

2026

# Parâmetros biológicos de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) e potencial de nematoides entomopatogênicos para manejo na soja

Tominaga, Bruna Kanno

Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

TOMINAGA, Bruna Kanno. Parâmetros biológicos de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) e potencial de nematoides entomopatogênicos para manejo na soja. Orientadora: Viviane Sandra Alves. 2026. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2026.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/897>

*Baixado de Repositório Institucional UENP*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ  
CAMPUS LUIZ MENEGHEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA (PPAGRO)**

BRUNA KANNO TOMINAGA

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera  
cosmioides* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E POTENCIAL DE NEMATOIDES  
ENTOMOPATOGÊNICOS PARA MANEJO NA SOJA**

BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2026

BRUNA KANNO TOMINAGA

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera*  
*cosmioides* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E POTENCIAL DE NEMATOIDES  
ENTOMOPATOGÊNICOS PARA MANEJO NA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia  
(PPAGRO), da Universidade Estadual do  
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientadora: Profa. Dra. Viviane Sandra  
Alves

BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2026

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca do Campus "Luiz Meneghel", vinculada ao Sistema de Bibliotecas Universitárias da Universidade Estadual do Norte do Paraná (SBU-UENP)

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

T657p Tominaga, Bruna Kanno.  
Parâmetros biológicos de *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) e potencial de nematoides entomopatogênicos para manejo na soja. – 2026.  
41 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Viviane Sandra Alves.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2026.  
Inclui bibliografia.

1. Nematóide entomopatogênico - Dissertação. 2. Controle biológico - Dissertação. 3. Consumo foliar - Dissertação. 4. Dieta artificial - Dissertação. 5. Manejo integrado de pragas - Dissertação. 6. *Galleria mellonella* - Dissertação. I. Alves, Viviane Sandra. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Campus Luiz Meneghel. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDD: 632 (22.ed)

Bibliotecário Elísio Custódio Brentan Junior (CRB-9/1955)

BRUNA KANNO TOMINAGA

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera*  
*cosmioides* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E POTENCIAL DE NEMATOIDES  
ENTOMOPATOGÊNICOS NO SEU MANEJO NA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Agronomia (PPAGRO), da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovada em: 06/03/2026

COMISSÃO EXAMINADORA

Viviane Sandra Alves

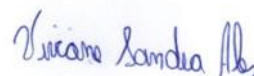
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Marco Aurélio Tramontin da Silva

Universidade Federal Fronteira Sul - Chapecó

Diego Resende Rodrigues

Universidade Estadual do Norte do Paraná



Profa. Dra. Viviane Sandra Alves  
Orientadora  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
*Campus* Luiz Meneghel

Dedico este trabalho à minha avó Mitsuko e às minhas tias Miyoko e Lílian, pelo amor e apoio incondicional que sempre me ofereceram; ao meu tio Paulo (*in memoriam*), que me ensinou o verdadeiro significado de saudade e ternura; e aos meus cães Jiraya, Luna (*in memoriam*) e Narizinho, por terem sido minha fonte de alegria e companhia ao longo desses últimos anos.

## **Agradecimentos**

À Universidade Estadual do Norte do Paraná pela oportunidade de realização deste mestrado e por toda a estrutura oferecida ao longo da minha formação.

À minha orientadora, Professora Dra. Viviane Sandra Alves, pelos ensinamentos compartilhados, pela dedicação, disponibilidade e paciência em todos os momentos em que precisei.

Ao LabINP – Laboratório de Ensaio com Inimigos Naturais de Pragas, local onde os experimentos foram conduzidos, pelo suporte técnico e científico indispensável à execução deste trabalho.

Às colegas do LabINP, Paula, Nathalia, Isabely, Beatriz e Stéphaney, pelas risadas diárias, pelo auxílio nas atividades laboratoriais, pelas conversas e, principalmente, pela amizade construída ao longo desse tempo.

À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo constante aos estudos e por acreditarem em mim em todos os momentos.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Diego Pardal por ter dado todo auxílio nas análises estatísticas.

Ao professor Rone pelo empréstimo do equipamento para medição foliar.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

“No entanto, mesmo em meio ao ódio e à carnificina, a vida ainda vale a pena ser vivida. É possível que encontros maravilhosos e coisas belas existam.” – Hayao Miyazaki

TOMINAGA, Bruna Kanno. **Parâmetros biológicos de *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) e potencial de nematoides entomopatogênicos no seu manejo na soja**. 2026. Dissertação de Mestrado em Aronomia (PPAGRO) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2026.

**RESUMO** - *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga de grande importância econômica que afeta diversos cultivos, tornando essencial a adoção de medidas de controle ao ser detectada nas lavouras. O conhecimento do ciclo de vida, a otimização de colônias e a identificação de inimigos naturais eficientes são fundamentais para o desenvolvimento de programas de manejo. Assim, objetivou-se desenvolver estudos sobre a biologia de *S. cosmioides* em diferentes dietas e aperfeiçoar avaliações do uso de nematoides entomopatogênicos (NEP) no seu manejo em condições de laboratório e em casa-de-vegetação. Foram realizados ensaios para avaliar a biologia de *S. cosmioides* alimentada com dieta artificial e com folhas de soja. Também foi avaliada a sobrevivência de *S. cosmioides* após a inoculação de NEP em pupas, o consumo foliar de lagartas de *S. cosmioides* ao longo do tempo após inoculação de NEP e a sobrevivência do NEP inoculado em parte aérea de plantas de soja em casa-de-vegetação. Houve diferença na duração do ciclo de vida de *S. cosmioides* alimentada com diferentes dietas, tanto nos instares iniciais, quanto na fase de pupa e adulto. Observou-se também que a dieta artificial propiciou um ciclo mais curto e maior fecundidade das fêmeas. Nos ensaios com nematoides, observou-se que a inoculação de NEP reduziu o consumo foliar de *S. cosmioides* em mais de 65% depois de 24 horas da inoculação. Após a aplicação em parte aérea de soja em casa-de-vegetação ambos os isolados apresentaram 100% de infectividade, causando mortalidade em *Galleria mellonella*. No entanto, houve rápida redução da eficácia ao longo do tempo, com queda na mortalidade a partir de 12 horas e ausência de efeito a partir de 36 horas, indicando perda de viabilidade dos juvenis infectantes. No solo, entretanto, a sobrevivência foi maior, com infectividade média de 54,7% e estabilidade do isolado UEL08 ao longo de 72 horas. A eficiência sobre pupas foi baixa (0 a 4%), sem diferenças entre tratamentos. Conclui-se assim, que a dieta de Greene é uma alternativa viável para a manutenção de colônias de *S. cosmioides*, e que os NEPs possuem potencial para uso no seu controle, pois foram capazes de reduzir drasticamente o consumo foliar de lagartas infectadas. Por outro lado, a aplicação foliar sem o uso de adjuvantes não é viável, pois em curto período de tempo, houve perda significativa da viabilidade e infectividade dos JIs, sugerindo a necessidade de novos estudos para o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência dos JIs por maiores períodos.

**Palavras-chave:** Controle biológico. Fitossanidade. Lagarta preta da soja. Pragas de soja.

TOMINAGA, Bruna Kanno. **Biological parameters of *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) and the potential of entomopathogenic nematodes for its management.** 2026. Master's Thesis in the Graduate Program Agronomy (PPAGRO) – State University of Northern Paraná, Bandeirantes, 2026.

**ABSTRACT** - *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) is a pest of great economic importance that affects several crops, making the adoption of control measures essential once it is detected in the field. Knowledge of its life cycle, colony optimization, and the identification of efficient natural enemies are fundamental steps for the development of management programs. Thus, this study aimed to investigate the biology of *S. cosmioides* under different diets and to improve evaluations of the use of entomopathogenic nematodes (EPNs) in its management under laboratory and greenhouse conditions. Experiments were conducted to evaluate the biology of *S. cosmioides* fed on an artificial diet and soybean leaves. In addition, the survival of *S. cosmioides* after EPN inoculation in pupae, the foliar consumption of larvae over time after EPN inoculation, and the survival of EPNs applied to the aerial parts of soybean plants under greenhouse conditions were assessed. Differences in the life cycle duration of *S. cosmioides* were observed depending on the diet, both in early instars and in the pupal and adult stages. The artificial diet resulted in a shorter life cycle and higher female fecundity. In the nematode assays, EPN inoculation reduced foliar consumption of *S. cosmioides* by more than 65% after 24 hours. After foliar application on soybean plants in greenhouse conditions, both isolates showed 100% infectivity, causing mortality in *Galleria mellonella*. However, there was a rapid decline in efficacy over time, with reduced mortality after 12 hours and no effect after 36 hours, indicating loss of viability of infective juveniles (IJs). In the soil, however, survival was higher, with an average infectivity of 54.7% and stability of the UEL08 isolate over 72 hours. The effectiveness against pupae was low (0–4%), with no differences among treatments. It is concluded that the Greene diet is a viable alternative for maintaining *S. cosmioides* colonies, and that EPNs have potential for use in its control, as they significantly reduced foliar consumption of infected larvae. On the other hand, foliar application without adjuvants is not viable, since a rapid loss of IJ viability and infectivity was observed, indicating the need for further studies to develop strategies to enhance IJ survival over longer periods.

**Keywords:** Biological control. Black armyworm. Plant health. Soybean pests.

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 01 - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>1</b>
1.1 A CULTURA DA SOJA .....	1
1.2 PRINCIPAIS PRAGAS DA SOJA.....	1
1.3 CONTROLE BIOLÓGICO E MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP-SOJA) 2	
1.3.1 <i>Spodoptera cosmioides</i> .....	3
1.3.2 Controle de <i>Spodoptera cosmioides</i> .....	5
1.4 NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS.....	6
1.4.1 Nematoides entomopatogênicos no manejo de <i>Spodoptera cosmioides</i> .....	7
1.5 Referências Bibliográficas .....	10
<b>CAPÍTULO 02 – ARTIGO</b> .....	<b>15</b>
Introdução .....	17
2.2 Material e Métodos .....	18
2.2.1 Caracterização do experimento .....	18
2.2.2 Obtenção dos Insetos .....	19
2.2.3 Ensaio de Laboratório.....	19
2.2.4 Obtenção dos nematoides.....	20
2.2.5 Ensaio em casa-de-vegetação .....	21
2.3 Resultados e discussão.....	23
2.3.1 Biologia de <i>Spodoptera cosmioides</i> usando diferentes fontes de alimentação .	23
2.3.2 Consumo foliar de lagartas de <i>Spodoptera cosmioides</i> infectadas com nematoides entomopatogênicos .....	28
2.3.3 Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em parte aérea de plantas de soja .....	31
2.3.4 Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em solo.....	33
2.3.5 Eficiência de NEP sobre pupas de <i>Spodoptera cosmioides</i> em casa-de-vegetação .....	35
Conclusões .....	38
Agradecimentos .....	38
Referências.....	38

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 2.1** - Área foliar média de folhas de soja consumidas por *Spodoptera cosmioides* após inoculação com *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08), *Steinernema carpocapsae* (IBCB02) até 72 horas após o tratamento. .... **Erro! Indicador não definido.**

**Figura 2.2** - Lagartas de *Spodoptera cosmioides* infectadas por: a) *Steinernema carpocapsae* (isolado IBCBn02), b) lagarta saudável e c) *Heterorhabditis amazonensis* (isolados UEL08)..... 30

**Figura 2.3** - Lagartas de *Galleria mellonella* infectadas por a) *Heterorhabditis amazonensis* (isolado UEL08) e b) *Steinernema carpocapsae* (isolado IBCBn02). c) Detalhe de lagarta infectada com *S. carpocapsae* e emergência dos nematoides a partir do cadáver ..... **Erro! Indicador não definido.**

**Figura 2.4** - Porcentagem de mortalidade de lagartas de *Galleria mellonella* causada por juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis* (UEL 08) e *Steinernema carpocapsae* (IBCBn-02) aplicados sobre folhas de soja e avaliados ao longo do tempo após a pulverização ..... **Erro! Indicador não definido.**

**Figura 2.5** - Viabilidade de juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08) e *Steinernema carpocapsae* (IBCB02) inoculados no solo e recuperados a partir da exposição de *Tenebrio molitor* ao longo de 72 horas. **Erro! Indicador não definido.**

**Figura 2.6** - Dissecção de pupa de *Spodoptera cosmioides* para confirmação de morte causada por *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08)..... 37

**Figura 2.7** - Dissecção de pupa de *Spodoptera cosmioides* para confirmação de morte causada por *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08)..... 37

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 2.1** - Médias de duração (dias) da fase larval e pupal de *Spodoptera cosmioides*, alimentada com dieta artificial e folhas de soja não transgênica (variedade BRS559RR) em condições de laboratório (Temperatura 25 °C, fotofase de 14 horas). .... 27

**Tabela 2.2** - Médias de duração (dias) da fase de pupa e adulta, razão sexual e fecundidade de *Spodoptera cosmioides*, alimentada com dieta artificial e folhas de soja não transgênica (variedade BRS559RR) em condições de laboratório (Temperatura 25 °C, foto fase de 14 h)..... 27

## CAPÍTULO 01 - REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais commodities agrícolas do mundo, destacando-se pelo elevado teor proteico e pela versatilidade de uso na alimentação humana, animal e na indústria. No Brasil, sua relevância ultrapassa o setor econômico, configurando-se também como fator estratégico na segurança alimentar e energética nacional. Segundo a CONAB (2025), a produção de soja na safra 2024/25 atingiu cerca de 345,2 milhões de toneladas, consolidando o país como maior produtor e exportador mundial.

