

Potencial inseticida de *Bacillus thuringiensis* no manejo sustentável de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em culturas agrícolas

Insecticidal potential of Bacillus thuringiensis in the sustainable management of Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in agricultural crops

MARIELLI DE CAMARGOS RESENDE

Discente de Ciências Biológicas (UNIPAM)
mariellcamargos@unipam.edu.br

ELISA QUEIROZ GARCIA

Professora orientadora (UNIPAM)
elisaqg@unipam.edu.br

Resumo: *Bacillus thuringiensis* (Bt) é uma bactéria entomopatogênica com alto potencial para o controle de *Spodoptera frugiperda*, uma das pragas agrícolas mais prejudiciais ao cultivo de milho, soja e algodão no Brasil. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de duas cepas de *Bt* (S1450 e S1457) no controle biológico de lagartas de *S. frugiperda* em laboratório. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (seis concentrações de esporos e controle) e três repetições. Avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente durante sete dias após a exposição inicial. Os resultados mostraram que a cepa S1450, nas concentrações de 1×10^8 e 1×10^7 esporos/mL, apresentou taxas de mortalidade de 90% a 100%, significativamente superiores às demais concentrações. Já a cepa S1457 mostrou menor eficiência, com taxas de mortalidade entre 20% e 70% nas mesmas concentrações. Concluiu-se que a cepa S1450 é mais eficaz no controle de *S. frugiperda*, sugerindo sua aplicabilidade em programas de manejo sustentável de pragas agrícolas.

Palavras-chave: bioensaio; controle biológico; microbiologia agrícola; sustentabilidade.

Abstract: *Bacillus thuringiensis* (Bt) is an entomopathogenic bacterium with high potential for the control of *Spodoptera frugiperda*, one of the most damaging agricultural pests affecting maize, soybean, and cotton crops in Brazil. This study aimed to evaluate the efficacy of two Bt strains (S1450 and S1457) in the biological control of *S. frugiperda* larvae under laboratory conditions. The experiment was carried out in a completely randomized design with seven treatments (six spore concentrations and a control) and three replications. Mortality assessments were performed daily for seven days after initial exposure. The results showed that strain S1450, at concentrations of 1×10^8 and 1×10^7 spores/mL, exhibited mortality rates of 90% to 100%, significantly higher than the remaining concentrations. Strain S1457 showed lower efficiency, with mortality rates ranging from 20% to 70% at the same concentrations. It was concluded that strain S1450 is more effective in controlling *S. frugiperda*, indicating its potential applicability in sustainable pest management programs.

Keywords: bioassay; biological control; agricultural microbiology; sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Bacillus thuringiensis (Bt) é uma bactéria entomopatogênica amplamente utilizada no controle biológico de pragas agrícolas, devido à sua seletividade e ao baixo impacto ambiental (Lenina *et al.*, 2014). Essa bactéria é conhecida por produzir proteínas tóxicas, especialmente as proteínas Cry, que atuam de forma específica em diversas espécies de insetos-praga, como a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), uma das principais pragas nas culturas de milho, algodão e soja no Brasil (Cruz, 1995; Figueiredo *et al.*, 2005; Melatti *et al.*, 2005). Essas proteínas Cry se ligam a receptores específicos no trato digestivo das lagartas, causando a formação de poros na parede intestinal, o que leva à paralisia e morte do inseto (Bravo *et al.*, 2011). A especificidade de *B. thuringiensis* torna seu uso uma alternativa eficaz e segura ao controle químico, com vantagens na redução dos impactos ambientais e na preservação de inimigos naturais (Crickmore *et al.*, 1998; Corrêa, 2012).

S. frugiperda, conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma praga que causa danos significativos às culturas, com perdas consideráveis na produção. Ao se alimentar das folhas, especialmente nas fases iniciais do ciclo da planta, a praga pode destruir plantas jovens e comprometer o desenvolvimento de culturas mais maduras, reduzindo tanto a produtividade quanto a qualidade dos grãos (Pavarini *et al.*, 2023). O uso intensivo de inseticidas químicos no manejo de *S. frugiperda* tem sido associado ao desenvolvimento de resistência e à diminuição da eficácia desses produtos, tornando urgente a busca por alternativas sustentáveis para o controle da praga (Carvalho *et al.*, 2013).

