



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BIANCA MARINA COSTA NASCIMENTO

**Atividade Biológica do Vírus SfMNPV em *Spodoptera frugiperda* em Laboratório e
Validação da Aplicação Aérea com Drone Pulverizador em Milho**

AREIA
2024

BIANCA MARINA COSTA NASCIMENTO

**Atividade Biológica do Vírus SfMNPV em *Spodoptera frugiperda* em Laboratório e
Validação da Aplicação Aérea com Drone Pulverizador em Milho**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de **Ciências Biológicas**,
do Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção do
título de **Licenciatura em Ciências
Biológicas**.

Orientador: Prof. Dr. José Bruno Malaquias.

Coorientador: Me. Wanderlan Gonçalves Praxedes Júnior

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N244a Nascimento, Bianca Marina Costa.

Atividade Biológica do Vírus SfMNPV em Spodoptera frugiperda em Laboratório e Validação da Aplicação Aérea com Drone Pulverizador em Milho / Bianca Marina Costa Nascimento. - Areia, 2024.
29 f.

Orientação: José Bruno Malaquias.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Bioinsumos. 3. Aplicação aérea. 4. Lagarta do cartucho. I. Malaquias, José Bruno. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573 (02)

BIANCA MARINA COSTA NASCIMENTO

**Atividade Biológica do Vírus SfMNPV em *Spodoptera frugiperda* em Laboratório e
Validação da Aplicação Aérea com Drone Pulverizador em Milho**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de **Ciências
Biológicas**, do Centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências
para obtenção do título de **Licenciatura
em Ciências Biológicas**.

Aprovado em: 31/10/2024.

BANCA EXAMINADORA:



Documento assinado digitalmente

JOSE BRUNO MALAQUIAS

Data: 05/11/2024 18:22:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Bruno Malaquias (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Documento assinado digitalmente

WANDERLAN GONCALVES PRAXEDES JUNIOR

Data: 07/11/2024 09:04:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Wanderlan Gonçalves Praxedes Júnior (Coorientador)
AgBiTech Controles Biológicos - Brasil



Documento assinado digitalmente

ALLEF DE SOUZA SILVA

Data: 19/11/2024 18:31:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Allef de Souza Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Documento assinado digitalmente

LUANA VITORIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

Data: 20/11/2024 09:30:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Luana Vitória de Queiroz Oliveira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos meus pais por todo amor, dedicação e incentivo.

**Ao meu querido Tio Edvaldo *In memoriam*, que sempre sonhou presenciar sua sobrinha
na Universidade.**

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter permitido que chegasse até aqui e por ter cuidado de mim nos mínimos detalhes!

Em seguida aos meus pais, Paulo Giovanny e Joseane, que deram o seu melhor para me proporcionar a vida mais confortável possível, os meus maiores apoiadores e quem sonharam com esse momento antes que eu soubesse o seu significado, trabalharam duro para me dar uma educação e me ensinaram através de suas trajetórias o peso dos estudos e o quanto isso foi e é importante para serem quem são, eu sei que tudo que fazem é por mim e meus irmãos, com todo meu amor, gratidão!

Aos meus queridos irmãos Yanne Evellin e Paulo Guilherme por serem em muitos momentos meu combustível para dar o melhor exemplo a seguirem, quero que sejam sonhadores, corajosos e humildes.

Aos meus queridos avós Antônio Emanuel, Maria de Fátima, José Roberto e Luzinete, sou grata a Deus por terem vocês em vida, obrigada por me ensinarem tanto com suas vidas e histórias, estou seguindo e realizando o sonho de cada um, me sinto privilegiada, ainda mais por ser motivo de orgulho e a primeira neta a fazer uma Universidade.

A minha escola do ensino Fundamental, Novo Horizonte, de onde guardo tantas memórias, da professora Ana Paula que foi a primeira professora a enxergar potencial em mim, me incentivou a ler e escrever, guardo com carinho todas as medalhas dos concursos de redação e os primeiros livros que me deu para ler, aos amigos que lá fiz, em especial Adna Hellen e Maria Vitória, vocês serão sempre minhas melhores memórias do fundamental.