Nos últimos anos, a busca por práticas mais sustentáveis, aliadas à agricultura de precisão e ao manejo biológico, tem redefinido o conceito de produtividade. Basso *et al.* (2021) ressaltam que o equilíbrio entre rendimento e conservação ambiental é o novo paradigma da sojicultura moderna, com ênfase na redução do uso de agrotóxicos e na promoção da biodiversidade funcional do solo.

### 1.2 PRINCIPAIS PRAGAS DA SOJA

As pragas da soja representam um dos principais entraves à produtividade, sendo responsáveis por perdas expressivas na cultura. A ocorrência de percevejos, tripses (insetos da ordem dos tisanópteros), cigarrinhas e ácaros podem comprometer tanto a produção de grãos quanto a qualidade da semente. O aumento das temperaturas médias e a redução da diversidade de inimigos naturais têm favorecido a multiplicação de espécies polífagas, de maneira que o desafio atual é conciliar produtividade com sustentabilidade no manejo fitossanitário da cultura (Bueno *et al.*, 2022).

Dentre os lepidópteros desfolhadores, as espécies *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) têm importância crescente em função das mudanças climáticas e da intensificação dos sistemas de cultivo, mas a espécie *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), vem se destacando, por ser uma espécie

polífaga amplamente distribuída no continente americano e com elevado potencial de dano.

A biologia e comportamento de *S. cosmioides* conferem elevada capacidade de adaptação e resistência a inseticidas, o que torna o seu controle particularmente difícil. De acordo com Sosa-Gómez *et al.* (2023), *S. cosmioides* apresenta hábito predominantemente noturno, com maior atividade alimentar nas primeiras horas da noite, alimentando-se de vagens e grãos e de folhas, podendo provocar intensa desfolha e prejuízos significativos à produtividade da soja.

Estudos recentes indicam que a adoção intensiva de cultivares Bt (variedades vegetais geneticamente modificadas para expressar proteínas inseticidas derivadas da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis*). Essas proteínas (toxinas Cry e Vip) são tóxicas para determinados grupos de insetos, especialmente da ordem Lepidoptera, atuando no intestino das lagartas após a ingestão do tecido vegetal (Bernardi *et al.* (2014) contribuiu para a seleção de populações resistentes. Bernardi *et al.* (2014) e Machado *et al.* (2020) observaram falhas de controle em *S. cosmioides* e *S. frugiperda* em regiões produtoras de Mato Grosso e Paraná, ressaltando a importância de estratégias integradas de manejo.

Silva *et al.* (2011) diz que a expansão das áreas de segunda safra, especialmente milho e algodão, associada ao sistema de sucessão soja–milho–algodão, cria uma “ponte verde” que favorece a manutenção contínua de populações do complexo *Spodoptera* ao longo do ciclo agrícola. A polifagia e a capacidade de *S. cosmioides* desenvolver-se em diferentes hospedeiros, incluindo soja, algodão, milho e feijão, ampliam seu potencial de migração entre cultivos e de permanência em sistemas altamente intensificados

### **1.3 CONTROLE BIOLÓGICO E MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP-SOJA)**

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) baseia-se na integração de múltiplas táticas de controle, buscando reduzir o uso de inseticidas e manter as populações de pragas abaixo do nível de dano econômico. O controle biológico, dentro desse contexto, tem se destacado como uma ferramenta essencial e ambientalmente segura.

De acordo com Van Lenteren *et al.* (2018), o uso de agentes biológicos como parasitoides, predadores, fungos, bactérias e nematoides entomopatogênicos tem crescido em todo o mundo, impulsionado pela busca por

práticas agrícolas sustentáveis e pela pressão regulatória contra defensivos químicos.

No Brasil, o MIP-Soja tem avançado de forma significativa, com forte apoio da Embrapa Soja e adoção crescente por produtores. Bueno *et al.* (2020) relataram aumento no uso de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Bacillus thuringiensis* e *Beauveria bassiana* em sistemas comerciais. Esses agentes, quando aplicados de forma racional, permitem o controle eficiente de lagartas e percevejos, preservando inimigos naturais e reduzindo custos.

Lacey *et al.* (2012) destacam que o sucesso do controle biológico depende de fatores ecológicos e de manejo, como o microclima, o horário de aplicação e a compatibilidade com outros insumos. Nos últimos anos, a integração de tecnologias digitais (sensoriamento remoto e armadilhas inteligentes) tem permitido decisões mais precisas no momento da intervenção.

### **1.3.1 *Spodoptera cosmioides***

Na cultura da soja, as lagartas do complexo *Spodoptera* mais prevalentes são *S. cosmioides* e *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera, Noctuidae), tornando-se particularmente problemáticas a partir do início da fase reprodutiva da planta, quando, além de consumirem as folhas, elas também atacam as vagens (Nicolau, Souza, Gomez, 2022).

A relevância da espécie *S. cosmioides* é notável devido ao seu alto grau de polifagia, ou seja, sua capacidade de alimentar-se de uma ampla variedade de plantas. Causam danos a várias culturas economicamente importantes, incluindo amendoim, alfafa, algodão, arroz, aspargo, aveia, batata, berinjela, beterraba, cafeeiro, cebola, couve-nabo, ervilha, feijão, gerânio, girassol, eucalipto, fumo, fumo-cheiroso, linho, macieira, milho, pimentão, soja, sorgo, tomate e trigo (Bertels; Baucke, 1966; Santos *et al.*, 1980; Habib *et al.*, 1982; Bavaresco *et al.*, 2001, 2002, 2003, 2004; Pastrana, 2004). Em qualquer das culturas citadas, elas provocam a desfolha, perfuram botões florais e frutos, danificam as vagens e os grãos, resultando em uma diminuição da produtividade, evidenciando o impacto significativo desta praga nas práticas agrícolas.

Pertencentes à família Noctuidae, essas lagartas podem alcançar até 50 mm de comprimento e se movem lentamente. Embora outras lagartas do gênero *Spodoptera* também possam afetar a soja, *S. cosmioides* e *S. eridania* são geralmente mais significativas em termos de impacto. A diferenciação entre as espécies de *Spodoptera* é complicada devido à similaridade nos padrões de coloração e à alta variabilidade dentro de cada espécie, o que torna a taxonomia do gênero bastante confusa, com muitos sinônimos para cada espécie existente (EMBRAPA, 2021).

Quanto às características físicas, as lagartas de *S. cosmioides* são de cor marrom a preta, com pontuações douradas distribuídas ao longo de duas linhas longitudinais alaranjadas. Os adultos possuem envergadura de cerca de 40 mm e as asas anteriores são pardas com numerosos riscos e desenhos interseccionados (Araújo, 2009). As fêmeas apresentam asas anteriores de coloração parda com desenhos brancos e asas posteriores brancas, e nos machos, as asas anteriores são amareladas com desenhos escuros, o que permite a diferenciação sexual da espécie (Santos *et al.*, 2023).

Os ovos de *S. cosmioides* são depositados na parte inferior das folhas, próximos à nervura principal, têm coloração amarela e são cobertos por escamas protetoras depositadas pela fêmea (Santos *et al.*, 2023). As lagartas recém-eclodidas de *S. cosmioides* possuem cor marrom-claro e cabeça preta. Nos estágios iniciais de crescimento, exibem coloração pardo-negro-acinzentada com três listras longitudinais alaranjadas, uma dorsal e duas laterais, além de pontos brancos acima dos quais se localizam triângulos pretos apontando para o dorso do inseto.

As lagartas no último instar larval alcançam 40-48 mm de comprimento, têm cor parda com uma faixa mais escura entre o terceiro par de pernas torácicas e o primeiro par de falsas-pernas abdominais, além de duas listras na extremidade final do abdome (Santos *et al.*, 2023).

As pupas de *S. cosmioides* se assemelham ao padrão comum dos noctuídeos, localizando-se no solo dentro de um envoltório pouco elaborado. Possuem superfície lisa e lustrosa, cor castanha, cremaster pequeno, comprimento entre 15 e 30 mm e largura de 4 a 5 mm (Angulo; Weigert, 1975).

*Spodoptera cosmioides* apresenta metamorfose completa (holometábola), com ciclo composto pelas fases de ovo, larva, pupa e adultos. Em condições

ambientais favoráveis, com temperaturas entre 25 e 28 °C, o ciclo biológico de *Spodoptera cosmioides* pode ser concluído em aproximadamente 30 a 40 dias, variando conforme o hospedeiro e as condições ambientais. As fêmeas realizam posturas agrupadas, contendo em média de 150 a 300 ovos, geralmente recobertos por escamas do abdômen, característica típica do gênero *Spodoptera*. O período embrionário é relativamente curto, durando cerca de três a cinco dias (Bavaresco *et al.*, 2003; Specht; Sosa-Gómez; Moraes, 2015).

A fase larval corresponde ao estágio de maior impacto econômico, sendo caracterizada por intenso consumo foliar e elevada capacidade de adaptação alimentar. Normalmente composta por seis ínstaes, essa fase pode se estender entre 15 e 25 dias, dependendo das condições térmicas e da qualidade nutricional do hospedeiro (Montezano *et al.*, 2018).

A pupação ocorre no solo, onde as pupas permanecem por aproximadamente sete a doze dias até a emergência dos adultos (Zenker; Specht; Corseuil, 2007). Os adultos apresentam hábito noturno, longevidade variando entre 10 e 20 dias e alta capacidade reprodutiva, fatores que favorecem ciclos sucessivos de infestação ao longo da safra (Specht *et al.*, 2015; Montezano *et al.*, 2018). A combinação de elevado potencial reprodutivo, amplo espectro de plantas hospedeiras e rápida taxa de desenvolvimento contribui significativamente para o sucesso ecológico e o elevado potencial de dano dessa espécie em diferentes regiões agrícolas.

### **1.3.2 Controle de *Spodoptera cosmioides***

O controle biológico natural de lagartas do gênero *Spodoptera* é feito principalmente através da ação de predadores, parasitoides, fungos e vírus entomopatogênicos. Observações realizadas nas regiões de Carira, Sergipe, e Paripiranga, Bahia, indicam que o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) se alimenta de lagartas desse gênero (Zaché *et al.*, 2012; Silvie *et al.*, 2013).

No mesmo trabalho, os autores observaram que os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok., e *Nomuraea* sp. foram identificados infectando naturalmente

essas lagartas, e que a prevalência de infecções fúngicas foi facilitada pela alta umidade relativa do ar devido a ocorrência de chuvas no ano em que o trabalho foi desenvolvido. Adicionalmente, observaram-se também lagartas afetadas por vírus entomopatogênicos (Baculovirus), que contribuiu para o controle natural de *S. cosmioides* (Zaché *et al.*, 2012; Silvie *et al.*, 2013).

Entre os parasitoides, há relato de ocorrência de *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae), que são parasitoides de ovos, juntamente com *Campoletis sonorensis* (Cameron, 1886) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Chelonus* sp. (Hymenoptera: Braconidae), que atuam como parasitoides larvais, e *Trichospilus diatraeae* Cherian; Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), um parasitoide pupal (Zaché *et al.*, 2012; Silvie *et al.*, 2013).

Com base nas informações acima, vale destacar que a adoção de medidas conservativas para a preservação de inimigos naturais nas áreas de cultivo é fundamental. Assim, o uso de produtos fitossanitários seletivos, que possuem menor impacto sobre os agentes de controle biológico, a manutenção de áreas preservação próximas a culturas, a rotação de culturas entre outras, podem contribuir significativamente para o controle natural de pragas e, portanto, devem ser implementadas sempre que possível (Garcia; Knaak; Fiuza, 2016).

Entre os inseticidas que são considerados mais seletivos aos inimigos naturais estão os inseticidas biológicos (baseados em vírus e bactérias), os inseticidas pertencentes ao grupo dos reguladores de crescimento, frequentemente denominados "fisiológicos", além das diamidas e espinosinas. Estes produtos são preferenciais por preservarem a integridade biológica dos agentes naturais de controle de pragas enquanto combatem eficazmente as pragas (Teodoro *et al.*, 2013).

