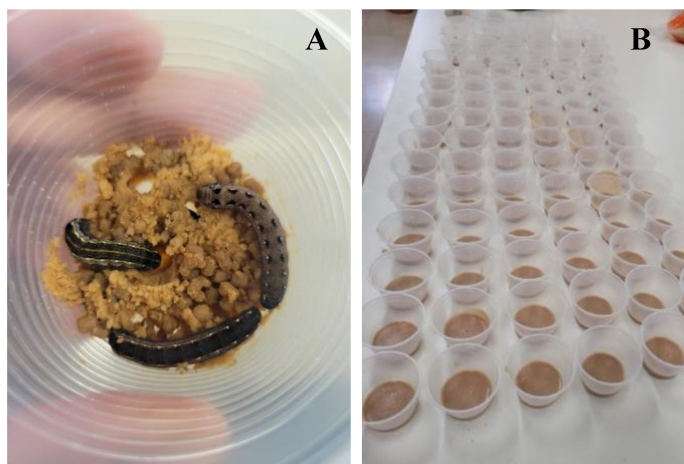


Figura 3 – Criação de *S. cosmioides* contendo dieta artificial.

Fonte: Autor (2024).

A dieta foi disponibilizada às lagartas durante toda a fase larval, desde o primeiro estágio até atingirem a fase de pupa. Após atingirem a fase de pupa, foram transferidas com o auxílio de uma pinça para placas de Petri forradas com papel filtro e, em seguida, para gaiolas feitas de tubo de PVC, com 20 cm de altura e 15 cm de diâmetro interno, a parede interna da gaiola foi revestida com papel sulfite para a oviposição dos adultos (Figura 4A).

Após a eclosão das primeiras mariposas, foi fornecida uma dieta líquida composta por 50 g de açúcar, 50 g de mel, 1 g de ácido ascórbico e 1 L de água.

Logo após a oviposição dos adultos no papel sulfite, foi recortado e colado na tampa do pote com dieta (Figura 4B).



Figura 4 – A. Interior da gaiola de pupas feita com cano PVC, no fundo depositadas pupas de *S. cosmioides* na placa de Petri forrada com papel filtro. B. Oviposição de *S. cosmioides* em potes com dieta artificial.

Fonte: Autor (2025).

Após a eclosão, as larvas se alimentaram e se desenvolveram, reiniciando o ciclo. Para a manipulação das larvas, foram utilizados pincéis de cerdas número 0.

O ciclo da lagarta dura em média de 49 a 58 dias e pode sofrer alterações diante a variação de fatores abióticos como temperatura, umidade e fotoperíodo (Figura 5)



Figura 5 – Ciclo médio de *Spodoptera cosmioides*.

Fonte: Blog aeagro adaptado.

5.1.3 Tratamentos

Na composição dos tratamentos foram testados 6 isolados de nematoides e uma testemunha contendo apenas água destilada, cada isolado representou um tratamento. Para cada tratamento foi composto por seis placas de Petri e cada placa continha 8 pupas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado

5.2. Multiplicação e manutenção dos nematoides entomopatogênicos

Os nematoides entomopatogênicos foram obtidos a partir no banco de entomopatógenos do Laboratório de Entomologia da UFU, posteriormente multiplicados em larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) para utilização nos experimentos.

Os juvenis infectantes 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.

5.3. Virulência

Para avaliação da virulência foram utilizadas seis isolados de nematoides entomopatogênicos dos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema*. Os nematoides foram testados em pupas de *S. cosmioides* em condições de laboratório, verificando-se a virulência por meio da mortalidade das pupas. A viabilidade inicial dos JI das suspensões de cada isolado foram confirmadas por meio da motilidade dos nematoides antes da aplicação.