Neste contexto, o uso de cepas de *B. thuringiensis* oferece um potencial promissor, com cepas diferentes apresentando níveis variados de eficácia, dependendo das concentrações e da capacidade de produção das proteínas Cry específicas (Bravo *et al.*, 2011; Vachon *et al.*, 2012). Este estudo visa comparar a eficácia de duas cepas de *B. thuringiensis*, S1450 e S1457, no controle de *S. frugiperda* em condições de laboratório, com o objetivo de identificar o potencial de controle biológico de cada cepa e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de pragas mais sustentáveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ORIGEM DAS CEPAS E LAGARTAS

As cepas S1450 e S1457 de *Bacillus thuringiensis* e as 450 lagartas de segundo instar (Figura 1) de *Spodoptera frugiperda* utilizadas no experimento foram obtidas do acervo do Laboratório de Pesquisas Biológicas, Aditivos e Protetores, da empresa NOOA Ciência e Tecnologia, localizada em Patos de Minas, Minas Gerais. As cepas foram preservadas em papel filtro e mantidas em condições específicas até o momento da utilização nos bioensaios.

2.2 CULTIVO E FERMENTAÇÃO DOS ISOLADOS BACTERIANOS

As cepas S1450 e S1457 de *Bacillus thuringiensis*, preservadas em papel filtro, foram cultivadas em meio líquido específico para *Bacillus* sp., composto por açúcar (4,0 g), proteína de soja (2,4 g), amido de milho (0,8 g), extrato de levedura (2,4 g), sulfato de amônio (0,3 g), fosfato monobásico de potássio (0,6 g), fosfato bifásico de potássio (0,6 g) e solução de sais (10 mL). Os inóculos foram mantidos sob agitação em shaker a 200 rpm e a 30°C por três dias, período durante o qual o desenvolvimento e a esporulação das cepas foram monitorados por meio de microscopia para garantir a esporulação completa. Após essa fase, a pureza e a concentração dos inóculos foram avaliadas para assegurar a qualidade e, então, os inóculos foram armazenados para uso nos bioensaios.

Figura 1: Microscopia óptica dos inóculos das cepas S1450 e S1457 de *Bacillus thuringiensis* (aumento de 1000x, sem corantes), evidenciando esporos liberados e cristais. Imagem utilizada para avaliação da pureza e esporulação das cepas.



2.3 PREPARO DA DIETA DOS INSETOS UTILIZADA NO BIOENSAIO

A dieta artificial para os bioensaios com *Spodoptera frugiperda* foi preparada seguindo as diretrizes de Cruz (1995). A composição da dieta incluiu feijão carioca (68,75 g), levedo de cerveja (21,04 g), gérmen de trigo (33 g), ágar-ágár (12,5 g), água deionizada (1000 mL) e ácido ascórbico (2,12 g). Todos os ingredientes, exceto o ácido ascórbico, foram homogeneizados em liquidificador. Em seguida, a mistura foi autoclavada a

121°C por 30 minutos para esterilização completa. Após a autoclavagem, o ácido ascórbico foi adicionado dentro de uma capela de fluxo laminar, utilizando um fouet esterilizado para assegurar a homogeneização. A dieta foi então distribuída em potes plásticos de 30 mL, que foram expostos à luz UV por 20 minutos até a solidificação completa, garantindo condições assépticas para o bioensaio.

2.5 REALIZAÇÃO DO BIOENSAIO

O bioensaio de patogenicidade das cepas de *Bacillus thuringiensis* foi realizado sob condições assépticas e controladas, com o objetivo de avaliar a eficácia de cada concentração no controle de *Spodoptera frugiperda*. Seguindo o protocolo de Becheleni *et al.* (2017), o bioensaio ocorreu em uma capela de fluxo laminar para garantir a esterilidade dos materiais e reduzir ao máximo a contaminação externa.

Inicialmente, a dieta artificial preparada foi autoclavada a 121°C por 30 minutos. Após a autoclavagem, a dieta foi distribuída em potes plásticos de 30 mL e exposta à luz UV por 20 minutos para assegurar a esterilização final e solidificação da dieta.