#### **1.4 NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS**

No que se refere a associação de nematoides a insetos, desde o século XVII podem ser encontrados relatos da presença desses vermes no interior de insetos. Em 1602, o italiano Ulisses Aldrovando descreveu a presença de grandes vermes dentro de cadáveres de gafanhotos, possivelmente referindo-se a nematoides da Família Mermithidae. Atualmente, sabemos que espécies de

nematoides associadas a insetos encontram-se distribuídas em diferentes famílias, e duas delas com maior importância no que diz respeito à exploração econômica para controle: Steinernematidae e Heterorhabditidae (Popiel; Hominick, 1992).

De acordo com Grewal, Lewis e Shapiro-Ilan (2005), os Nematoides Entomopatogênicos (NEP) são caracterizados pela sua relação simbiótica com bactérias, as quais são liberadas na hemolinfa do inseto ao penetrar por seus orifícios naturais, como a boca, o ânus e os espiráculos. Essas bactérias se multiplicam, excretam toxinas e, em até 72 horas, causam a morte do inseto por septicemia. As bactérias associadas aos NEP pertencem à família Enterobacteriaceae, aos gêneros *Xenorhabdus* e *Photorhabdus*, que se associam aos NEP dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*, respectivamente.

Embora associadas a diferentes gêneros de nematoides, essas bactérias apresentam comportamento semelhante no ciclo de vida dos nematoides (Grewal, 2002), onde desempenham um papel importante: matam os insetos e permitem que os nematoides se alimentem das carcaças, além de controlar o microecossistema estabelecido e prevenir a infecção por outros microrganismos por meio da produção de toxinas e metabólitos secundários cuja produção é controlada por uma ampla gama de genes envolvidos (Clarke, 2008).

No decorrer de seu ciclo de vida, os NEP passam pelas fases de ovo, quatro fases larvais (juvenis) e a fase adulta, todas ocorrendo dentro do inseto hospedeiro. Apenas a terceira fase juvenil (J3), também chamada de Juvenis Infectantes (JI), são capazes de sobreviver fora do corpo do hospedeiro, e são encontrados no solo, onde buscam ativamente por hospedeiros (Voss *et al.*, 2009).

#### **1.4.1 Nematoides entomopatogênicos no manejo de *Spodoptera cosmioides***

O estudo do uso de nematoides entomopatogênicos no controle de *S. cosmioides* pode contribuir significativamente para a solução de problemas associados ao manejo dessa praga em lavouras de soja, e mostrar como a aplicação de nematoides pode efetivamente reduzir as populações de *S. cosmioides*, limitando seus danos nas culturas e melhorando a produtividade. Além disso, o estudo pode elucidar quais espécies de nematoides são mais eficazes contra *S. cosmioides* e sob quais condições, ajudando a refinar métodos de

aplicação e a integrá-los a outras práticas de manejo de pragas. (Grewal, Nardo, Aguilera (2001).

O uso de nematoides entomopatogênicos no controle de pragas agrícolas não é um conceito novo, no entanto, sua aplicação específica para o controle de *S. cosmioides* na soja é menos explorada e representa uma área promissora de pesquisa. No entanto, o desenvolvimento de práticas específicas para o controle de *S. cosmioides* ainda está em estágios iniciais, e embora estudos recentes tenham começado a explorar diferentes usos de nematoides e suas taxas de sucesso (Cecconello, 2025), ainda há uma necessidade contínua de pesquisa que examine a eficácia desses agentes sob diferentes condições climáticas e agronômicas, além de sua interação com outras práticas de manejo de pragas na cultura de soja.

Muitos insetos apresentam resistência natural ou comportamental que pode impedir o sucesso dos controles por NEP. Para combater efetivamente essas pragas, é crucial desenvolver estratégias de controle biológico que determinem quais insetos podem ser eficientemente visados e qual a combinação ideal de métodos de controle. Pesquisas prévias realizadas em ambientes laboratoriais e estufas são fundamentais para avaliar a infectividade de certas espécies de insetos frente a linhagens específicas de nematoides (Andaló *et al.*, 2010; LI *et al.*, 2009).

No contexto dessas investigações, Andaló *et al.* (2010) avaliaram a eficácia de controle de 17 isolados de NEP sobre a espécie *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1977) (Lepidoptera: Noctuidae), das quais destacaram-se duas espécies: *Steinernema arenarium* (Nematoda: Rhabditida) e *Heterorhabditis amazonensis*. Essas espécies demonstraram elevadas taxas de mortalidade da praga, alcançando valores de 85% e 90% de mortalidade em laboratório e 77,2% e 87,5% em casa-de-vegetação, respectivamente, na concentração de 200 JI/larva. Além disso, foi observado que isolados de *H. amazonensis* foram capazes de se deslocar até 60 cm no solo em busca de *S. frugiperda* (Andaló *et al.*, 2012).

As pupas de *Spodoptera* sp. também estão sujeitas aos efeitos dos NEP. Em um estudo conduzido por Acharya *et al.* (2020), um bioensaio em laboratório foi realizado para testar a eficácia de sete isolados de NEP no controle de *S. frugiperda*. Nesse experimento, seis estágios larvais foram tratados com uma dosagem de 25 JI/cm<sup>2</sup>, enquanto as pupas receberam uma dosagem de 600 JI/5 mL. Os resultados mostraram uma taxa de mortalidade de 100% nos estágios

larvais após 72 horas. Além disso, observou-se que até 77% das pupas tratadas com os isolados de *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditida), *Heterorhabditis indica* e *Steinernema longicaudum* não apresentaram emergência de adultos.

Em pesquisa desenvolvida em condições de laboratório e casa-de-vegetação, observou-se que os NEP podem ser eficientes no manejo de *S. cosmioides* (Cecconello, 2024). Entre os 18 isolados de NEP avaliados os isolados UEL 08, IBCB 10, IBCB 06 e IBCB 02 apresentaram os melhores percentuais de mortalidade em lagartas de *S. cosmioides*, alcançando até 97,5% de eficiência sobre lagartas e 92% sobre pupas.

No entanto, para validação dos NEP como agentes efetivos no controle de *S. cosmioides*, outras lacunas precisam ser preenchidas. É preciso conhecer detalhadamente o ciclo de vida do inseto, fornecendo assim maiores informações sobre o potencial biótico desta praga, e subsídios do momento correto de intervenção no campo. Também é necessário avaliar mais a fundo a eficiência dos NEP como alternativas de manejo desse inseto.

Assim, objetivou-se avaliar a biologia de *S. cosmioides* usando dieta artificial e natural (soja) para determinação da duração do ciclo-de-vida e do potencial biótico do inseto, bem como realizar ensaios para avaliar a eficiência dos NEP sob *S. cosmioides*, em condições de laboratório e casa-de-vegetação.

## 1.5 Referências Bibliográficas

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, p. 1–13, 2020.

ANDALÓ, V.; SANTOS, V.; MOREIRA, G. F.; MOREIRA, C.; FREIRE, M.; MOINO, A. Movement of *Heterorhabditis amazonensis* and *Steinernema arenarium* in search of corn fall armyworm larvae in artificial conditions. *Scientia Agricola*, v. 69, n. 3, p. 226–230, 2012.

ANDALÓ, V.; SANTOS, V.; MOREIRA, G. F.; MOREIRA, C. C.; JUNIOR, A. M. Evaluation of entomopathogenic nematodes under laboratory and greenhouse conditions for the control of *Spodoptera frugiperda*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1860–1866, set. 2010.

ANGULO, A. O.; WEIGERT, G. T. Noctuids (Lepidoptera) of economic interest in the Ica Valley, Peru: key to the immature stages. *Revista Peruana de Entomologia*, v. 18, n. 1, p. 98–103, 1975.

ARAÚJO, C. R. de. Aspectos biológicos de *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae) nas cultivares de algodoeiro DeltaOPAL e NuOPAL (Bollgard I). 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

BASSO, B. et al., Jones, J. W., Antle, J., Martinez-Feria, R. A., & Verma, B. Enabling circularity in grain production systems with novel technologies and policy. *Agricultural Systems*, v. 193, p. 103244, 2021.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Efeito de fontes de carboidratos sobre o desempenho reprodutivo de *Spodoptera cosmioides*. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 7, n. 3, p. 177–180, 2001.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologia e exigências térmicas de *Spodoptera cosmioides*. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 1, p. 49–54, 2002.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* em diferentes hospedeiros. *Ciência Rural*, v. 33, n. 6, p. 993–998, 2003.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides*. *Neotropical Entomology*, v. 33, n. 2, p. 155–161, 2004.

BERTELS, A.; BAUCKE, O. Segunda relação das pragas das plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 1, p. 17–46, 1966.

BERNARDI, O., Sorgatto, R. J., Barbosa, A. D., Domingues, F. A., Dourado, P. M., Carvalho, R. A., Omoto, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified soybean expressing Cry1Ac protein. *Crop Protection*, v. 58, p. 33–40, 2014.

CECCONELLO, D. M. Eficiência de nematoides entomopatogênicos aplicados em *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). 2024. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Produção de grãos atinge novo recorde com 350,2 milhões de toneladas colhidas na safra 2024/25. Brasília, 11 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab>. Acesso em: 17 nov. 2025.

EMBRAPA SOJA. Lagartas na cultura da soja: identificação e manejo. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 12 fev. 2026.

EMBRAPA SOJA. Melhoramento genético da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 12 fev. 2026.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2023. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Sistemas de Produção, 17). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em: 12 fev. 2026.

GARCIA, T. V.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. Arquivos do Instituto Biológico, v. 82, p. 1–9, 2016.

GREWAL, P. S. Formulation and application technology. In: GAUGLER, R. (ed.). Entomopathogenic nematology. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 265–287.

GREWAL, P. S.; LEWIS, E. E.; SHAPIRO-ILAN, D. I. Nematodes as biocontrol agents. Wallingford: CABI Publishing, 2005.

GREWAL, P. S.; NARDO, E. A. D.; AGUILLERA, M. M. Entomopathogenic nematodes: potential for exploration and use in South America. Neotropical Entomology, v. 30, n. 2, p. 191–205, 2001.

HABIB, M. E. M.; PALEARI, L. M.; AMARAL, M. E. C. Effects of three larval diets on the development of the armyworm, *Spodoptera latifascia*. Revista Brasileira de Zoologia, v. 1, n. 3, p. 177–182, 1983.

KAYA, H. K.; GAUGLER, R. Entomopathogenic nematodes. Annual Review of Entomology, v. 38, p. 181–206, 1993.

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

LI, X., Cowles, E. A., Cowles, R. S., Gaugler, R., Cox-Foster, D. L. Characterization of immunosuppressive surface coat proteins from *Steinernema glaseri*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, v. 165, n. 2, p. 162–169, 2009.

MACHADO, E. P. et al. Survival and development of *Spodoptera* spp. on genetically modified soybean. *Pest Management Science*, v. 76, n. 12, p. 4029–4035, 2020.

NICOLAU, N. M.; DE SOUZA, T. D.; SÓSA-GOMEZ, D. R. Influência do substrato alimentar na virulência do fungo *Metarhizium rileyi* em lagartas de *Spodoptera eridania*. 2022.

PASTRANA, J. A. Los lepidópteros argentinos: sus plantas hospedadoras y otros sustratos alimenticios. Buenos Aires: Sociedad Entomológica Argentina, 2004.

POPIEL, I.; HOMINICK, W. M. Nematodes as biological control agents: Part II. *Advances in Parasitology*, v. 31, p. 381–433, 1992.

SANTOS, G. P.; COSENZA, G. W.; ALBINO, J. C. Biologia de *Spodoptera latifascia*. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 24, p. 153–155, 1980.

SANTOS, M. S., SANTOS, J., SILVA, D., SUTIL, W., BUENO, A. D. F., MS SANTOS, U. E. L., ADENEY, D. F. B. Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda*, *S. cosmioides* e *Helicoverpa armigera*. *Jornada Acadêmica da Embrapa Soja*, v. 453, p. 80–86, 2023.

SILVA, D. M., ZIMMERMANN, A. O., BUENO, A. F., Moscardi, F. Aspectos biológicos de *Spodoptera cosmioides* em diferentes plantas hospedeiras. *Jornada Acadêmica da Embrapa Soja*, v. 6, p. 42–45, 2011.

SILVA, E. J. E.; SPECHT, A.; LINK, D. Noctuídeos (Lepidoptera: Noctuidae) do Museu Entomológico Ceslau Biezanko. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 10, n. 4, 2004.

SILVIE, P. J., Thomazoni, D., Soria, M. F., Saran, P. E., & Bélot, J. L. Pragas e seus danos em algodoeiro. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2013.

SOSA-GÓMEZ, D. R; Corrêa-Ferreira, B. S., Hoffmann-Campo, C. B., Corso, I. C., Oliveira, L. J., Moscardi, F., Roggia, S. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. 4. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2010.