Em especial minha querida Amiga Ana Beatriz que conheci no ensino médio, e está presente na minha vida desde então, obrigada por todas as conversas, conselhos e sofrimentos acadêmicos compartilhados.

A minha querida amiga Mariana Melo, quem conheci ainda quando criança e mais tarde na Universidade nos reencontramos, obrigada por caminhar ao meu lado do início ao fim, sem você tudo teria sido mais difícil.

Aos amigos que encontrei na caminhada acadêmica, Vitor, João Henrique, Anderson, Anne Ketyla, Evilásio, Anthony, Ellen, Pollyanna, Guilherme, Ana Beatriz, Estephany, Luan e Marcos, vocês são muito especiais e lembrarei dos nossos momentos com muito carinho.

Ao grupo PET, por me dar boas oportunidades e experiências, sou grata pelo caminho percorrido, em especial ao professor Jacinto Batista e Daniel Duarte. Louvado seja!

Ao GEPEC, onde passei pouco tempo, mas aprendi muitas lições, em especial a professora Vânia pelas boas conversas e conselhos, a Robson por toda atenção, Rafael por ter me ensinado muito do que eu sei, aos colegas de trabalho Háimy e Matheus por sua empatia, Sabrina e Nayara pelas risadas e idas aos cafés.

Ao querido Silvio Lisboa, por estar ao meu lado em todos os momentos que precisei, obrigada por estar presente, por ser suporte, paciência, parceiro, por segurar minha mão e me mostrar que sou capaz de fazer tudo que me preciso, com amor.

A todo o Laboratório de Entomologia, em especial aqueles que estiveram comigo nos trabalhos das *Spodopteras*, Luana e Letícia por terem me treinado, vocês fazem tudo se tornar mais leve, ao seu Nino por fazer os chás que eu gosto e por toda sua gentileza, em especial ao professor José Bruno Malaquias, meu querido Orientador, a pessoa que enxergou potencial em mim e proporcionou as experiências acadêmicas mais especiais, obrigada por acreditar em mim e sempre repetir que eu sou capaz de enfrentar todos os desafios, você me inspira.

RESUMO

Spodoptera frugiperda (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é naturalmente distribuída em áreas tropicais e subtropicais, mas relatada em diversas regiões do mundo. É uma praga polífaga que tem 357 plantas como hospedeiras, atacando principalmente culturas como soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays* L.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.), responsável por prejudicar a cadeia produtiva causando sérios danos econômicos às plantações. Recentemente, o uso de bioprodutos para o manejo de *S. frugiperda* tem sido preconizado, a fim de evitar o uso de maneira indiscriminada de produtos químicos sintéticos, esses que geram distúrbios adversos no agroecossistema, além de ser o principal responsável pelos altos níveis de resistência da *S. frugiperda*. O presente estudo objetivou avaliar a mortalidade em laboratório e campo de *S. frugiperda* exposta a diferentes concentrações do Baculovírus *Spodoptera* Multiple Nucleopolyhedrovirus (SfMNPV), e determinar as concentrações letais 50 e 90 %. Parte do estudo foi conduzido no Laboratório de Entomologia e parte na Estação Experimental, ambos pertencentes à Universidade Federal da Paraíba- PB. Para realização do experimento em laboratório foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com 8 tratamentos e 25 repetições. Para o experimento de campo foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), as variedades utilizadas foram a Robusto e Jabatão, uma semente de milho por cova, na profundidade de semeadura de 2-3 cm e o espaçamento 0,3 metros entre as plantas e 0,8 metros entre as linhas, cada faixa experimental continha 20 metros de largura e 120 metros de comprimento, os tratamentos constituíram-se da aplicação de Cartugen®, que contém baculovírus SfMNPV ($7,5 \times 10^9$ corpos de oclusão/mL) e apenas água, em laboratório o produto foi aplicado via pulverização manual e em campo via um drone da DJI modelo Agras T40. De acordo com as concentrações de Cartugen® avaliadas, fica comprovada a eficácia de SfMNPV pois encontramos a CL_{50} em 8320 ppm ($IC_{95\%} = 7168 - 9920$ ppm) e CL_{90} de 20960 ppm ($IC_{95\%} = 15968 - 32960$ ppm), assim como quando validadas em campo a CL_{50} em ambas as variedades, o vírus impactou negativamente a dinâmica populacional da praga. Todavia, na variedade Robusto, o impacto foi mais expressivo, com redução populacional significativamente superior às demais condições, com decréscimo da população de até 90% (-0,9052). Na variedade Jabatão, a redução populacional variou entre 13 e 37%, o que mostra a eficácia do Cartugen®. Essa abordagem representa um avanço significativo para o desenvolvimento de mais uma estratégia de manejo mais sustentável, eficaz e economicamente viável, trazendo benefícios a longo prazo para o manejo de uma das pragas mais destrutivas do globo, *S. frugiperda*.