As cepas de *B. thuringiensis* (S1450 e S1457) foram diluídas em série para criar seis diferentes concentrações de esporos, variando de 1×10^8 a 1×10^2 esporos/mL, além do controle, que recebeu apenas água destilada estéril. Cada diluição foi aplicada sobre a superfície da dieta com o auxílio de uma micropipeta, depositando 160 µL da solução, garantindo que a camada superior fosse coberta uniformemente, sem formação de gotas, para permitir contato direto das lagartas com o tratamento.

Após a secagem dos tratamentos, dez lagartas de segundo instar de *S. frugiperda* foram cuidadosamente transferidas para cada pote com o auxílio de um pincel nº 00 esterilizado, evitando estresse mecânico e contaminação. Cada tratamento foi replicado em três potes, totalizando 30 unidades experimentais por cepa e concentração.

Os potes foram selados com tampas bem ajustadas para impedir a saída das lagartas e mantidos em uma sala de bioensaios com controle de temperatura a $25 \pm 3^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. A avaliação de mortalidade das lagartas foi realizada 24 horas após o início do experimento, seguida de observações diárias durante sete dias consecutivos. Em cada avaliação, o número de lagartas vivas e mortas foi registrado para análise.

As lagartas sobreviventes foram transferidas diariamente para novos potes contendo dieta artificial não tratada, evitando a exposição contínua aos esporos de *B. thuringiensis* e garantindo que os resultados de mortalidade fossem atribuídos ao tratamento inicial.

2.6 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos no bioensaio foram analisados utilizando métodos estatísticos descritivos e inferenciais. A mortalidade das lagartas em cada tratamento foi avaliada ao longo dos sete dias, com comparações transversais entre as diferentes concentrações de esporos das cepas S1450 e S1457. Para a análise inferencial, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn para comparações múltiplas, conforme

recomendado por Ayres *et al.* (2007). Foi adotado um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$) para rejeição da hipótese nula.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, a eficácia das cepas *Bacillus thuringiensis* (Bt) S1450 e S1457 no controle de *Spodoptera frugiperda* foi avaliada através de bioensaios em condições laboratoriais. Os dados obtidos destacaram diferenças significativas entre as duas cepas em relação à mortalidade das lagartas, dependendo da concentração do inóculo e do período de exposição.

A cepa S1450 apresentou alta eficiência, especialmente nas concentrações de 1×10^8 e 1×10^7 esporos/mL, alcançando taxas de mortalidade entre 90% e 100% (Tabela 1). A mortalidade foi observada a partir do 1º dia após a exposição (1DAE), com diferenças estatisticamente significativas em comparação às demais concentrações ($p<0,05$), mantendo-se elevada até o 7º dia (7DAE). Esse comportamento destaca o potencial da S1450 como uma ferramenta eficaz no manejo de pragas agrícolas, corroborando estudos que evidenciam a ação tóxica das proteínas Cry sobre o intestino médio de insetos-praga.

Tabela 1: Mortalidade (%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* ao longo de sete dias após o tratamento com diferentes concentrações da cepa S1450 de *Bacillus thuringiensis*.

As concentrações variam de 1×10^8 a 1×10^2 esporos/mL, incluindo um controle sem tratamento. Os valores representam a média de mortalidade diária acumulada, com avaliação diária para cada concentração ao longo do período experimental. As diferenças de mortalidade entre as concentrações foram analisadas estatisticamente pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de pós-teste de Dunn para comparações múltiplas ($p<0,05$)

Concentração esporo/ml	Resultado do experimento com a cepa S1450							
	0DAE E	1DA E	2DA E	3DA E	4DA E	5DA E	6DA E	7DA E
Controle								
Média	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DP	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mediana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1×10^8								
Média	0,0	9,0	9,0	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
DP	0,0	1,4	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mediana	0,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1×10^7								
Média	0,0	9,0	9,7	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
DP	0,0	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mediana	0,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
p-valor	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	Ns