TEODORO, A. V; de Oliveira Procópio, S., de Freitas Bueno, A., Junior, A. S. N., de Carvalho, H. W. L., Negrisoni, C. R. D. C. B., ... & Guzzo, E. C. *Spodoptera cosmioides* e *Spodoptera eridania*: novas pragas de cultivos da região Nordeste. Brasília: Embrapa, 2013.

VAN LENTEREN, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., Urbaneja, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, v. 63, n. 1, p. 39–59, 2018.

VOSS, M.; ANDALÓ, V.; BARBOSA-NEGRISOLI, C. R.; BARBOSA-NEGRISOLI JUNIOR, A. S. Manual de técnicas laboratoriais para obtenção, manutenção e caracterização de nematoides entomopatogênicos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

ZACHÉ, B, Wilcken, C. F., Zaché, R. R. D. C., & Souza, N. M. D.. Novo registro de *Trichospilus diatraeae* como parasitoide de *Spodoptera cosmioides* no Brasil. *Biota Neotropica*, v. 12, p. 319–322, 2012.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Immature stages of *Spodoptera cosmioides*. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 1, p. 99–107, 2007.

**CAPÍTULO 02 – ARTIGO**

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera*  
*cosmioides* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E POTENCIAL DE NEMATOIDES  
ENTOMOPATOGÊNICOS NO SEU MANEJO NA SOJA**

Artigo a ser submetido à Revista Semina Ciências Agrárias  
([ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias](http://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias))

Artigo:

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera*  
*cosmioides* (WALKER, 1858) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E POTENCIAL DE  
NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS PARA MANEJO**

Bruna Kanno Tominaga<sup>1\*</sup>

Paula Sayuri Taguti<sup>2</sup>

Beatriz Soarez da Silva<sup>3</sup>

Diego Resende Rodrigues<sup>4</sup>

Viviane Sandra Alves<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná. Instituição, Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Agropecuária Sustentável, Bandeirantes -Paraná, Brasil. 0009-0002-1289-5991. E-mail: [brunakannotominaga@gmail.com](mailto:brunakannotominaga@gmail.com)\*

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná. Unidade de Análises Ambientais – UNAAM /CLMU. Cornélio Procópio, PR, Brasil. 0000-0003-4019-1342. E-mail: [paulataguti@hotmail.com](mailto:paulataguti@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná. Curso de Ciências Biológicas. Cornélio Procópio, PR, Brasil. E-mail: [beatrizsoaresdasilva722@gmail.com](mailto:beatrizsoaresdasilva722@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná. Instituição, Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Agropecuária Sustentável, Bandeirantes -Paraná, Brasil. 0000-0002-9495-8943. E-mail: [diegopardal@uenp.edu.br](mailto:diegopardal@uenp.edu.br)

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná. Instituição, Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Agropecuária Sustentável, Bandeirantes -Paraná, Brasil. 0000-0003-2381-8115. E-mail: [vivialves@uenp.edu.br](mailto:vivialves@uenp.edu.br)

Resumo: *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga de elevada relevância econômica, com ocorrência em diversos sistemas agrícolas, o que demanda a adoção de estratégias eficientes de manejo ao ser detectada em campo. A compreensão de aspectos biológicos da espécie, aliada à otimização de sua criação em laboratório e à identificação de agentes de controle biológico eficazes, representa etapa fundamental para o desenvolvimento de programas de manejo integrado. Nesse contexto, o objetivou-se avaliar a biologia de *S. cosmioides* sob diferentes fontes de alimentação, bem como aprimorar a análise do potencial de nematoides entomopatogênicos (NEP) no manejo dessa praga, em condições de laboratório e casa-de-vegetação. Foram conduzidos ensaios envolvendo dieta artificial e folhas de soja, além de avaliações da mortalidade de pupas após inoculação de NEP, do consumo foliar por lagartas ao longo do tempo e da persistência dos nematoides quando aplicados na parte aérea das plantas. Os resultados evidenciaram que a dieta influenciou significativamente o desenvolvimento do inseto, sendo a dieta artificial responsável por encurtar o ciclo biológico e aumentar a fecundidade das fêmeas. A aplicação de NEP promoveu redução superior a 65% no consumo foliar de larvas após 24 horas. Entretanto, a persistência dos nematoides na parte aérea foi limitada, com perda total da infectividade a partir de 36 horas após a aplicação. Em contraste, no solo, observou-se maior sobrevivência, com infectividade média de 54,7% e manutenção da viabilidade do isolado UEL08 ao longo de 72 horas. A eficiência dos NEP sobre pupas foi reduzida, variando de 0 a 4%, sem diferenças significativas entre os tratamentos.

## Introdução

Atualmente a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ocupa um lugar de destaque tanto na economia brasileira quanto no cenário global. Em 2025, a produção brasileira alcançou a impressionante cifra de 350 milhões de toneladas (safra 2024/2025) (MAPA, 2026). Este volume estabelece a soja como a cultura com a maior produção em todo o território nacional, ocupando aproximadamente 44.062,6 milhões de hectares dedicados ao seu cultivo, conforme reportado pela Embrapa Soja.

A relevância da soja está diretamente associada às características de suas sementes, que constituem matéria-prima fundamental para a agroindústria, sendo amplamente utilizadas na produção de óleo vegetal e na formulação de rações destinadas à alimentação animal. Além disso, a soja apresenta crescente importância nos setores químico e alimentício, destacando-se também como uma fonte promissora para a produção de biocombustíveis, especialmente o biodiesel (Lucena et al., 2023). Contudo, o cultivo da soja enfrenta desafios substanciais, principalmente devido à incidência de pragas e doenças que limitam sua produtividade. Dentre essas pragas, o complexo de lagartas do gênero *Spodoptera* destaca-se por causar danos significativos à cultura (Bueno et al., 2021).

As espécies do gênero *Spodoptera* têm sido observadas em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura de soja, e lagartas da espécie *Spodoptera cosmioides* (Walker,

1858) (Lepidoptera: Noctuidae) começam a aparecer desde a fase inicial de emissão dos botões florais até o pleno florescimento, provocando desfolha e danos às estruturas reprodutivas das plantas de soja (Costa et al., 2026)

As principais formas de controle disponíveis para *S. cosmioides* são os insumos químicos de amplo espectro. No entanto, o uso indiscriminado desses pesticidas causa preocupações devido à falta de seletividade, à persistência de resíduos tóxicos no meio ambiente, ao risco de bioacumulação e à potencial resistência que os insetos podem desenvolver.

Por outro lado, estudos com nematoides entomopatogênicos (NEP), das famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae, evidenciam que este grupo pode ser uma alternativa no controle biológico de lagartas do complexo *Spodoptera* (Cecconello et al, 2025). Andaló et al. (2010), ao avaliarem nematoides entomopatogênicos em condições de laboratório e casa de vegetação para o controle de *Spodoptera frugiperda*, demonstraram que espécies dos gêneros *Heterorhabditis* e *Steinernema* apresentam desempenho promissor, embora a eficiência varie conforme o ambiente experimental. Os autores observaram maiores níveis de mortalidade em laboratório, onde temperatura, umidade e contato entre hospedeiro e JIs são controlados, enquanto em casa-de-vegetação a mortalidade foi reduzida, refletindo o impacto de fatores ambientais sobre a sobrevivência e infectividade dos NEPs.

No que se refere a avaliação de NEP sobre *S. cosmioides*, testes de seleção de isolados indicam alta virulência desses agentes sobre fases larvais em condições de laboratório e de casa-de-vegetação, mas alguns pontos ainda precisam ser elucidados. A aplicação em campo expõe os juvenis infectantes (JIs) a condições adversas, e é importante conhecer o tempo de sobrevivência dos JIs após aplicação, principalmente em parte aérea da planta. Também se a infecção das lagartas por NEP é capaz de reduzir a alimentação ao longo do tempo. Para além das avaliações de controle, buscou-se avaliar questões quanto a biologia e potencial biótico da praga.

## **2.2 Material e Métodos**

### **2.2.1 Caracterização do experimento**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ensaio com Inimigos Naturais Pragas (LabINP) da Universidade Estadual do Norte do Paraná, campus Cornélio Procopio e na casa-de-vegetação da Central de Laboratórios Multiusuários da Unidade de Análises Ambientais – UNAAM do mesmo campus.

### 2.2.2 Obtenção dos Insetos

Para início da criação, foram obtidos insetos da criação estabelecida na Embrapa soja, que foram mantidos em sala climatizada na UENP/CCP, a  $26\pm 1^\circ\text{C}$ , 12 horas de fotófase e 60% de umidade relativa. Para manutenção da criação, insetos em fase adulta de *S. cosmioides* foram colocados em recipientes plásticos de PVC (20 × 20cm) com tampa de “voil”, forrados com papel sulfite e contendo mel em solução aquosa a 10% para alimentação. Para oviposição foram colocadas no interior dos recipientes duas telas de náilon de 15cm<sup>2</sup> na cor branca.

Os ovos foram retirados e transferidos para frascos plásticos 500mL com tampa de papel e contendo dieta artificial descrita por Hoffman-Campo et al. (1985). Assim que as lagartas atingiram o segundo ínstar, elas foram acondicionadas em duplas dentro de copos plásticos de 50mL contendo dieta, fechadas com tampa de papelão, até atingir o estágio desejado. Insetos que não foram utilizados, assim que atingiram a fase de pupa, foram acondicionados em caixas de acrílico (11 × 11 × 3,5 cm), e quando adultos, reintroduzidas na criação.

### 2.2.3 Ensaios de Laboratório

#### a) **Biologia de *Spodoptera cosmioides* usando diferentes fontes de alimentação**

Foi avaliada a biologia de *S. cosmioides* com base na metodologia proposta por Bavaresco et al. (2003) usando duas fontes de alimento: folhas de soja e dieta artificial. Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração das diferentes fases de desenvolvimento e do ciclo total; número de ínstars; peso de pupas; razão sexual; longevidade de adultos e fecundidade.

Foram utilizadas 100 lagartas recém eclodidas, provenientes da criação de manutenção em dieta artificial, as quais foram transferidas para tubos de vidro de 8,5cm x 2,5cm tampados com algodão hidrófobo. Em seguida as lagartas foram alimentadas com as respectivas dietas uma folha ou parte de uma folha de soja da variedade BRS559RR ou um pedaço de dieta (receita de Greene et al. (1976) e modificada por Hoffmann Campo et al. (1985). Antes de serem fornecidas para as lagartas, as folhas de soja foram tratadas com solução de sulfato de cobre (1%) durante um minuto, sendo em seguida mergulhadas em água destilada pelo mesmo período, e postas para secar à sombra por uma hora, visando eliminar entomopatógenos que pudessem contaminar as lagartas.

Ao atingirem o último instar larval, as lagartas foram transferidas para copos plásticos de 7,3cm de diâmetro x 5,3cm de altura com a tampa perfurada para evitar a condensação de água no seu interior onde permaneceram até a fase de pupa, que foi novamente transferida para tubos de vidro de 8,5cm × 2,5cm, onde permaneceram até a emergência dos adultos. A pesagem das pupas foi feita 24 horas após a pupação, quando também foi feita a sexagem, baseado em Butt & Cantu (1962).

A razão sexual (rs) foi calculada através da fórmula abaixo, conforme Silveira Neto et al. (1976):

$$rs = \frac{\text{Número de Fêmeas}}{\text{Número de Fêmeas} + \text{Número de Machos}}$$

Para o estudo da fecundidade e longevidade, foram individualizados 20 casais de adultos em gaiolas de PVC de 15cm de altura × 15cm de diâmetro revestidas internamente com papel jornal, dispostas em pratos plásticos também forrados com o mesmo papel, e fechadas na extremidade superior com tecido tipo tule, preso com elástico.

Os adultos foram alimentados com solução de mel (10%), fornecida por capilaridade através de algodão mantido em recipientes de vidro, renovado a cada dois dias. Diariamente foi observada a mortalidade de adultos e foi feita a retirada das posturas para contagem do número de ovos.

A partir destes dados, foram calculadas as tabelas de vida e de fertilidade em cada dieta, baseando-se em Silveira Neto et al. (1976). Para avaliação da fase adulta, os insetos foram distribuídos em 20 repetições para cada tratamento, sendo cada unidade experimental composta por um casal.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), verificação quanto à homoscedasticidade e normalidade dos dados. Os dados foram analisados através de ANOVA (teste F). Quanto constatados diferenças entre os tratamentos foi utilizado o teste a posteriori de Tukey, através do Software R.

#### **2.2.4 Obtenção dos nematoides**

Os isolados de nematoides UEL08 (*Heterorhabditis amazonensis*) e IBCBn-02 (*Steinernema carpocapsae*) foram obtidos a partir de coleção do LabINP, e para uso nos ensaios foram multiplicados pelo método *in vivo*. A multiplicação dos isolados foi feita

utilizando lagartas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) de acordo com método descrito por Molina & Lopes (2001). Os juvenis infectantes (JI) em suspensão aquosa foram armazenados em Erlenmeyer com aeração forçada, por um período de no máximo sete dias para serem utilizados nos experimentos.