Palavras-Chave: bioinsumos; aplicação aérea; lagarta do cartucho.

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) is naturally distributed in tropical and subtropical areas but reported in several regions worldwide. It is a polyphagous pest that has 357 plants as hosts, attacking mainly crops such as soybeans (*Glycine max* L.), corn (*Zea mays* L.), and cotton (*Gossypium hirsutum* L.), responsible for damaging the production chain, causing severe economic damage to plantations. Recently, the use of bioproducts for the management of *S. frugiperda* has been recommended to avoid the indiscriminate use of synthetic chemicals, which generate adverse disturbances in the agroecosystem, in addition to being the main responsible for high levels of resistance from *S. frugiperda*. The present study aimed to evaluate the laboratory and field mortality of *S. frugiperda* exposed to different concentrations of Baculovirus Spodoptera Multiple Nucleopolyhedrovirus (SfMNPV) and determine the lethal concentrations of 50 and 90%. Part of the study was conducted at the Entomology Laboratory and part at the Experimental Station, both belonging to the Federal University of Paraíba- PB. A completely randomized experimental design (CRD) was adopted to experiment in the laboratory with eight treatments and 25 replications. For the field experiment, a randomized block design (RBD) was adopted the varieties used were Robusto and Jabatão, one corn seed per hole, at a sowing depth of 2-3 cm and a spacing of 0.3 meters between the plants and 0.8 meters between the lines, each experimental strip was 20 meters wide and 120 meters long, the treatments consisted of the application of Cartugen®, which contains SfMNPV baculovirus (7.5×10^9 occlusion bodies/mL) and just water, in the laboratory the product was applied via manual spraying and in the field via Drone T40. According to the concentrations of Cartugen® evaluated, the effectiveness of SfMNPV is proven as we found the LC50 at 8320 ppm (IC95%= 7168 – 9920 ppm) and LC90 at 20960 ppm (IC95%= 15968 – 32960 ppm), as well as when validated in the field at LC50 in both varieties, the virus negatively impacted the population dynamics of the pest. However, the impact was more significant in the Robusto variety, with a population reduction significantly more critical than the other conditions, with a population decrease of up to 90% (-0.9052). In the Jabatão variety, the population reduction varied between 13 and 37%, showing the effectiveness of Cartugen®. This approach represents a significant advance towards the development of yet another more sustainable, effective, and economically viable management strategy, bringing long-term benefits to the management of one of the most destructive pests in the world, *S. frugiperda*.

Keywords: bioinputs; aerial application; fall armyworm.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 CULTURA DO MILHO: IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	11
2.1.1 <i>Spodoptera frugiperda</i>	11
2.1.2 Controle e resistência de <i>Spodoptera frugiperda</i> a métodos de controle	13
2.1.2.1 Controle biológico	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 CRIAÇÃO DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	15
3.1.1 Experimento em laboratório	15
3.1.2 Experimento em Campo	16
3.1.2.1 Análise de dados	16
4 RESULTADOS	18
4.1 FASE LABORATÓRIO	18
4.1.1 Fase Campo	19
5 DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

Spodoptera frugiperda (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), comumente conhecida como Lagarta-do-Cartucho, é uma praga polífaga nativa da América, que tem se espalhado para outras regiões do mundo, tais como a África, Ásia e Oceania (EPPO, 2024). Essa lagarta é capaz de atacar mais de 350 espécies de plantas, sendo considerada a principal praga da cultura do milho (*Zea mays* L.) (Montezano *et al.*, 2018; Hussain *et al.*, 2021). As larvas alimentam-se das folhas da planta, causando injúrias que comprometem tanto o desenvolvimento quanto a capacidade fotossintética da planta (Huang, 2021).