1x10⁶								
	Média	0,0	1,3	2,0	3,3	3,7	3,7	3,7
	DP	0,0	0,9	1,6	1,2	0,9	0,9	0,9
	Mediana	0,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	p-valor	ns	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>
1x10⁵								
	Média	0,0	1,3	2,0	3,3	4,0	4,0	4,0
	DP	0,0	1,2	0,8	2,1	1,4	1,4	1,4
	Mediana	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	p-valor	ns	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>
1x10⁴								
	Média	0,0	0,3	0,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	DP	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Mediana	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	p-valor	ns	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>
1x10³								
	Média	0,0	0,0	0,3	1,3	1,3	1,3	1,7
	DP	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Mediana	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0
	p-valor	ns	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>
1x10²								
	Média	0,0	0,3	1,0	1,7	2,3	3,3	3,3
	DP	0,0	0,5	0,8	1,2	1,7	0,9	0,9
	Mediana	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0
	p-valor	ns	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>	<i>p<0,05</i>
p-valor		0,9999	0,0026	0,0015	0,0014	0,0008	0,0005	0,0005

Por outro lado, a cepa S1457 demonstrou uma eficiência inferior. Mesmo nas concentrações mais altas, as taxas de mortalidade variaram entre 20% e 70% (Tabela 2). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações testadas ($p>0,05$), sugerindo uma menor toxicidade desta cepa em relação à S1450. Essa diferença pode ser explicada pela ausência de proteínas Cry específicas para os receptores intestinais de **S. frugiperda**, conforme apontado por estudos anteriores.

Tabela 2: Mortalidade (%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* ao longo de sete dias após o tratamento com diferentes concentrações da cepa S1457 de *Bacillus thuringiensis*.

As concentrações variam de 1×10^8 a 1×10^3 esporos/mL, incluindo um controle sem tratamento. Os valores representam a média de mortalidade diária acumulada, com avaliação diária para cada concentração ao longo do período experimental. As diferenças de mortalidade entre as concentrações foram analisadas estatisticamente pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de pós-teste de Dunn para comparações múltiplas ($p < 0,05$)

Concentração (esporos/mL)	Resultado do experimento com a cepa S1457							
	0DAE	1DAE	2DAE	3DAE	4DAE	5DAE	6DAE	7DAE
Controle								
	Média	0,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0
	DP	0,0	2,8	2,8	2,2	2,2	1,4	1,4
	Mediana	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	3,0	3,0
1×10^8								
	Média	0,0	2,3	2,7	3,3	3,7	4,0	4,0
	DP	0,0	2,6	2,5	2,6	2,5	2,2	2,2
	Mediana	0,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
1×10^7								
	Média	0,0	2,0	2,3	2,7	2,7	3,3	3,3
	DP	0,0	1,4	1,2	1,7	1,7	1,7	1,7
	Mediana	0,0	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0
	p-valor	ns						
1×10^6								
	Média	0,0	1,7	2,3	2,7	2,7	2,7	2,7
	DP	0,0	2,4	2,1	1,7	1,7	1,7	1,7
	Mediana	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	p-valor	ns						
1×10^5								
	Média	0,0	0,7	1,0	2,3	3,0	3,0	3,0
	DP	0,0	0,5	0,8	1,2	0,8	0,8	0,8
	Mediana	0,0	1,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0
	p-valor	ns						
1×10^4								
	Média	0,0	1,7	2,0	2,7	3,0	3,0	3,0
	DP	0,0	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6
	Mediana	0,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
	p-valor	ns						
1×10^3								

	Média	0,0	1,7	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	DP	0,0	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Mediana	0,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	p-valor	ns							
1x10²									
	Média	0,0	1,9	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
	DP	0,0	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	Mediana	0,0	1,8	2,2	2,7	2,9	3,0	3,1	3,1
	p-valor	ns							
p-valor		0,9999	0,7703	0,7464	0,7512	0,5925	0,3686	0,4057	0,4057

Os gráficos de mortalidade (Figuras 2 e 3) reforçam que a cepa S1450 teve um impacto mais rápido e consistente na redução populacional das lagartas, enquanto a S1457 apresentou uma resposta limitada, mesmo em condições de concentração ideal. Esses resultados indicam a importância de selecionar cepas específicas para o controle de pragas-alvo, como ressaltado por Praça *et al.* (2007) e Becheleni *et al.* (2017).