#### **a) Consumo foliar de lagartas de *Spodoptera cosmioides* infectadas com nematoides entomopatogênicos**

Para este experimento, foi utilizada metodologia adaptada de Ceconello (2024). Para tanto, foram coletadas folhas de soja de plantas mantidas em casa-de-vegetação (variedade BRS559RR) do terço médio e superior de plantas de soja em R5, sempre optando por folhas inteiras e sem manchas, que após a coleta foram higienizadas em solução hipoclorídrica a 1%, após 2 minutos foram secas com papel toalha.

As folhas tiveram a área foliar determinada usando o medidor de área foliar LI – 3100C, cujo pecíolo foi envolto em algodão embebido em água e protegido por ependorff para manutenção da turgidez foliar. Em seguida foram dispostas em placas de Petri de 9cm de diâmetro contendo papel filtro e foi colocada uma lagarta de *S. cosmioides* de quinto instar por placa. Dez placas representaram uma repetição, e foram realizadas quatro repetições por tratamento.

Os isolados de NEP (UEL08 e IBCB02) foram aplicados sobre o papel filtro no volume de um mL de suspensão contendo 200JI/inseto (placa) sendo que o tratamento controle recebeu apenas um mL de água destilada e autoclavada.

O bioensaio foi avaliado a cada vinte e quatro horas durante quatro dias (96 horas). Em cada avaliação, foi verificado se as lagartas estavam vivas e as folhas foram substituídas por uma nova folha. As folhas retiradas foram medidas novamente, para cálculo do consumo foliar no período. Após constatação de normalidade e homoscedasticidade dos dados, foi realizada uma análise de Variância (teste F). Quando houve diferença entre os tratamentos utilizou-se o teste a posteriori de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) pelo software R. Os dados de mortalidade das lagartas foram submetidos a análise de regressão pelo mesmo software.

### **2.2.5 Ensaio em casa-de-vegetação**

#### **a) Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em parte aérea de plantas de soja**

Os isolados UEL08 e IBCB02 foram aplicados por pulverização na parte aérea de plantas de soja na casa-de-vegetação, assegurando que todas as folhas fossem cobertas adequadamente para maximizar a exposição dos JI. Cada planta recebeu 10 mL de suspensão na concentração de 10.000 JI/mL.

Imediatamente após a aplicação foram coletadas duas folhas de quatro plantas diferentes, totalizando oito folhas por tratamento, que foram transportadas ao laboratório, acondicionadas individualmente em placas de Petri de 9 centímetros de diâmetro, e em seguida, foram liberadas cinco lagartas de *G. mellonella* por placa, e acondicionadas em câmara de germinação a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de aproximadamente 60%. A mortalidade das lagartas foi avaliada após 48 horas. A coleta de amostras de folhas foi repetida nos intervalos de tempo após a aplicação: 12, 24, 36, 48, 60, 72 horas.

Os dados de mortalidade das lagartas (representando a sobrevivência e capacidade infectiva do nematoide) foram submetidas a análise de Variância (teste F) e submetidos a uma análise fatorial (tempo x tratamento). Foram realizados testes de normalidade e Homoscedasticidade para validar o uso de ANOVA paramétrica. Quando houve diferença entre os tratamentos realizou-se teste a posteriori de Tukey ( $P\leq 0,05$ ). As análises foram realizadas através do software R.

#### a) **Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em solo**

Foram preparados potes plásticos com capacidade de 500 mL, cada um contendo 500 g de solo previamente autoclavado para eliminação de microrganismos contaminantes. Os nematoides entomopatogênicos isolado UEL08 e isolado IBCBn-02 foram aplicados sobre o solo na forma de suspensão aquosa, na concentração de 100 JI/cm<sup>2</sup> em um volume total de 10 mL por vaso.

Após a aplicação, procedeu-se à avaliação da sobrevivência dos JI nos tempos de 0, 12, 24 e 36 horas. Para cada intervalo, coletou-se uma amostra de 30 g de solo de cada pote, a qual foi acondicionada em placas de Petri com 7 cm de diâmetro. Em seguida, foram liberadas cinco larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) por placa, utilizadas como insetos-isca para detecção da presença e viabilidade dos nematoides.

As placas foram mantidas em câmara de germinação regulada a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , sob fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de aproximadamente 60%. A mortalidade das larvas de *T. molitor* foi avaliada após 72 horas de exposição, sendo utilizada como indicador indireto da sobrevivência e infectividade dos nematoides no solo ao longo do tempo.

Assim como no experimento anterior, as médias de mortalidade das lagartas (representando a sobrevivência e capacidade infectante do nematoide) foram submetidas a análise de Variância (teste F) e submetidos a uma análise fatorial (tempo x tratamento). Foram realizados testes de normalidade e Homoscedasticidade para validar o uso de ANOVA paramétrica. Quando houve diferença entre os tratamentos realizou-se teste a posteriori de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas através do software R.

## **b) Eficiência de NEP sobre pupas em casa-de-vegetação**

Foram utilizados os isolados UEL08 e IBCB02 aplicados por pulverização sobre os vasos de soja (conforme descrito no experimento acima). Previamente a pulverização, as pupas foram dispostas sobre o solo dos vasos. Em cada parcela (vaso) foram utilizadas 10 pupas de *S. cosmioides* e cada tratamento foi repetido quatro vezes. No tratamento controle foi pulverizado apenas 10 ml de água destilada.

Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação, e a mortalidade das pupas foi avaliada 72 horas após a inoculação, e confirmada por meio de dissecação com auxílio microscópio estereoscópio de 100x. Posteriormente, os dados de mortalidade foram submetidos a análise de Variância (teste F), e se atendidos os pressupostos de normalidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas através do software R.

## **2.3 Resultados e discussão**

### **Ensaio de Laboratório**

#### **2.3.1 Biologia de *Spodoptera cosmioides* usando diferentes fontes de alimentação**

O desenvolvimento de *Spodoptera cosmioides* foi significativamente afetado pelo alimento fornecido em todas as fases do desenvolvimento. De maneira geral, os insetos alimentados com soja, apresentaram um alongamento do ciclo (Tabela 1 e 2).

A fase larval foi consideravelmente mais curta nos insetos criados em dieta artificial, com média de 19,6 dias, enquanto aqueles alimentados com folha de soja levaram em média 24,38 dias para completar esse estágio. Ou seja, as larvas criadas em soja demoraram cerca de 5,7 dias a mais para se desenvolver. Esse atraso provavelmente está relacionado à menor

qualidade nutricional da planta quando comparada à dieta artificial, que é formulada para atender de forma equilibrada às exigências do inseto.

Na fase de pupa a duração foi de 11,79 e 13,21 dias em dieta artificial e em soja, respectivamente, evidenciando que a diferença nutricional sofrida na fase larval afetou também a fase posterior. Foi possível observar que o peso médio das pupas foi maior nos indivíduos alimentados com dieta artificial (0,447 g) em comparação aos criados em soja (0,325g). Padrão semelhante foi descrito por Bavaresco et al. (2003), que registraram peso pupal significativamente inferior em soja (298,7 mg), reforçando que hospedeiros menos adequados resultam em menor acúmulo de biomassa.

A maior diferença entre os tratamentos foi observada na fase adulta, na qual os insetos criados em dieta artificial apresentaram maior longevidade, ou seja, houve redução na longevidade, sugerindo que os insetos criados na planta hospedeira natural tiveram menor reserva energética, possivelmente em função do desenvolvimento larval mais lento e menos eficiente. Esses resultados corroboram estudos que demonstram que a qualidade nutricional do alimento larval influencia diretamente o acúmulo de reservas energéticas e a longevidade adulta em Lepidoptera (Slansky; Scriber, 1985), sendo que dietas artificiais balanceadas, como a proposta por Greene et al. (1976), tendem a proporcionar maior eficiência de conversão alimentar quando comparadas à planta hospedeira natural.

O efeito da diferença nutricional das dietas refletiu diretamente na fecundidade das fêmeas, pois as originadas da dieta artificial apresentaram produção média de 4,140 ovos/fêmea, enquanto aquelas criadas em folha de soja produziram cerca de 1,305 ovos/fêmea. Esse resultado indica que a dieta artificial favoreceu significativamente o potencial reprodutivo da espécie, provavelmente devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes durante o desenvolvimento larval.

O desenvolvimento de *S. cosmioides* foi significativamente afetado pelo alimento fornecido em todas as fases do ciclo biológico, evidenciando a importância da qualidade nutricional sobre os parâmetros biológicos da espécie. De maneira geral, os insetos alimentados com folha de soja apresentaram alongamento do ciclo quando comparados àqueles criados em dieta artificial, padrão semelhante ao observado por Bavaresco et al. (2003), que registraram maior duração do período ovo-adulto em soja (46 dias) em comparação a hospedeiros mais adequados como cebola e mamona (aproximadamente 40 dias).

Os dados obtidos para a fase larval foram semelhantes aos obtidos por Bavaresco et al. (2004), onde a dieta artificial mais balanceada proporcionou menor duração larval (19,3

dias) e maior viabilidade total. Esse encurtamento do desenvolvimento está associado ao fornecimento equilibrado de proteínas, lipídios e carboidratos, conforme destacado por Bento et al. (2007), que demonstraram que dietas artificiais bem formuladas favorecem maior eficiência metabólica e desempenho biológico.

Por outro lado, o prolongamento do desenvolvimento em soja pode estar relacionado à menor qualidade nutricional ou à presença de fatores de resistência vegetal. Bavaresco et al. (2003) observaram maior número de ínstaes em soja, incluindo ocorrência de sete e até oito ínstaes, indicando estresse nutricional. Esse aumento no número de ínstaes é interpretado como mecanismo compensatório, conforme também discutido para espécies do gênero *Spodoptera* por Santos et al. (2005), que associaram o prolongamento do estágio larval à menor adequação do hospedeiro.

Dados obtidos na literatura relatam que o desempenho adulto está diretamente relacionado à qualidade nutricional da fase larval. Santos et al. (2005) também observaram que hospedeiros menos adequados comprometem o vigor fisiológico do adulto, refletindo em menor longevidade e menor eficiência reprodutiva.

O impacto nutricional refletiu-se de forma ainda mais evidente na fecundidade. As fêmeas provenientes da dieta artificial apresentaram produção média de 3.996 ovos/fêmea, enquanto aquelas oriundas da soja produziram aproximadamente 1.260 ovos/fêmea. Esse resultado está em concordância com Bavaresco et al. (2003), que observaram fecundidade significativamente menor em soja (1.353 ovos/fêmea) quando comparada a hospedeiros mais adequados como cebola e mamona (acima de 3.200 ovos/fêmea). Além disso, Bavaresco et al. (2004) demonstraram que dietas artificiais balanceadas proporcionam maiores valores de taxa líquida de reprodução e capacidade intrínseca de aumento populacional, evidenciando maior potencial biótico sob condições nutricionais ideais.

A dieta de Greene modificada se mostrou altamente favorável a manutenção de *S. cosmioides* em condições laboratoriais, proporcionando desenvolvimento mais rápido, maior viabilidade das fases imaturas e melhor desempenho reprodutivo. Esses resultados indicam que a dieta apresenta composição nutricional equilibrada, atendendo às exigências fisiológicas da espécie e permitindo a obtenção de indivíduos mais vigorosos e com elevado potencial biótico. Dessa forma, sua utilização viabiliza a criação massal padronizada do inseto, constituindo ferramenta essencial para a condução de bioensaios, estudos de dinâmica populacional, avaliação de agentes de controle biológico e testes de suscetibilidade a inseticidas, além de subsidiar pesquisas voltadas ao manejo integrado da praga.

Por outro lado, os resultados também demonstram que *S. cosmioides* é capaz de completar seu ciclo biológico alimentando-se de folhas de soja, ainda que com desempenho inferior ao observado na dieta artificial. A espécie apresentou desenvolvimento mais lento, menor peso pupal e redução na fecundidade quando criada nesse hospedeiro, evidenciando que, embora a soja não seja o alimento mais adequado do ponto de vista nutricional, ela sustenta a sobrevivência e reprodução do inseto. Tal capacidade confirma o potencial de *S. cosmioides* como praga da cultura da soja, especialmente considerando sua elevada polifagia e capacidade de adaptação a diferentes fontes alimentares, o que reforça a importância do monitoramento populacional e da adoção de estratégias eficazes de manejo.

**Tabela 2.1** - Médias de duração (dias) da fase larval e pupal de *Spodoptera cosmioides*, alimentada com dieta artificial e folhas de soja não transgênica (variedade BRS559RR) em condições de laboratório (Temperatura 25 °C, fotofase de 14 horas).