O uso de inseticidas sintéticos para o controle de *S. frugiperda* ainda é o principal método adotado. No entanto, essa prática tem gerado preocupações devido à crescente frequência de resistência da praga (Ahmed *et al.*, 2022). Essa resistência resulta da elevada pressão seletiva às moléculas sintéticas presentes nos produtos aplicados, o que também intensifica os impactos ambientais e coloca em risco a saúde humana (Lira *et al.*, 2020).

O controle biológico tem se destacado como uma alternativa eficaz, mantendo sustentabilidade no agroecossistema e garantindo segurança tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana (Abbas *et al.*, 2022). O Baculovírus é da família do *Baculoviridae*, que compõe um complexo de vírus de DNA circulares (Ros, 2021). É um biopesticida que ocorre naturalmente em insetos da ordem Lepidoptera, podendo ser isolado e produzido comercialmente. Os isolados de SfMNPV, são os principais Baculovírus utilizados para a formulação dos bioinseticidas (Maciel *et al.*, 2024).

O Baculovírus apresenta alta especificidade para *S. frugiperda*, não causando efeitos negativos em insetos benéficos ou ao meio ambiente (Landwehr, 2021). Além de reduzir a dependência de produtos químicos sintéticos, ajudando a controlar a resistência da praga, especialmente quando combinado com as premissas do manejo integrado de pragas, o que minimiza os efeitos deletérios associados ao manejo inadequado (Gelaye; Negash, 2023).

Esse bioinseticida possui a capacidade de controlar efetivamente *S. frugiperda* através da infecção generalizada em estágios larvais da praga, que ingerem os corpos de oclusão presentes no mesófilo foliar após a sua pulverização e penetram nas células epiteliais do mesêntero, os corpos de oclusão se transformam em partículas virais ativas, que infectam células saudáveis (Pimenta, 2022). A infecção por Baculovírus provoca alterações significativas nos níveis de expressão dos genes do hospedeiro, resultando em modificações na expressão das proteínas virais, além disso, a ação do Baculovírus induz mudanças

comportamentais nas lagartas, como hiperatividade e a tendência de escalar até o topo da planta, onde se liquefazem ao morrer (Gasque; van Oers; Ros, 2019; Hussain *et al.*, 2021; Ghadimmollaloo *et al.*, 2024).

A integração de tecnologia de ponta na agricultura revolucionou as práticas agrícolas tradicionais, abrindo caminho para a Agricultura 5.0 (Rao *et al.*, 2024). A pulverização de biopesticidas por meio do uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs), comumente conhecidos como drones, está associado as preocupações ambientais, sendo está uma prática sustentável (Milindi *et al.*, 2024). Em estudo Barbosa Júnior *e al.*, (2022), mostrou que os drones tem precisão na sua aplicação e sensoriamento remoto. Tal prática associada ao manejo de pragas agrícola se torna muito eficaz.

Dado o crescente uso do vírus SfMNPV em regiões de cultivo extenso de grandes culturas no Brasil, o presente estudo buscou analisar a atividade biológica deste vírus em uma população coletada em uma região de baixa pressão de seleção a plantas geneticamente modificadas e a inseticidas sintéticos. As concentrações diagnósticas foram testadas a nível de campo e utilizando-se a tecnologia de aplicação aérea com drone pulverizador. A hipótese desse estudo é que a aplicação de isolado de SfMNPV pode reduzir a população de *S. frugiperda*, utilizando-se baixas doses do Cartugen®, em condições laboratoriais e de campo, proporcionando um controle da praga de forma eficiente, sustentável e economicamente viável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO MILHO: IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, sendo produzido nas mais diversas regiões do planeta, tanto para a produção de alimentos como também para a produção de etanol, entre os maiores produtores de milho do mundo estão os Estados Unidos, China e Brasil (Wang & Hu, 2021). Sua produção desempenha, assim, papel fundamental para a economia mundial, além de estar ligada à cultura de diversas regiões pelo mundo (USDA, 2021).