Figura 2: Taxa média de mortalidade (%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* ao longo de sete dias após exposição à cepa S1450 de *Bacillus thuringiensis* em diferentes concentrações de esporos (1×10^8 a 1×10^2 esporos/mL). As avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente, e as diferenças entre as concentrações foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis, com pós-teste de Dunn ($p < 0,05$)

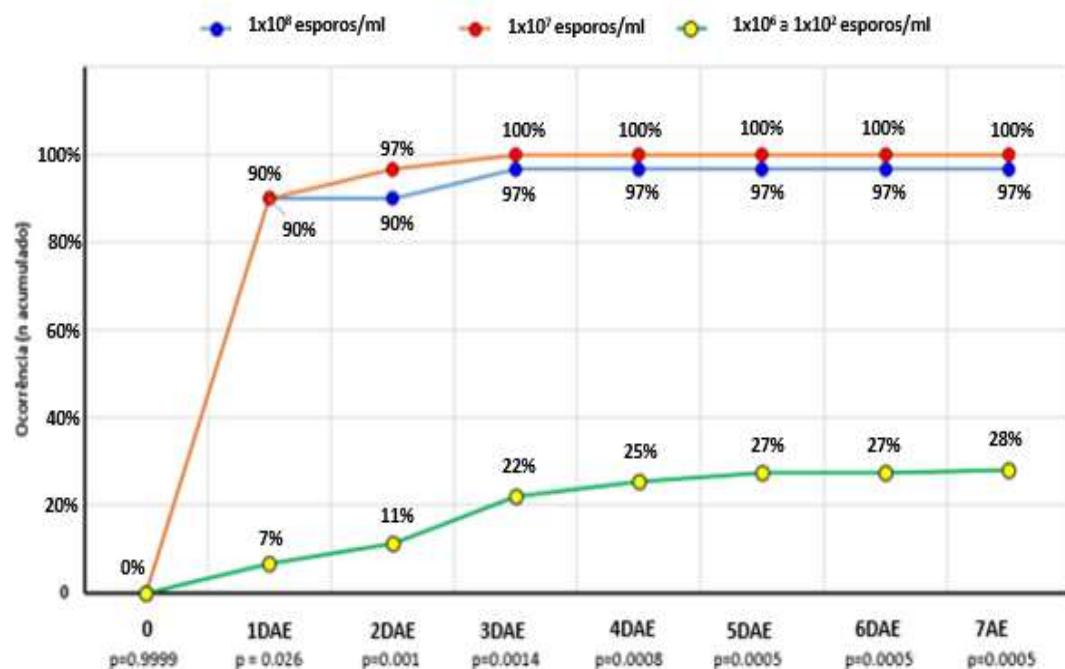
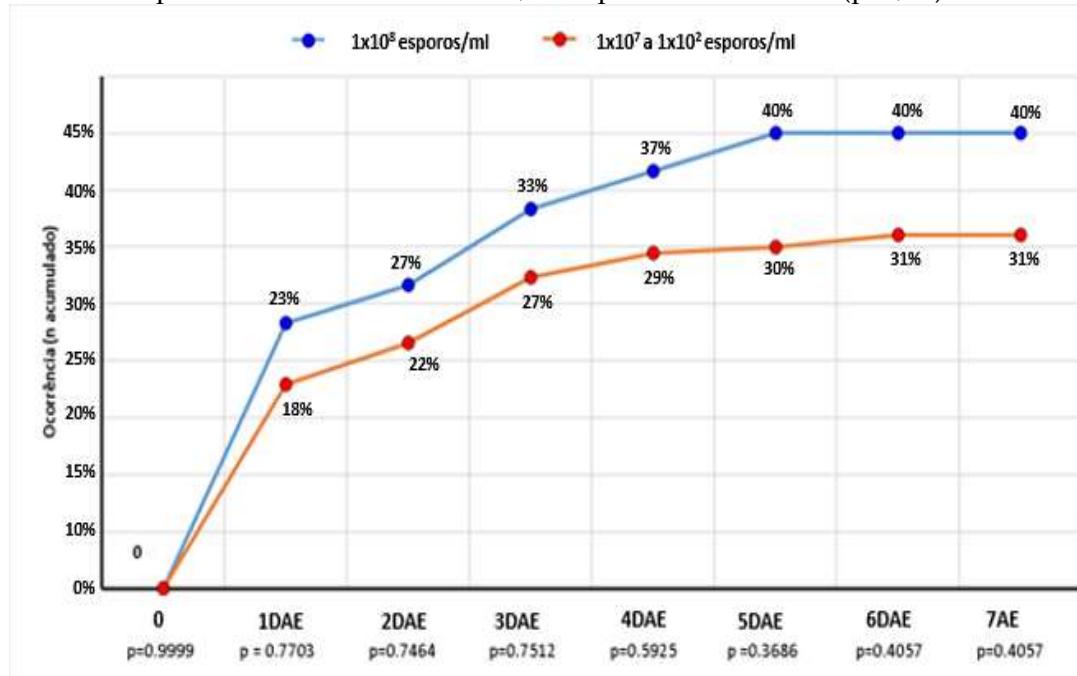