O comportamento dos insetos, compreendido de forma ampla como a escolha do habitat, influencia diretamente sua suscetibilidade à infecção. Os nematoides infectivos têm menos oportunidades de alcançar larvas neonatas do que estágios mais avançados. Além disso, os ínstaes iniciais da mariposa plume tendem a se alimentar em folhas periféricas, mais secas, onde o microclima desfavorável reduz a eficácia (Kaya, 1984). Em ambientes secos, os insetos podem não entrar em contato com o nematoide, mesmo sob condições laboratoriais favoráveis à infecção.

O período necessário para que os nematoides causem a infecção é mais longo em pupas do que em larvas ou adultos. Em lepidópteros, as pré-pupas e os adultos apresentam maior suscetibilidade à infecção do que as pupas (Kaya e Hara, 1980; Kaya e Grieve, 1982).

Em placa de Petri de vidro (9 cm de diâmetro) foram dispostas duas folhas de papel filtro, oito pupas de *S. cosmioides* e aplicado 1,5 mL por placa de suspensão do nematoide na concentração de 80 JI lagarta⁻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 distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Foram realizadas seis repetições por tratamento. No controle foi aplicado água destilada. As placas foram fechadas com Parafilm® e mantidas em B.O.D. a 25 ± 2°C, 70% UR e 12 h de fotoperíodo. As avaliações de mortalidade foram realizadas após 96 h. As lagartas mortas foram mantidas em câmara seca em B.O.D. a 25 ± 2°C por dois dias para posterior dissecação, sendo então, observadas em microscópio estereoscópio para confirmação da mortalidade causada pelo nematoide.

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado. Os valores da mortalidade foram corrigidos utilizando a fórmula de Abbott (1925) (Equação 1), onde: Ma = Mortalidade corrigida em função do tratamento testemunha; Mt = Mortalidade observada no tratamento com o inseticida e Mc = mortalidade observada no tratamento testemunha.

$$\text{Equação 1: } Ma = \frac{(Mt - Mc)}{(100 - Mc)} \times 100$$

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).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Virulência

Em relação a mortalidade de pupas de *S. cosmioides* pelos nematoides entomopatogênicos testados, observou-se que não houve diferença significativa entre as espécies de nematoides pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 1).

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

Tratamento	Mortalidade (%)
<i>Steinernema brazilense</i>	37,50 ± 11,18 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. MC02	33,33 ± 6,46 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. MC03	33,33 ± 10,20 a
<i>Steinernema feltiae</i> IBCB47	29,17 ± 10,20 a
<i>H. amazonensis</i> MC01	27,08 ± 9,41 a
<i>Steinernema carpocapsae</i>	22,92 ± 5,10 a
Controle	6,25 ± 6,84 b
CV (%)	32,32

Médias seguidas com letras iguais não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. M ± DP (M).

Como não foi verificada diferença estatística entre os isolados que apresentaram mortalidade acima de 20% sugere-se que, em condições de laboratório, a suscetibilidade da praga à infecção por diferentes espécies de nematoides foi similar. Dos seis isolados avaliados, todos demonstraram mortalidade a *S. cosmioides*, sendo que três espécies isolados causaram mortalidade acima de 30%, sendo eles: *Steinernema brazilense*, 37,50%; *Heterorhabditis* sp. MC02, 33,33%; e *Heterorhabditis* sp. MC03, 33,33%.

O uso de NEPs tem se expandido significativamente nos últimos anos, sendo avaliados em diferentes culturas e novas pragas. Em estudo conduzido por Martins (2019), os NEPs foram testados no controle de larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Os

isolados *H. amazonensis* MC01, *H. amazonensis* Nepet 11 e *S. carpocapsae* destacaram-se como os mais eficientes, apresentando elevada mortalidade após três dias da aplicação.