No Brasil, conseguimos observar a importância socioeconômica da cultura do milho. O país está entre os principais produtores desse grão, principalmente devido à vasta extensão territorial, bem como por suas características edafoclimáticas que favorecem essa produção. Apesar do aumento na sua produção, diversos fatores acarretam deficiências na sua cadeia produtiva, tais como a disputa de áreas com outras commodities de grande valor agregado, como a soja (*Glycine max* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.), além da falta de tecnologia e de manejo adequado em sua produção (Battisti *et al.*, 2020).

Dentre as áreas agrícolas em expansão no Brasil está a região Nordeste, caracterizada por baixas precipitações pluviométricas e longos períodos de veranicos, essas características da região, ligadas a altas temperaturas tornam a produção agrícola nesse ambiente ainda mais difícil (Vale *et al.*, 2024). No estado da Paraíba o milho é produzido principalmente pela agricultura familiar, que apesar das adversidades ambientais continua sendo a principal fonte de renda para os pequenos produtores (de Melo Júnior *et al.*, 2021). No território Paraibano essa cultura está intimamente relacionada a aspectos culturais e gastronomia regional, amplamente consumido nos festejos juninos, dessa forma o milho se torna uma cultura economicamente e culturalmente valorizada (Silva, 2023).

2.1.1 *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) popularmente conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma praga polífaga, há registros de 353 plantas hospedeiras,

pertencentes a 76 famílias, principalmente as Poaceae, Asteraceae e Fabaceae (Montezano *et al.* 2018). A praga é responsável por causar sérios danos econômicos, principalmente associados às culturas do milho, arroz, algodão, soja, milheto e sorgo (Overton *et al.* 2021).

A espécie *S. frugiperda*, é naturalmente distribuída nas áreas tropicais e subtropicais da América do Sul e Norte, América Central, e a região Caribenha, praticamente o ano inteiro (Kenis *et al.*, 2022). Em 2016 foi registrado a presença da Lagarta-do-Cartucho no Continente Africano, desde então tem invadido territórios do mundo inteiro, principalmente na África Subsaariana, Ásia Oriental, Ocidental e Sul, além de partes da Oceania (EPPO 2024), os climas quentes desses locais favorecem a adaptação da praga. Nesse sentido, torna-se necessário a busca por melhores estratégias de controle, pois fatores como a alta mobilidade e alta taxa de fecundidade da *S. frugiperda*, além de polifagia, dificultam o manejo e favorecem o rápido aumento populacional, o que pode beneficiar a praga em relação pressão de resistência (Paredes-Sánchez *et al.*, 2021).

A espécie *S. frugiperda* é Holometábolica, ou seja, realiza metamorfose completa, fase de ovo, larva, pupa e adulta, o ciclo completo varia entre 30 e 45 dias, mas pode chegar até 60 dias dependendo da região, variação essa, principalmente devido às características endofoclimáticas como temperatura e umidade (Kranthi *et al.*, 2021). Seus ovos são agrupados em massas, cada fêmea coloca cerca de 50 a 300 ovos em camadas sobrepostas, permanecendo em incubação entre 3 a 5 dias, a fase larval desse inseto dura entre 12 a 20 dias, geralmente a cada 3 dias ocorre a ecdise, finalizando em 6 instares até a formação da pupa, que dura entre 8 a 25 dias, a pupa é do tipo obrecta com formato fusiforme, após a emergência da mariposa, a *S. frugiperda* finaliza seu ciclo biológico (Kenis *et al.*, 2022).

Em relação às características morfológicas da fase larval de *S. frugiperda*, existem cerca de 21 características distintas, tendo em destaque, a cabeça de coloração marrom-escuro definida a partir do terceiro instar, com a presença de uma linha branca em formato de Y invertido, desenvolvida ao longo da sutura epicranial e adfrontal lateral, algumas listras brancas aparecem também na lateral do abdome incluindo a região dorsal e subsoral, os segmentos abdominais mudam de coloração, que de acordo com os eventos de ecdise, estabiliza-se na coloração marrom-escuro, outra característica perceptível é a presença de quatro pináculos pretos agrupados em pares no oitavo segmento do abdome (Higo *et.al.*, 2022). Em consonância a isso, Todd & Poole (1980) forneceram as principais informações morfológicas na fase adulta, incluindo a diferenciação sexual das mariposas, elas possuem diferenças notórias nos pares de asas, as anteriores são cinza e as posteriores brancas, as asas posteriores das fêmeas são mais

escuras em relação a dos machos que possuem manchas claras nas margens e parte central, tais características facilitam a identificação da praga.