Figura 3: Taxa média de mortalidade (%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* ao longo de sete dias após exposição à cepa S1457 de *Bacillus thuringiensis* em diferentes concentrações de esporos (1×10^8 a 1×10^2 esporos/mL). As avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente, e as diferenças entre as concentrações foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis, com pós-teste de Dunn ($p < 0,05$)



Além disso, a variação na eficiência entre as cepas pode estar associada à presença de outras toxinas, como Vip e Cyt, ou à interação com fatores genéticos dos isolados bacterianos, como discutido por Polanczyk e Alves (2003), Lee *et al.* (2003) e Costa (2009). A presença dessas toxinas pode influenciar diretamente a toxicidade do inóculo e a sua aplicação prática.

Conclui-se que a cepa S1450 apresenta maior potencial para o controle de *S. frugiperda* em condições laboratoriais, destacando-se como uma alternativa promissora para programas de manejo integrado de pragas. No entanto, estudos adicionais em condições de campo são necessários para validar sua eficácia e explorar o impacto em organismos não-alvo. Por outro lado, a cepa S1457, embora menos eficiente, ainda pode ter aplicações específicas dependendo do contexto agrícola e das espécies-alvo. Esses achados reforçam a necessidade de estudos contínuos para otimizar o uso de *Bacillus thuringiensis* e desenvolver estratégias de controle biológico mais eficazes e sustentáveis.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que a cepa S1450 de *Bacillus thuringiensis* é altamente eficaz no controle de *Spodoptera frugiperda*, especialmente nas concentrações de 1×10^8 e 1×10^7 esporos/mL, que apresentaram taxas de mortalidade superiores a 90%. Em comparação, a cepa S1457 mostrou-se menos eficiente, com mortalidade máxima de 70% nas concentrações mais elevadas. Esses achados reforçam o potencial da cepa S1450 como uma alternativa viável e sustentável aos inseticidas

químicos no manejo de pragas agrícolas, oferecendo uma solução eficaz para a redução de *S. frugiperda* em cultivos de milho, soja e algodão.

A alta especificidade e a letalidade da cepa S1450 indicam seu potencial para desenvolvimento em formulações comerciais de bioinseticidas, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e com menor impacto ambiental. Recomenda-se, no entanto, que futuros estudos avaliem a eficácia dessa cepa em condições de campo, considerando fatores ambientais que possam influenciar sua ação, e explorem estratégias de integração com outros métodos de controle biológico para otimizar o manejo integrado de pragas.