Tratamentos	Fase Larval						Fase larval	Pré-pupa
	1° instar	2° instar	3° instar	4° instar	5° instar	6° instar		
Dieta Artificial	2,79±0,41 a	2,34±0,47 a	2,19±0,39 a	3,31±0,46 a	4,02±0,35 a	4,93±0,26 a	19,6±1,1 a	2,79±0,49 a
Soja	2,92±0,27 b	2,8±0,40 b	3,86±0,35 b	3,87±0,44 b	4,75±0,44 b	6,18±0,41 b	24,38±0,71 b	3,76±0,43 b

\* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey 5%.

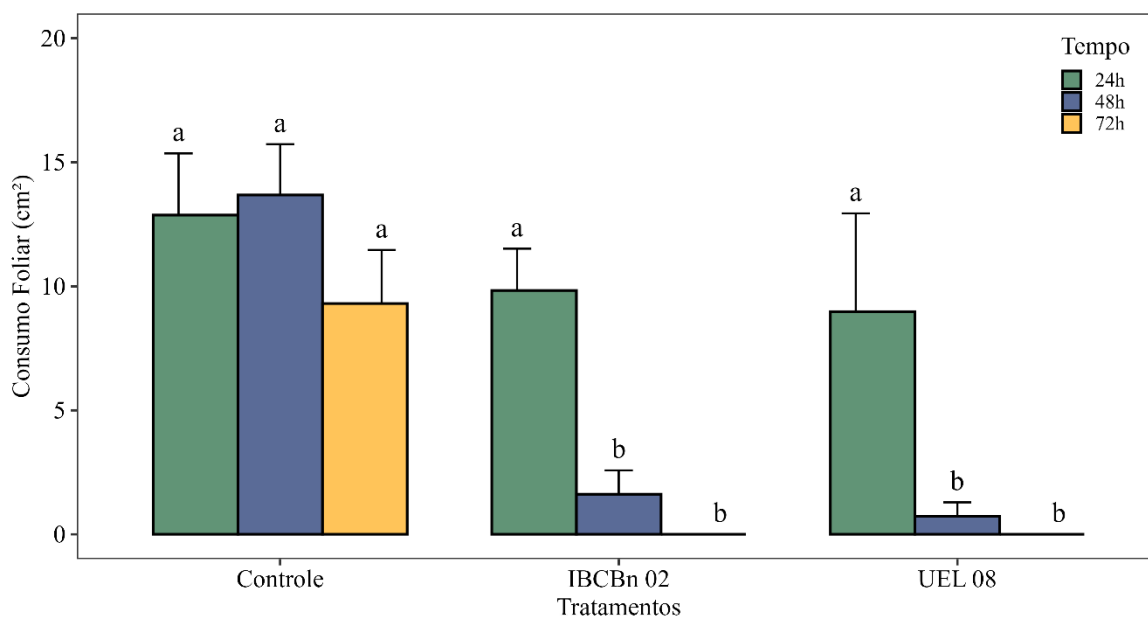
**Tabela 2.2** - Médias de duração (dias) da fase de pupa e adulta, razão sexual e fecundidade de *Spodopera cosmioides*, alimentada com dieta artificial e folhas de soja não transgênica (variedade BRS559RR) em condições de laboratório (Temperatura 25 °C, foto fase de 14 h).

Tratamentos	Pupa (dias)	Peso Pupa (g)	Pre oviposição (dias)	Oviposição (dias)	N. ovos/fêmea	Razão Sexual	Duração Total (dias)
Dieta Artificial	11,79±0,69 a	0,447 a	2,84±0,55 a	6,6± 0,58 a	4140±239,24 a	0,56	44,39±3,9 a
Soja	13,21±0,46 b	0,32481 b	3,04±0,68 b	5,56±0,54 b	1305±70 b	0,55	49,67±3,74 b

### 2.3.2 Consumo foliar de lagartas de *Spodoptera cosmioides* infectadas com nematoides entomopatogênicos

O consumo foliar de lagartas de último instar de *S. cosmioides* foi afetado pela inoculação de NEP e houve interação significativa entre os tratamentos (controle, isolado UEL08 e IBCBn-02) e o tempo de consumo ( $p=0,0004$ ).

As médias acumuladas mostraram que o tratamento controle apresentou a maior área consumida (11,95 cm<sup>2</sup>), enquanto nos tratamentos inoculados com os isolados UEL08 e IBCBn-02 houve redução significativa do consumo, com valores de 3,23 cm<sup>2</sup> e 3,82 cm<sup>2</sup>, respectivamente uma diminuição superior a 65% em relação ao controle (Figura 2.1).

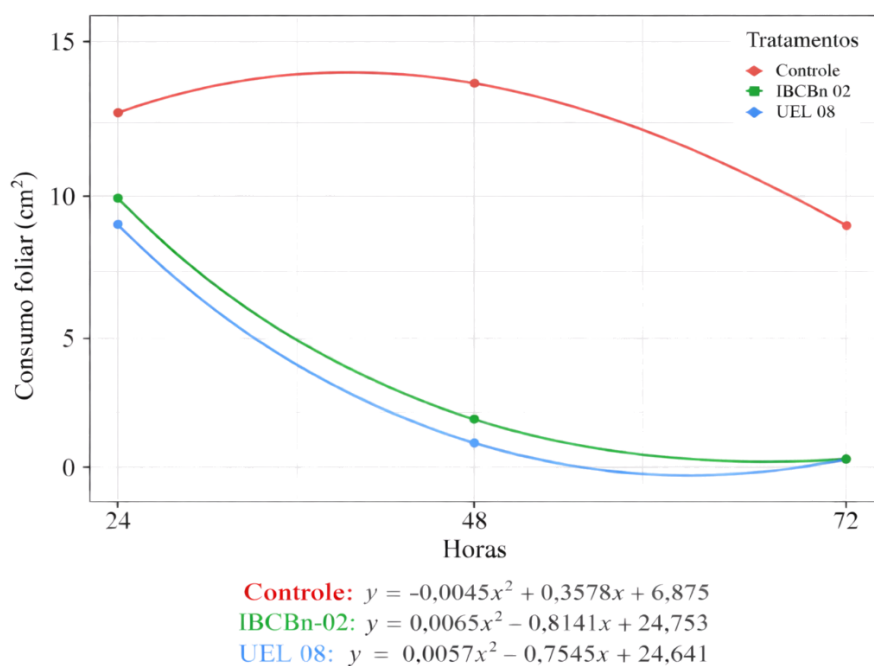


**Figura 2.1** - Área foliar média de folhas de soja consumidas por *Spodoptera cosmioides* após inoculação com *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08) e *Steinernema carpocapsae* (IBCBn-02) até 72 horas após o tratamento.

Nas primeiras 24 horas, não houve diferença entre os tratamentos, sugerindo um período de latência até o estabelecimento da infecção do complexo nematoide+bactéria entomopatogênicos. No entanto, a partir de 48 h, o consumo no controle continuou crescendo, enquanto os tratamentos com NEP mostraram redução drástica do consumo

alimentar e essa diminuição foi sustentada até 72 h, refletindo o início da septicemia e consequente parada na alimentação (Figura 2.2).

Esse padrão de resposta é coerente com resultados obtidos por Cecconello (2024), que observou diminuição expressiva do dano foliar de *S. cosmioides* 72 horas após a aplicação foliar de NEPs, demonstrando que esses organismos podem afetar o comportamento alimentar dos hospedeiros antes da morte.



**Figura 2.2** - Área foliar média de folhas de soja consumidas por *Spodoptera cosmioides* após inoculação com *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08), *Steinernema carpocapsae* (IBCB02) até 72 horas após o tratamento.

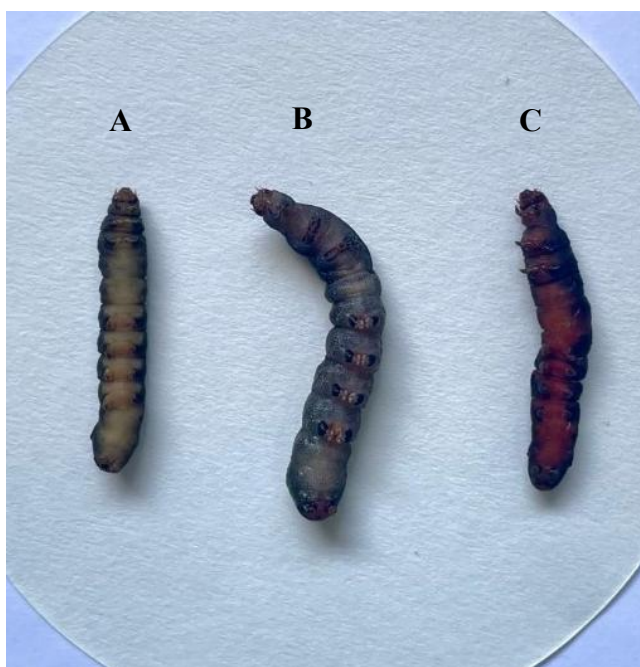
Estudos de Dolinski et al. (2017) reforçam que os efeitos subletais como anorexia e paralisação intestinal são provocados pela ação das bactérias simbiotes *Photorhabdus* (em *Heterorhabditis*) e *Xenorhabdus* (em *Steinernema*), cujos metabólitos tóxicos e enzimas degradativas interferem na fisiologia digestiva dos insetos. Esses autores também ressaltam que o efeito comportamental de redução do consumo é um dos primeiros sinais de infecção bem-sucedida, precedendo a mortalidade.

De forma semelhante, Shapiro-Ilan, Han e Dolinski (2012) descrevem que os NEP e suas bactérias simbiotes produzem compostos que interferem no sistema nervoso e no intestino do hospedeiro, reduzindo a alimentação, a locomoção e a resposta ao estresse. Além disso, Lacey e Georgis (2012) destacam que, em sistemas agrícolas tropicais, esses

efeitos subletais podem ser economicamente relevantes, pois a diminuição da alimentação larval reduz a área foliar danificada e retarda o desenvolvimento das pragas.

Após o período de incubação, foi possível observar que as lagartas de *S. cosmioides* apresentaram sintomatologia característica da infecção por NEP (Figura 3). As lagartas infectadas por *Heterorhabditis* apresentaram coloração avermelhada, frequentemente acompanhada de forte liquefação interna, o que caracteriza a atuação das bactérias simbiotes *Photorhabdus* spp. (Hazir et al., 2004). Esse escurecimento avermelhado ocorre devido à produção de pigmentos e metabólitos tóxicos, responsáveis pela rápida degradação dos tecidos (Bedding; Molyneux, 1982).

Por outro lado, lagartas infectadas por *Steinernema* apresentaram coloração marrom-amarelada e menor grau de liquefação, mantendo a integridade estrutural do corpo por mais tempo. Essa característica é amplamente associada à ação das bactérias *Xenorhabdus* spp., que, embora altamente patogênicas, promovem degradação tecidual menos agressiva que *Photorhabdus* spp. (Grewal; Selvan, 1994; Hazir et al., 2004) (Figura 2.3).



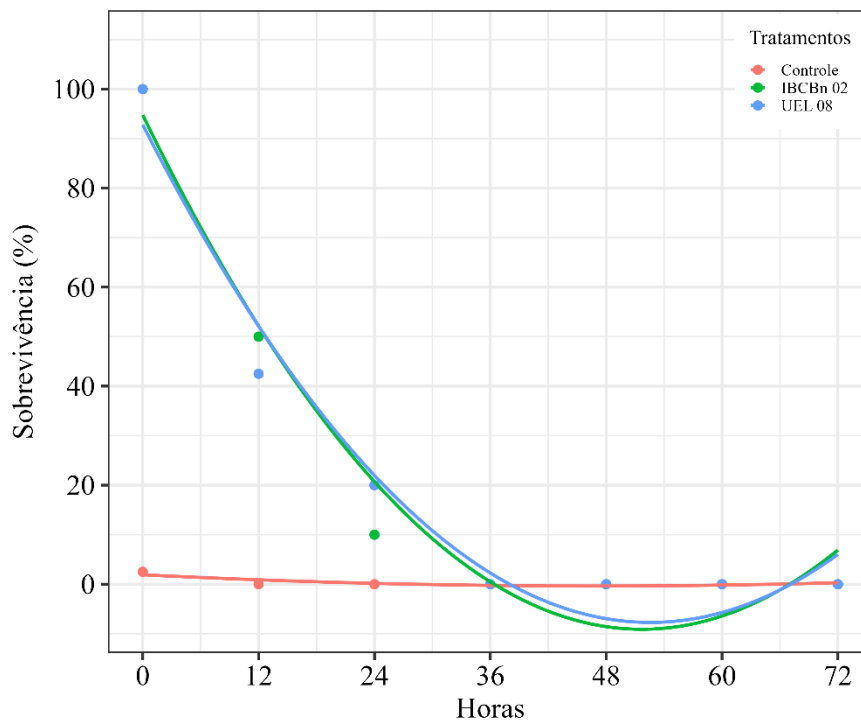
**Figura 2.3** - Lagartas de *Spodoptera cosmioides* infectadas por: a) *Steinernema carpocapsae* (isolado IBCBn02); b) lagarta saudável; *Heterorhabditis amazonensis* (isolados UEL08).