2.1.2 Controle e resistência de *Spodoptera frugiperda* a métodos de controle

Devido ao severo dano acarretado aos principais commodities do agronegócio (principalmente em grandes áreas agrícolas), o controle da praga é feito de maneira convencional, utilizando inseticidas, compostos de moléculas sintéticas que aplicadas de maneira exagerada geram distúrbios adversos no agroecossistema, tais como a mortalidade de inimigos naturais e poluição ambiental, além de impulsionar a pressão de resistência e favorecer a mudança de aptidão da praga em questão (Rabelo *et al.*, 2022).

Como supracitado, a grande pressão na utilização de inseticidas sintéticos tem gerado resistência de *S. frugiperda* as principais moléculas químicas, sendo ocasionado devido a excessiva exposição do inseto aos pesticidas sintéticos, diminuindo assim a eficácia desses produtos para o controle, inviabilizando seu manejo (Van den berg *et al.*, 2022). Tal feito é relatado por Young e McMillan desde o ano de 1979, onde, atualmente o Arthropod Pesticide Resistance Database (APRD) relata 257 casos de resistência de *S. frugiperda* a inseticidas, tal situação é preocupante e necessita de novas estratégias para o manejo sustentável.

2.1.2.1 Controle biológico

Dentre as alternativas para o manejo sustentável de *S. frugiperda* e diluição da resistência está o controle biológico, que tem como premissa a utilização de macro e microrganismos, como fungos entomopatogênico, nematoides, parasitoides, vírus e bactérias (Hussain *et.*, 2021). O Baculovirus está inserido na família do *Baculoviridae*, são vírus de DNA circulares, o tamanho do genoma varia entre 80 e 180 kpb (Ros, 2021), possui uma alta especificidade de hospedeiros, sendo restrito a espécie alvo, o *Alphabaculovirus* é o principal gênero com cepas contaminantes para *S. frugiperda*, devido a especificidade ele não causa danos aos inimigos naturais, nem impactos ao meio ambiente, o que não acontece com o controle químico (Valicente, 2019). Os isolados de SfMNPV, são os principais Baculovírus utilizados para a formulação dos bioinseticidas específicos para a lagarta-do-cartucho, além de

não afetar os inimigos naturais, é compatível com outras práticas do manejo integrado de pragas (MIP), como métodos culturais, físicos, comportamentais e genéticos como é o caso da utilização de plantas Bt (Figuerola *et al.*, 2015; Guido-Cira *et al.*, 2017)

O ciclo de infecção do Baculovírus é bifásico com dois tipos de nucleocapsídeos, após a ingestão desses vírions, os corpos de oclusão do vírus entram em contato com o intestino médio do inseto, no qual possui o pH alcalino, ocasionando a liberação das partículas virais, e penetrando na membrana peritrófica, proteolizando a mucina intestinal durante o processo infeccioso (Wang e Granados, 1997; Rohrmann *et al.*, 2019; Ros., 2021). A penetração dos vírions dos Baculovírus é letal, a contaminação ocorre nos estágios larvais, a infecção provoca mudanças comportamentais nos insetos, eles perdem o apetite, apresentam o corpo inchado, descoloração do tegumento, tendem a subir para o topo da planta e morrem (Gasque *et al.*, 2019).

O uso do Baculovírus para o controle biológico é promissor, mas enfrenta desafios, ainda há a necessidade de mais estudos técnicos para refinar a formulação e aplicação do produto. O bioinseticida produzido com Baculovírus precisa ser bem armazenado em ambientes com temperatura e umidade controladas, principalmente protegido da exposição solar, a radiação ultravioleta (UV) pode danificar seu DNA devido a suscetibilidade dos corpos de oclusão que envolvem o material viral, podendo diminuir a virulência e eficácia do produto em campo, uma alternativa para preservar o potencial e estabilidade das partículas virais é a técnica de microencapsulação, essa tecnologia consiste em pequenas partículas sólidas de cera combinadas a um absorvente de UV, capaz de ser dissolvido no intestino do inseto sem interferir na eficácia viral no corpo do hospedeiro alvo (Wilson *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CRIAÇÃO DE *Spodoptera frugiperda*