REFERÊNCIAS

- AYRES M.; AYRES JUNIOR M.; AYRES D. L.; SANTOS A. A. S. **Bioestat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. 2007. 70p. ONG Mamirauá, Belém. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alex-De-Assis-Dos-Santos-2/publication/263608962_BIOESTAT_-_aplicacoes_estatisticas_nas_areas_das_Ciencias_Bio-Medicas/links/02e7e53b598e69ebfe000000/BIOESTAT-aplicacoes-estatisticas-nas-areas-das-Ciencias-Bio-Medicas.pdf.
- BECHELENI F. R.; SALES C. M. L.; CAMPOLINO M. L. **Aplicação biotecnológica da bactéria *Bacillus thuringiensis* no controle biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda***. 2017. p 12. Disponível em: <http://jornalold.faculdadecienciasdavida.com.br/index.php/RBCV/article/view/295#:~:text=O%20intuito%20do%20presente%20trabalho%20foi%20avaliar%20e,da%20Embrapa%20Milho%20e%20Sorgo%20em%20Sete%20Lagoas%20FMG>.
- BRAVO, A.; LIKITVIVATANAVONG, S.; GILL S. S.; SOBERÓN, M. ***Bacillus thuringiensis*: A Story of a Successful Bioinsecticide**. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* vol 41 (7) 423-431. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965174811000543?via%3Dihub>.
- CARVALHO, R. A.; OMOTO, C.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Investigating the Molecular Mechanisms of Organophosphate and Pyrethroid Resistance in the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plos one*, v. 8, n. 4, p.62268, 2013. Public Library of Science. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0062268>.
- CORRÊA, R. F. T. **Avaliação da toxicidade de proteínas Cry e Cyt de *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* para diferentes linhagens de células de inseto e de mamífero**. Tese de doutorado – Universidade de Brasília. 127p. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/10935>.

COSTA, J. R. V. **Predição in vitro da atividade tóxica de isolados de *Bacillus thuringiensis* Berliner e efeito sinergístico no controle de larvas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae).** 93p. Jaboticabal: FCAV-Unesp Tese de doutorado. 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/c2e7f753-78bd-452e-b071-d8241d280f5e>.

CRICKMORE, N.; ZEIGLER, D. R.; FEITELSON, J.; SCHNEPF, E.; VAN RIE, J.; LERECLUS D.; BAUM J.; DEAN D. H. Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews** 62:<https://doi.org/10.1128/mmbr.62.3.807-813.1998>. 1998. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/mmbr.62.3.807-813.1998>.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA: CNPSM, 45. 1995. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/475779>.

FIGUEIREDO, M. L. C.; PENTEADO-DIAS, A. M.; CRUZ, I. Danos provocados por *Spodoptera frugiperda* na Produção de Matéria Seca e nos Rendimentos de Grãos, na Culturado Milho Maria. **Embrapa**, dezembro, p. 1–6, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/489728>.

LEE, M. K.; WALTERS, F. S.; HART, H.; PALEKAR, N.; CHEN, J.S. The mode of action of the *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A differs from that of Cry1Ab Endotoxin. **Appl. Environ. Microbiol.** 69: 4648-4657. 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12902253/>.

LENINA, N. K.; NAVEENKUMAR, A.; SOZHAVENDAN, A. E.; BALAKRISHNAN, N.; BALASUBRAMANI, V.; UDAYASURIYAN, V. Characterization of parasporin gene harboring Indian isolates of *Bacillus thuringiensis*. **Biotech**, v. 4, n. 5, p. 545-551. 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28324389/>>.

MELATTI, V.; BATISTA, A.; DEMO, C.; PRAÇA, L.; BROD, C.; MONNERAT, R. G. Determinação da susceptibilidade de *Spodoptera frugiperda* a diferentes subespécies de *Bacillus thuringiensis*. **EMBRAPA Recursos Genéticos**. 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/187098>

PAVARINI, R.; LOURENÇO, A. M. A.; NEVES, G. D.; PAVARINI, G. M. P. Bioatividade de extratos aquosos de folhas de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **BioAssay**, v. 18. 2023. Disponível: <https://www.bioassay.org.br/index.php/bioassay/article/view/ba18002/214>.

POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thuringiensis*: Uma breve revisão. **Agrociência**. 7: 1-10. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291896406_Bacillus_thuringiensis_Uma_breve_revisao.

POTENCIAL INSETICIDA DE *BACILLUS THURINGIENSIS* NO MANEJO SUSTENTÁVEL
DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM CULTURAS AGRÍCOLAS

PRAÇA, L. B.; SOARES, E. M.; MELATTI, V. M.; MONNERAT, R. G. *Bacillus thuringiensis* Berliner (Eubacteriales: Bacillaceae): aspectos gerais, modo de utilização. **EMBRAPA.** 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/189667/1/doc239.pdf>.

VACHON, V.; LAPRADE, R.; SCHWARTZ, J. Current Models of the Mode of Action of *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Crystal Proteins: a Critical Review. **Journal of Invertebrate Pathology**, 111(1), 1-12. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201112001358>.