Kaya e Hara (1981) demonstraram que pupas de lepidópteros são suscetíveis a *Steinernema feltiae*, relatando mortalidade entre 0–47% em sete espécies que empupam no solo quando expostas a 200 juvenis infectivos. Resultados semelhantes foram observados neste estudo, no qual pupas de *Spodoptera frugiperda* apresentaram mortalidade variando de 7–20% sob as mesmas condições experimentais. Esses achados indicam que, embora as pupas apresentem menor suscetibilidade em comparação aos estágios larvais, ainda podem ser afetadas pela ação dos nematoides. Além disso, verificou-se que a cepa mexicana de *S. feltiae* destacou-se por sua elevada virulência, o que representa uma vantagem para o uso em campo, pois reduziria a quantidade de inóculo necessária para atingir controle satisfatório. Outro ponto relevante é que esse nematoide provocou a mortalidade da maioria dos insetos em até dois dias após a infecção, característica desejável em programas de manejo integrado, uma vez que limita os danos causados às plantas hospedeiras.

Considerando que não houve diferença entre os nematoides, os isolados *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 foram selecionados para a realização de testes subsequentes. O primeiro destaca-se por se tratar de nematoide nativo local de realização dos experimentos, *H. amazonensis* MC01 e, por isso, teve prioridade sobre os exóticos. Nematoides nativos já estão adaptados às condições climáticas como também à entomofauna local, o que pode auxiliar na sobrevivência no ambiente (Dolinski e Moino Jr, 2006). *S. feltiae* IBCB47 foi selecionado por ser um nematoide com comportamento de busca pelo hospedeiro considerado intermediário, ou seja, é capaz de buscar pelo hospedeiro no ambiente, o que é um fator auxiliar no controle de pupas, já que estas permanecem no solo sem locomoção.

Os NEP podem ser classificados como “ambusher” ou “cruiser” (Lewis e Gaugler; Harrison, 1992; Lewis et al., 1993). As espécies “ambusher” têm baixa mobilidade no ambiente e expressam o comportamento de nictação, no qual suspendem o corpo, apoiando-o na ponta da cauda. Com a parte frontal do corpo livre, o nematoide espera o hospedeiro se aproximar e, ao detectá-lo, salta em sua direção (LEWIS et al., 2006). Há também indivíduos classificados como intermediários, que combinam as duas estratégias, alternando entre a busca ativa e a nictação, dependendo da proximidade do hospedeiro, como é o caso de *S. feltiae* IBCB47 (Grewal; Selvan; Gaugler, 1994).

As taxas de mortalidade observadas podem apresentar variações em função tanto das populações de nematoides utilizadas quanto da suscetibilidade da população do inseto hospedeiro. Raulston et al. (1992) relataram que pré-pupas e pupas de *S. frugiperda*

apresentaram 46% de mortalidade quando expostas a *Steinernema* sp., enquanto Molina-Ochoa et al. (1996) observaram índices de mortalidade em pupas de até 43%. Esses valores, no entanto, são inferiores aos registrados para larvas, fato que pode ser explicado pela maior dificuldade dos nematoides em penetrar na cutícula mais espessa e resistente das pupas.

A boa capacidade de busca e adaptação de *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 sugere que eles podem ter um bom desempenho em testes posteriores, quando comparados a outros isolados que talvez dependam de uma maior densidade de hospedeiros ou de condições ambientais mais específicas.