## Experimentos em casa-de-vegetação

### 2.3.3 Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em parte aérea de plantas de soja

Observou-se que houve interação significativa entre os fatores analisados, indicando que o efeito do tratamento depende do tempo, ou seja, a sobrevivência dos JIs dos diferentes isolados variou em função do tempo após a aplicação em área foliar ( $F = 54,61$ ;  $p = 2 \times 10^{-16}$ ).

Na primeira avaliação realizada imediatamente após a aplicação dos JI em parte aérea, ambos os isolados apresentaram infectividade de 100% e causaram 100% de mortalidade nas lagartas de *G. mellonella*, confirmando o vigor inicial das suspensões (Figura 2.4 e 2.5).



**Figura 2.4** - Porcentagem de mortalidade de lagartas de *Galleria mellonella* causada por juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis* (UEL 08) e *Steinernema carpocapsae*

(IBCBn-02) aplicados sobre folhas de soja e avaliados ao longo do tempo após a pulverização

Com o passar das horas, observou-se declínio na mortalidade das lagartas de *G. mellonella* para 50% na avaliação realizada após 12 h, 10% após 24 horas e 0% a partir de 36 horas o que sugere que houve redução da viabilidade e possível mortalidade dos JIs. Para o isolado UEL08, observou-se padrão semelhante com redução na mortalidade para 42,5 %, 20 % e 0 % nos tempos de 12, 24 e 36 horas respectivamente.

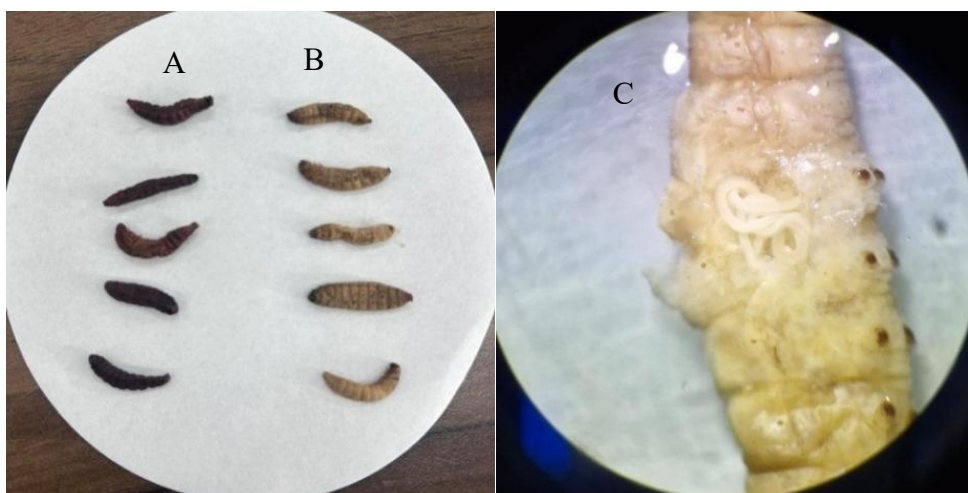
Essa queda rápida de infectividade confirma o comportamento já amplamente relatado na literatura, indicando que o ambiente foliar impõe condições severas aos nematoides entomopatogênicos. De acordo com Bellini e Dolinski (2012), a sobrevivência de *Heterorhabditis* e *Steinernema* aplicados sobre folhas de cana-de-açúcar foi drasticamente reduzida após poucas horas de exposição, devido à dessecação e à radiação solar direta. Esses autores observaram que o microclima das folhas, caracterizado por variações bruscas de temperatura e umidade, limita a permanência dos JIs ativos na superfície vegetal.

Estudos conduzidos no Brasil corroboram esses achados. Bellini (2011), avaliando a aplicação foliar de NEP para o controle de *D. saccharalis*, verificou que a mortalidade de hospedeiros-isca caiu abruptamente após 12 horas de exposição, indicando que a dessecação é o principal fator de mortalidade dos JI. De forma semelhante, Souza et al. (2021) destacam que, embora os NEP sejam altamente eficientes no solo, sua utilização em parte aérea exige estratégias específicas de proteção e manejo ambiental para manter a viabilidade.

Shapiro-Ilan e Dolinski (2015) ressaltam que a radiação UV, a baixa umidade e o superaquecimento da superfície foliar são fatores críticos que comprometem a infecção e a sobrevivência dos nematoides. Assim, recomenda-se que as aplicações sejam realizadas sob condições favoráveis de clima preferencialmente no período noturno ou em horários de menor incidência solar e acompanhadas do uso de adjuvantes compatíveis que promovam retenção de umidade e proteção física aos JI.

Diversos autores vêm testando soluções tecnológicas para contornar essas limitações. Bellini e Dolinski (2012) e Souza et al. (2021) sugerem o uso de formulações contendo agentes protetores e polímeros que auxiliam na fixação dos JI às folhas e reduzem as perdas por dessecação. Resultados semelhantes foram relatados por Shapiro-Ilan e Brown (2012), que observaram aumento expressivo da sobrevivência dos nematoides sob radiação solar

quando incorporados a géis ou polímeros vegetais. Esses avanços indicam caminhos promissores para a aplicação foliar de NEP em culturas tropicais, como a soja, desde que adaptadas às condições de temperatura, umidade e radiação típicas do ambiente brasileiro.

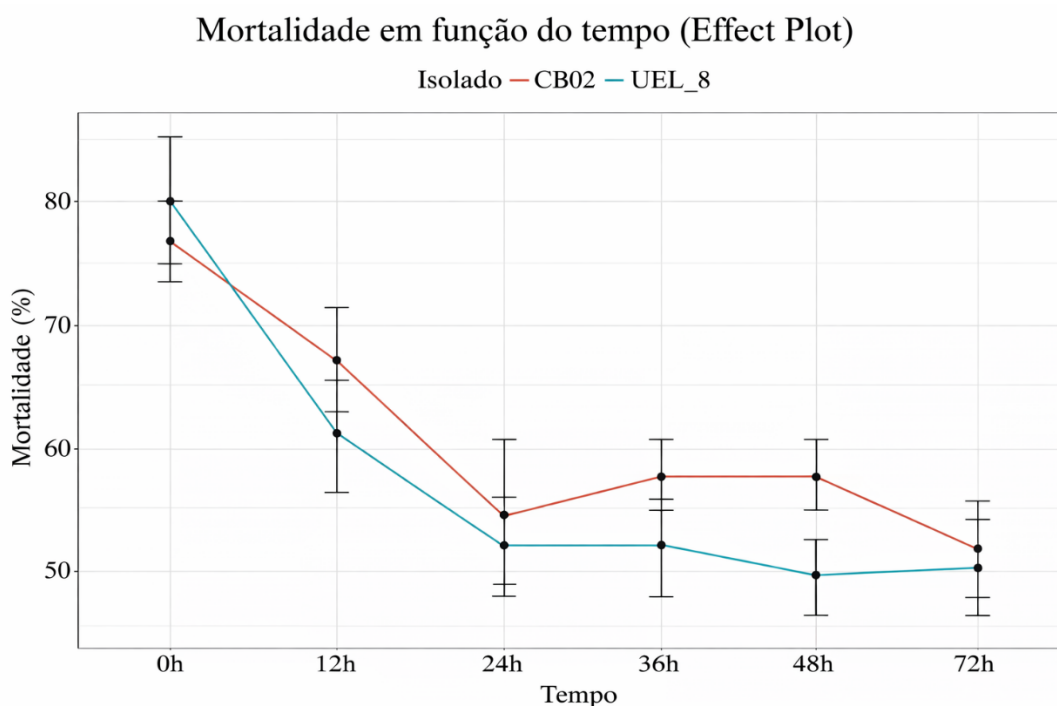


**Figura 2.5** - Lagartas de *Galleria mellonella* infectadas por a) *Heterorhabditis amazonensis* (isolado UEL08) e b) *Steinernema carpocapsae* (isolado IBCBn-02). c) Detalhe de lagarta infectada com *S. carpocapsae* e emergência dos nematoides a partir do cadáver

#### 2.3.4 Sobrevivência de Juvenis Infectantes inoculados em solo

Os dados referentes a sobrevivência dos JIs no solo não apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p = 0,66$ ) e por isso foram submetidos a nova análise para dados com distribuição não paramétrica (teste Scheirer-Ray-Hare), onde foi possível observar que apenas o fator tempo apresentou significância ( $p = 4,64 \times 10^{-08}$ ), por isso, para análise dos dados, foram consideradas as mortalidades dentro de cada isolado de forma independente. Quando observada a mortalidade de larvas de *T. molitor* ao longo do tempo causada por JI o isolado IBCBn-02 aplicado em solo, causou 77% de mortalidade na primeira avaliação e teve redução de aproximadamente 27% após 72 horas (Figura 2.6). De maneira semelhante o isolado UEL08 causou mortalidade de 80% na primeira avaliação, e apresentou redução de 32% na última avaliação após 72 hora. Esses resultados evidenciam que o solo

oferece condições mais adequadas à persistência dos NEP, protegendo-os contra radiação, temperatura e dessecação. Para ambos os isolados, houve diferença significativa entre os tempos avaliados (Tabela 2.2).



**Figura 2.6** – Viabilidade de juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08) e *Steinernema carpocapsae* (IBCB02) inoculados no solo e recuperados a partir da exposição de *Tenebrio molitor* ao longo de 72 horas

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram observações anteriores sobre a influência das condições ambientais na infectividade e persistência de *Heterorhabditis*. Saunders et al. (1999) verificaram que temperaturas entre 20 °C e 28 °C favorecem a atividade dos juvenis infectantes (JIs), ampliando a capacidade de penetração e infecção dos hospedeiros. Essa faixa coincide com as condições mantidas neste experimento, o que pode explicar a elevada taxa de infecção observada.

De modo semelhante, Shapiro-Ilan et al. (2006) demonstraram que os JIs podem permanecer viáveis no solo por períodos prolongados, chegando a várias semanas, especialmente quando há disponibilidade constante de umidade. No presente estudo, a

manutenção da umidade no substrato pode ter contribuído para a persistência e o desempenho satisfatório dos nematoides ao longo do período experimental.

Tempo (h)	IBCBn_02	UEL08
0	76,66±8,16 a	80,00±12,65 a
12	66,66±10,33 ab	60,00±12,65 ab
24	53,33±16,33 ab	50,00±10,95 b
36	56,66±8,16 ab	50,00±10,95 b
48	56,66±8,16 ab	46,66±10,33 b
72	50,00±10,95 b	48,00±10,95 b
	C.V. = 17,91%	C.V. = 20,94%

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 2.2. Porcentagem de mortalidade de *Tenebrio molitor* ( $\pm$ Desvio Padrão) exposto a solo contendo juvenis infectantes de dois isolados de nematoides entomopatogênicos em diferentes tempos após a aplicação em condições de casa-de-vegetação.

Ainda, segundo Koppenhöfer et al. (2006) o tipo de solo pode ser um fator importante, e afetar a sobrevivência dos JI, e que solos argilosos, apesar de restringirem a mobilidade dos nematoides, mantêm níveis de umidade mais estáveis, favorecendo maior sobrevivência dos JI em comparação a solos arenosos. Essa característica pode explicar a manutenção da infectividade observada nas amostras avaliadas, uma vez que a textura argilosa tende a reduzir perdas por dessecação.

Por fim, estudos de Hazir et al. (2003) e Shapiro-Ilan e Dolinski (2015) enfatizam que fatores abióticos, como temperatura, radiação, pH e umidade, interagem de forma complexa e decisiva sobre a eficácia dos entomopatógenos. Tais fatores explicam a variação de desempenho entre estudos conduzidos em diferentes condições experimentais e reforçam a necessidade de considerar o ambiente como elemento central no sucesso das aplicações biológicas.

### 2.3.5 Eficiência de NEP sobre pupas de *Spodoptera cosmioides* em casa-de-vegetação

Em casa de vegetação, as pupas tratadas com NEP apresentaram mortalidade baixa e sem diferenças significativas entre tratamentos ( $F = 2,667$ ;  $p = 0,1101$ ). As médias foram de 0 % para os tratamentos controle e IBCB02 e de 4 % para o isolado UEL08 (Figura 2.7).

Cecconello et al. (2025) observaram mortalidades pupais em laboratório ao utilizar os isolados UEL08 e IBCB02 sobre *S. cosmioides*, confirmando que, embora haja infectividade, o estágio pupal apresenta maior resistência quando ao estágio larval. No presente estudo, a mortalidade pupal observada em casa-de-vegetação foi de apenas 4%, valor inferior ao registrado em condições laboratoriais. Esse resultado evidencia a forte influência dos fatores ambientais sobre a eficiência dos nematoides, como radiação, temperatura, umidade, barreiras físicas do solo e ausência de estímulos químicos associados à alimentação larval. A menor suscetibilidade das pupas em ambiente semi-controlado reforça a complexidade da aplicação prática desses agentes para o controle dessa fase do inseto e destaca a importância de avaliar os isolados em condições mais próximas da realidade agrícola.

A baixa eficiência observada é coerente com estudos que relatam a resistência natural das pupas aos NEPs. Segundo Molyneux (1985), a penetração em pupas é dificultada pela espessura e esclerotização da cutícula, que atua como barreira mecânica e química à entrada dos juvenis infectantes (JIs). A infecção de pupas por nematoides entomopatogênicos geralmente é menos eficiente que em larvas, muitas vezes exigindo doses mais elevadas e bom contato entre JIs e hospedeiro, em razão da mobilidade limitada dos juvenis no solo e das barreiras físicas impostas pela cutícula pupal (Hazir et al., 2003; Lacey e Shapiro-Ilan, 2012).

Durante a pupação, ocorre intensa reorganização histológica com deposição de proteínas estruturais, lipídios e ceras epicuticulares que reduzem a permeabilidade e a perda de água (Hazir et al., 2003). A cutícula pupal, portanto, constitui uma barreira física e química eficiente, dificultando tanto a penetração mecânica quanto o reconhecimento químico pelos JIs. Além disso, a pupa apresenta metabolismo reduzido, baixa circulação de hemolinfa e níveis mínimos de oxigênio interno, condições que desfavorecem a multiplicação das bactérias simbiotas (Lewis et al., 2006).

Espécies de *Spodoptera* apresentam hábito pupal subterrâneo, formando câmaras pouco profundas recobertas por partículas de solo (Angulo e Weigert, 1975). Essa estrutura, associada à baixa mobilidade dos nematoides em solos compactados ou com baixa umidade, reduz a probabilidade de contato e infecção (Hazir et al., 2004; Grewal, Ehlers e Shapiro-Ilan, 2005). Essa barreira física adicional explica a baixa mortalidade observada neste estudo (0–4 %), mesmo em ambiente controlado.

O modo de penetração também varia entre gêneros: *Heterorhabditis* spp. possui um dente cefálico que perfura a cutícula, mas o processo é lento e depende de regiões menos

esclerotizadas; já *Steinernema* spp. penetra preferencialmente por orifícios naturais, como espiráculos e região anal estruturas seladas durante a metamorfose (Koppenhöfer; Grewal, 2005). Assim, as pupas oferecem proteção anatômica e fisiológica combinada, resultando em baixa suscetibilidade.

Mesmo em repouso metabólico, a hemolinfa pupal mantém mecanismos imunológicos ativos, contendo proteínas antimicrobianas e fatores de reconhecimento que podem limitar a sobrevivência das bactérias simbiotes *Photorhabdus* e *Xenorhabdus* (Ehlers, 2001).



**Figura 2.7** - Dissecção de pupa de *Spodoptera cosmioides* para confirmação de morte causada por *Heterorhabditis amazonensis* (UEL08).

Embora a mortalidade seja baixa, efeitos subletais foram descritos por Dolinski et al. (2017), como alterações de coloração e deformações em adultos emergentes, associadas à ação de metabólitos bacterianos (stilbenos e oxazinonas). Esses efeitos, ainda que não letais, podem reduzir a longevidade e a fecundidade dos adultos, contribuindo para o declínio populacional da praga.

Em síntese, a resistência pupal de *S. cosmioides* aos NEP resulta de barreiras físicas, químicas e fisiológicas complexas. Contudo, o aprimoramento de formulações oferece caminhos promissores para o controle desse estágio da praga.

## Conclusões

As dietas avaliadas foram adequadas para o desenvolvimento de *S. cosmioides*, mas a dieta artificial adaptada de Greene foi mais eficiente, resultando em menor ciclo e maior fecundidade das fêmeas. Os nematoides entomopatogênicos UEL08 E IBCBn-02 reduziram o consumo foliar por lagartas de *S. cosmioides* e apresentaram capacidade de sobrevivência por até 72 horas quando aplicados em solo em casa-de-vegetação. No entanto, quando aplicados em parte aérea houve significativa redução da sua viabilidade, indicando que é necessário investigar o uso de adjuvantes que aumentem a viabilidade do nematoide nessas condições.

## Agradecimentos

Agradeço à CAPES pela bolsa concedida, à Universidade Estadual do Norte do Paraná e ao LabINP pelo espaço e suporte disponibilizados para a realização dos experimentos.

## Referências

- Andaló, V., Moino Jr., A., Santa Cecília, L. V. (2004). Susceptibility of pupae to entomopathogenic nematodes. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(2), 397–403.
- Andaló, V., Santos, V., Moreira, G. F., Moreira, C. C., Freire, M., & Moino Jr., A. (2012). Movement of *Heterorhabditis amazonensis* and *Steinernema arenarium* in search of corn fall armyworm larvae. *Scientia Agricola*, 69(3), 226–230
- Andaló, V., Santos, V., Moreira, G. F., Moreira, C. C., Junior, A. M. (2010). Evaluation of entomopathogenic nematodes under laboratory and greenhouse conditions for the control of *Spodoptera frugiperda*. *Ciência Rural*, 40(9), 1860–1866.
- Angulo, A. O., Weigert, G. T. (1975). Noctuids (*Lepidoptera*) of economic interest in the Ica Valley, Peru: Key to the immature stages. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1), 98–103.
- Bavaresco, A., Garcia, M. S., Grützmacher, A. D., Foresti, J., & Ringenberg, R. (2001). Efeito de fontes de carboidratos sobre o desempenho reprodutivo de *Spodoptera cosmioides*. *Revista Brasileira de Agrociência*, 3(7), 177–180.
- Bavaresco, A., Garcia, M. S., Grützmacher, A. D., Foresti, J., & Ringenberg, R. (2002). Biologia e exigências térmicas de *Spodoptera cosmioides*. *Neotropical Entomology*, 31(1), 49–54.
- Bavaresco, A., Garcia, M. S., Grützmacher, A. D., Foresti, J., & Ringenberg, R. (2003). Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* em diferentes hospedeiros. *Ciência Rural*, 33(6), 993–998.

- Bavaresco, A., Garcia, M. S., Grützmacher, A. D., Foresti, J., & Ringenberg, R. (2004). Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides*. *Neotropical Entomology*, 33(2), 155–161.
- Bedding, R. A., & Molyneux, A. S. (1982). Penetration and development of *Heterorhabditis*. *Parasitology*, 84, 1–12.
- Bellini, L. L. (2011). *Avaliação de nematoides entomopatogênicos aplicados via foliar* (Master's thesis). Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- Bellini, L. L., & Dolinski, C. (2012). Foliar application of entomopathogenic nematodes for control of *Diatraea saccharalis*. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 997–1004.
- Bento, F. M. M.; Magro, S. R.; Fortes, P.; Zério, N. G.; PARRA, J. R. P. (2007). Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Agrotis ipsilon* em dieta artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1369-1372.
- Bertels, A., & Baucke, O. (1966). Segunda relação das pragas das plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1, 17–46.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Produção de grãos 24/25 atinge recorde histórico de 350,2 milhões de toneladas. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-24-25-atinge-recorde-historico-de-350-2-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- Bueno, A. F.; Panizzi, A. R.; Hunt, T. E.; Dourado, P. M.; Pomari, A. F. (2021) Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. *Neotropical Entomology*, v. 50, p. 5–20.
- Campos-Herrera, R. (2015). Nematode pathogenesis of insects and other pests. Ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection. Switzerland: Springer International Publishing, 10-1007.
- Cecconello, D M; Taguti, P. S; Neves, P. M. J. O; Alves, V. S. (2025). Efficiency of Entomopathogenic Nematodes Applied to Larvae and Pupae of *Spodoptera Cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) Under Laboratory and Greenhouse Conditions
- Clarke, D. J. (2008). *Photorhabdus*: A model for the analysis of pathogenicity and mutualism. *Cellular Microbiology*, 10(10), 2159–2167.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2024). *Safra de grãos 2023/2024*. <https://www.conab.gov.br>
- Costa, J. O.; Peña Arroyo, V. P.; Núñez-De La Rosa, Y.; Ballesteros-Ballesteros, V. A.; Nisperuza Toledo, J. L.; Birolli, W. G. (2026) Chemical defense mechanisms of soybean genotypes against lepidopterans. *Frontiers in Plant Science*, v. 17, p. 1744490.
- Dolinski, C., Mazzo, E., Souza, R. M., & Moino Jr., A. (2017). Studies on entomopathogenic nematodes in Brazil: Past and future. *Nematoda*, 4, e0102017.
- Ehlers, R. U. (2001). Mass production of entomopathogenic nematodes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(5–6), 623–633.

- Garcia, T. V., Knaak, N., & Fiuza, L. M. (2016). Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico. *Arquivos do Instituto Biológico*, 82, 1–9.
- Greene, G. L.; Leppla, N. C.; Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, Baltimore, 69(4) 487-488.
- Grewal, P. S., Campbell, J. F., & Selvan, S. (1994). Host-finding behaviour of entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 26, 24–30.
- Grewal, P. S., de Nardo, E. A. B., & Aguilera, M. M. (2001). Entomopathogenic nematodes in South America. *Neotropical Entomology*, 30, 191–205.
- Grewal, P. S., Ehlers, R.-U., & Shapiro-Ilan, D. I. (2005). *Nematodes as biocontrol agents*. CABI Publishing.
- Habib, M. E. M., Paleari, L. M., & Amaral, M. E. C. (1982). Effect of three larval diets on the development of the armyworm *Spodoptera latifascia*. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1, 177–182.
- Hazir, S., Kaya, H. K., Stock, S. P., & Keskin, N. (2003). Entomopathogenic nematodes for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology*, 27(4), 181–202.
- Hazir, S., Kaya, H. K., Stock, S. P., & Keskin, N. (2004). Entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*): Biology, taxonomy and biodiversity. *Turkish Journal of Biology*, 28, 127–181.
- Hoffman-Campo, C. B., Oliveira, E. B., & Moscardi, F. (1985). *Criação massal da lagarta da soja*. Embrapa Soja.
- Koppenhöfer, A. M., & Fuzy, E. M. (2006). Effect of soil type on nematode infectivity. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92(1), 11–22.
- Koppenhöfer, A. M., Shapiro-Ilan, D. I., & Hiltbold, I. (2020). Entomopathogenic nematodes in sustainable food production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 125.
- Lacey, L. A., & Georgis, R. (2012). Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*, 44(2), 218–225.
- Lewis, E. E., Campbell, J., Griffin, C., Kaya, H. K., & Peters, A. (2006). Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 38, 66–79.
- Li, X., Cowles, E. A., Cowles, R. S., Gaugler, R., & Cox-Foster, D. L. (2009). Immunosuppressive proteins from *Steinernema glaseri*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 165(2), 162–169.
- Lucena, M. A. de; Carneiro, P. G. Morais; Sousa, Eliane P. (2023) Indicadores de comércio internacional e seus efeitos nas exportações de soja do Matopiba. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 22, 2023

- Molina, J. P., & Lopes, R. B. (2001). Produção in vivo de nematoides entomopatogênicos. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- Molyneux, A. S. (1986). Cuticle degradation in insects infected by *Heterorhabditis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 48, 45–50.
- R Core Team (2025). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria
- Santos, G. P., Cosenza, G. W., & Albino, J. J. (1980). Biologia de *Spodoptera latifascia*. *Revista Brasileira de Entomologia*, 24, 153–155.
- Santos, Karen B. dos; Meneguim, Ana M.; Neves, Pedro Moj. (2005). Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 6, p. 903–910.
- Saunders, J. E., & Webster, J. M. (1999). Temperature effects on nematode infectivity. *Journal of Nematology*, 31, 299–307.
- Shapiro-Ilan, D. I., & Dolinski, C. (2015). Entomopathogenic nematode application. In R. Campos-Herrera (Ed.), *Nematode pathogenesis* (pp. 231–254). Springer.
- Shapiro-Ilan, D. I., Gouge, D. H., & Koppenhöfer, A. M. (2006). Application technology for entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 38(1), 124–133.
- Slansky JR., F.; Scriber, J. M. (1982) Selected bibliography and summary of quantitative food utilization by immature insects. *Bulletin of the Entomological Society of America*, v. 28, n. 1, p. 43–56.
- Souza, J. K. A., Ribeiro, A. B., Marinho, A. C., Garcia, G. S., De Oliveira, T. R., & De Souza, J. A. (2021). Nematoides entomopatogênicos no controle de insetos-praga no Brasil. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, 2(4), 8–18.
- Voss, M., Andaló, V., Barbosa-Negrisoni, C. R., & Barbosa-Negrisoni Junior, A. S. (2009). Manual de técnicas laboratoriais para nematoides entomopatogênicos. Embrapa Trigo.