7. CONCLUSÃO

É possível concluir que há similaridade de mortalidade entre os isolados de nematoides no controle de *S. cosmioides*, diante deste cenário foram selecionados os isolados de *H. amazonensis* MC01 e *S. feltiae* IBCB47 para testes subsequentes. O isolado nativo *H. amazonensis* MC01 foi priorizado por sua adaptação local, enquanto o *S. feltiae* se destaca por seu comportamento intermediário. Ambos os nematoides demonstram potencial para controle de pupas de *S. cosmioides*.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925
- AGROFIT (MAPA). *Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários — Consulta aberta*. Brasília, 2025. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- AGUILLERA, M. M. Nematóides do bem. *Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, v. 25, p. 52-54, 2001.
- AKHURST, R. J.; BOEMARE, N. E. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*. In: GAUGLER, R.; KAYA, H. K. (Ed.). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 75-90.
- ALMENARA, Daniela Peres et al. Nematoides entomopatogênicos. In: SILVA NETO, M. A. C. da; WINTER, C.; TERMIGNONI, C. (Ed.). *Tópicos avançados em entomologia molecular*. Rio de Janeiro: INCT-EM, 2012. p. 1-40.
- ALVES, S. B.; SERIKAWA, R. H. Controle de qualidade de nematóides entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Ed.). *Controle microbiano de insetos*. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 569-603.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AGRONEGÓCIO. *Histórico da soja no Brasil*. São Paulo: ABAG, 2016.
- BABESCO, Carolina Egidio. Ação do nematoide entomopatogênico, *Steinernema rarum* e sua bactéria simbiote sobre formigas lava-pés (*Solenopsis* spp.). 2024. 85 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2024.
- BAVARESCO, Alvimar et al. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioidea* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 993-998, 2003.
- BERNARDI, O. et al. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioidea*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to the Cry1Ac toxin in genetically modified soybean. *Crop Protection*, v. 62, p. 100-107, 2014.
- BERTELS, A. *Entomologia agrícola sul-brasileira*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1953. 458 p.
- BONATO, A. L. V.; BONATO, E. R. *A soja no Brasil: história e estatística*. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 61 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 21).
- BRIDA, Andressa Lima de. Levantamento de nematoides entomopatogênicos em áreas agrícolas e influência da temperatura e do substrato na sobrevivência, multiplicação e armazenamento. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

BUENO, A. F. et al. Economic threshold and costs of control of the green belly stink bug, *Dichelops melacanthus*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1359-1365, 2013.

CAMPOS, R. A. et al. *Botrytis bassiana* and *Metarhizium anisopliae* compatibility with selective insecticides. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 737-741, 2010.

CARVALHO, M. A.; MENDES, S. M. *Speed Stat 2.3: software para análise estatística de experimentos*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017.

CARVALHO, R. A. et al. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *PLoS ONE*, v. 8, n. 4, p. e62268, 2013.

CICHE, T. A.; ENSIGN, J. C. For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out? *Applied and Environmental Microbiology*, v. 69, n. 4, p. 1890-1897, 2003.

CLARKE, D. J. *Photorhabdus*: a model for the analysis of pathogenicity and mutualism. *Cellular Microbiology*, v. 10, n. 11, p. 2159-2167, 2008.

CONAB. Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/imprensa/noticias/item/11833-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 25 out. 2024.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). *Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga*. Brasília: Embrapa, 2012. p. 631-672.

CTNBIO - COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Comunicado n. 6, de 18 de março de 2010. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 53, Seção 3, p. 48, 19 mar. 2010.

DEGRANDE, Paulo Edgar. *Guia prático de controle das pragas da soja*. Dourados: UFGD, 2012. p.72.

DENNO, R. F. et al. Life-history patterns promote persistence of specialist natural enemies. *BioScience*, v. 58, n. 4, p. 283-292, 2008.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-cialotrina. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 2, p. 311-316, 2001.

DOLINSKI, C.; MOINO JR, A. Utilização de nematóides entomopatogênicos nativos ou exóticos: o perigo das introduções. *Nematologia Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 139-149, 2006.

EMBRAPA. *Soja em números (safra 2023/24)*. Brasília: Embrapa Soja, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 27 out. 2024.

FERRAZ, L. C. C. B. Nematóides entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Org.). Controle microbiano de insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap. 16, p. 541-569.

FORST, S.; CLARKE, D. Bacteria-nematode symbiosis. In: GAUGLER, R. (Ed.). Entomopathogenic nematology. New York: CABI Publishing, 2002. p. 57-77.

FREITAS, Marcelo Mueller de. Resistência em soja a *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) mediada por compostos secundários expressos constitutivamente ou induzidos por herbivoria. 2020. 72 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

GALLO, D. et al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. p.920.

GARCIA, L. C. et al. Nematóides entomopatogênicos: perspectivas de uso no controle biológico de pragas no Brasil. Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 27-33, 2008.

GAUGLER, R. Entomopathogenic nematology. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 2018. p.388.

GAZZONI, D. L.; YORINORI, J. T. Manual de identificação de pragas e seus danos na cultura da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1995. p.56.

GREWAL, P. S.; SELVAN, S.; GAUGLER, R. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. Journal of Thermal Biology, v. 19, n. 4, p. 245-253, 1994.

GRIGOLLI, J. F. J. Manejo de percevejos sugadores na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2019. p.28.

HABIB, M. E. M. Efeito de diferentes dietas artificiais no desenvolvimento de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo, v. 27, n. 3/4, p. 239-244, 1983.

HAN, R.; EHLERS, R. U. Pathogenicity, development, and reproduction of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* under axenic in vivo conditions. Journal of Invertebrate Pathology, v. 75, n. 1, p. 55-58, 2000.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. 859 p.

HUANG, F.; HAN, Z. Mechanisms for multiple resistances in field populations of common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) in China. Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 87, n. 1, p. 14-22, 2007.

IPEA. Produção de soja no Brasil tem alta relevância na economia e geração de empregos. Brasília: IPEA, 2024. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=42709&Itemid=1. Acesso em: 27 out. 2024.

KAYA, H. K. Effect of the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae* on the tachinid parasite *Compsilura concinnata* (Tachinidae). *Journal of Nematology*, v. 16, p. 9-13, 1984.

Kaya, H. K., and A. H. Hara. 1981. Susceptibility of various species of lepidopterous pupae to the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae*. *Journal of Nematology* 13:291-294.

KAYA, H. K.; GRIEVE, B. J. The nematode *Neoaplectana carpocapsae* and the beet armyworm *Spodoptera exigua*: infectivity of prepupae and pupae in soil and of adults during emergence from soil. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 39, p. 192-197, 1982.

KAYA, H. K.; HARA, A. H. Differential susceptibility of lepidopterous pupae to infection by the nematode *Neoaplectana carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 36, p. 389-393, 1980.

KAYA, H. K.; STOCK, S. P. Techniques in insect nematology. In: LACEY, L. A. (Ed.). Manual of techniques in insect pathology. San Diego: Academic Press, 1997. cap. 6, p. 281-324.

LEWIS, E. E.; GAUGLER, R.; HARRISON, R. Entomopathogenic nematode host finding: response to host contact cues by cruise and ambush foragers. *Parasitology*, v. 105, n. 2, p. 309-315, 1992.

LIMA, Antonio Robis de. Bioprospecção do fungo *Nomuraea rileyi* sobre *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LOUREIRO, E. S. et al. Selection of isolates of entomopathogenic fungi for the control of *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 49, n. 5, p. 742-748, 2020.

MAGNABOSCO, Maria Eduarda Berlatto et al. Nematoides entomopatogênicos visando o controle de *Elasmopalpus lignosellus* na cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 17, n. 2, p. 285-295, 2018.

MARTINS, P.M. Controle de larvas de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) utilizando nematoides entomopatogênicos e variedades resistentes de tomateiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

MATOS, B. M. Resistência de *Spodoptera cosmioides* a toxinas Bt em algodoeiro. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

MIRANDA, J. E. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 40 p.

MOLINA-OCHOA, J.; HAMM, J. J.; GUTIERREZ, R. L.; BOJALIL-JABER, L. F.; VARGAS, M. A.; GONZÁLES, M. R. Virulence of six entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) on immature stages of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Vedalia Revista Internacional de Control Biológico*, Mexico, v. 3, n. 1, p. 25-29, 1996.

MOSCARDI, F. et al. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. p. 213-334.

NALIN, R. S. et al. Desenvolvimento de dieta artificial para criação massal de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Jaboticabal, v. 20, n. 2, p. 355-363, 1991.

ORTIZ-URQUIZA, A. et al. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. Insects, v. 6, n. 2, p. 213-239, 2010.

PADILHA, G. et al. Damage of *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) and co-occurring species to Bt cotton expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. Crop Protection, v. 97, p. 97-103, 2017.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. (Ed.). Insetos da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 108 p.

PAPA, G. Histórico e filosofia do manejo da resistência. In: OMOTO, C. (Ed.). Bases e técnicas do manejo da resistência de artrópodes a pesticidas. São Paulo: FEALQ, 2000. p. 15-22.

PARISI, C. et al. In the market for GM crop regulation. Nature Biotechnology, v. 34, n. 1, p. 19-21, 2016.

POINAR JR, G. O. Entomopathogenic nematodes in biological control. Boca Raton: CRC Press, 1990. p.277.

POTRICH, M. et al. Metodologia de criação, manutenção e multiplicação do inseto *Tenebrio molitor*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1176-1182, 2007.

QAIM, M. The economics of genetically modified crops. Annual Review of Resource Economics, v. 1, p. 665-694, 2009.

RAULSTON, J. R.; PAIR, S. D.; LOERA, J.; CABANILLAS, H. E. Prepupal and pupal parasitism of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Steinernema* sp. in cornfields in the Lower Rio Grande Valley. *Journal of Economic Entomology*, Annapolis, v. 85, n. 5, p. 1666-1670, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/85.5.1666>.

SÁENZ, A.; LÓPEZ, J. C. Ciclo de vida y patogenicidad del aislado nativo *Heterorhabditis* sp. SL0708 (Rhabditida: Heterorhabditidae). Revista Colombiana de Entomología, Bogotá, v. 37, n. 1, p. 43-47, 2011.

SALEEM, M. et al. Monitoring of insecticide resistance in *Spodoptera litura* from Punjab, Pakistan to conventional and new chemistry insecticides. Crop Protection, v. 79, p. 177-184, 2016.

SALVADORI, Juliana de Marco. Caracterização da patogenicidade de nematoides entomopatogênicos e de bactérias associadas para o controle biológico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). 2011. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

SANTOS, W. J. et al. Identificação das principais pragas do caupi no Estado do Ceará. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 15, n. 1, p. 63-70, 1980.

SILVA, A. G. et al. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 622 p.

SOARES, J. J. et al. Natural mortality factors of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in the Cerrado region of Brazil. Environmental Entomology, v. 40, n. 2, p. 331-340, 2011.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 90 p.

SU, J.; SUN, X. High level of metaflumizone resistance and multiple insecticide resistance in field populations of *Spodoptera exigua* in Guangdong Province of China. Crop Protection, v. 61, p. 58-63, 2014.

TEODORO, A. V. et al. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): pragas em potencial para a cultura da mamona no nordeste do Brasil. Entomologia Brasileira, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2013.

THALER, J. O. et al. Purification and characterization of lumicin, the *Photobacterium luminescens* anthraquinone antibiotic. Applied and Environmental Microbiology, v. 64, n. 10, p. 3939-3944, 1998.

TOLEDO, A. V. et al. The "omics" revolution and our understanding of spore formation in entomopathogenic fungi. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, n. 3, p. 903-913, 2013.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. World agricultural production. Washington: USDA, 2021. 36 p.

VIDAL, Maria Larissa Bitencourt et al. Nematoides entomopatogênicos: agentes promissores no controle biológico de parasitos. In: SILVA, L. P. (Org.). Tópicos especiais em ciência animal VII. Belo Horizonte: Poisson, 2018. v. 7, p. 188-198.

WHITE, G. F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. Science, v. 66, n. 1709, p. 302-303, 1927.

ZENKER, M. M. et al. Characterization of *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) from Brazil. Neotropical Entomology, Londrina, v. 36, n. 5, p. 653-670, 2007.