O estudo foi conduzido no Laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba-CCA/UFPB, Areia - PB. As larvas de *S. frugiperda* foram adquiridas por meio de criação no laboratório, e mantidas em tubos de vidros contendo dieta artificial (Nalim, 1991), em ambiente controlado de 26 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Para criação, utilizamos a metodologia adaptada por González-Cabrera et., (2024). Durante a fase larval da *S. frugiperda* as lagartas foram mantidas em tubos de ensaio com vidro comum e sem tampa, preenchido com dieta artificial e mantidos verticalmente apoiados em estantes para tubos, para fechar a extremidade do tubo foi utilizado algodão hidrofílico, até tornarem pupas, pós isso foram sexadas e transferidas para gaiolas de PVC com a dimensão de 12,5 x 12,5 x 20,0 cm até sua emergência, os adultos depositam massas de ovos, cada uma contendo entre 50 e 250 ovos, e essas massas foram coletadas e colocadas em recipientes plásticos com as dimensões de 11 x 7,5 cm.

3.1.1 Experimento em laboratório

Para realização do experimento foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 25 repetições (DIC). Os tratamentos constituíram-se da aplicação de Cartugen®, que contém Baculovírus SfMNPV ($7,5 \times 10^9$ corpos de oclusão/mL), no qual foram diluídos em água destilada em diferentes concentrações para que fosse realizada a aplicação nos insetos, sendo elas: 0; 384; 768; 1.600; 3.200; 5.760; 9.600 e 16.000 ppm. Para o tratamento testemunha utilizou apenas água destilada. Foi avaliada a mortalidade larval diária de *S. frugiperda*, através de pulverização do Cartugen®, sendo distribuída 1 lagarta de segundo instar em placas de Pétri com a dieta artificial e com auxílio de pulverizador manual realizando borrifadas direto na placa. Todos os tratamentos e controles foram executados simultaneamente e mantidos conforme descrito acima. A mortalidade foi registrada diariamente por 12 dias.

3.1.2 Experimento em Campo

O experimento foi conduzido em uma área de um hectare da Unidade Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Para o plantio foram utilizadas duas variedades de milho, sendo uma variedade crioula Jabatão cultivada por agricultores familiares do Estado da Paraíba e o híbrido comercial Robusto® da empresa Selegrãos.

A semeadura ocorreu no mês de abril, em decorrência da atividade ser de sequeiro e as condições climáticas da época serem favoráveis na região. Foi utilizada uma semente de milho por cova, na profundidade de semeadura de 2-3 cm e o espaçamento 0,3 metros entre as plantas e 0,8 metros entre as linhas, com 4 metros de largura e 120 metros de comprimento, cada faixa, sendo 4 faixas por bloco.

Após semeadura e crescimento iniciaram as avaliações depois da primeira detecção de lagartas de *S. frugiperda* na fase fisiológica V8, foi monitorado a infestação natural da *S. frugiperda* de acordo com seu nível de dano em cinco plantas de milho seguindo a escala de notas de Davis *et al.* (1992).

Foram aplicados 2 tratamentos, sendo que no T1 foi aplicado apenas água, dessa forma o tratamento controle; T2: 50 ml do vírus Cartugen®, adicionando 150ml de adjuvante para 20 L de calda. As aplicações dos tratamentos ocorreram em faixas contínuas contrárias à linha de plantio, denominadas de blocos e separada pelas faixas, representando as variedades de milho, de forma que todas recebessem os produtos, através do Drone Pulverizador da DJI modelo Agras T40 com velocidade média de 15 km/h, altura de voo de 4,5m, velocidade do vento de 06 a 10 km/h e vazão 20L/ha. A primeira aplicação ocorreu depois 30 DAE. O mesmo procedimento ocorreu com 60 DAE para todos os tratamentos. Apesar disso, os dados foram somados e analisados de forma conjunta.

3.1.2.1 Análise de dados

Para a análise da mortalidade dos insetos em laboratório avaliada ao longo do tempo, funções foram programadas utilizando-se os pacotes “survmniner” (Kassambra *et al.*, 2021) e “survival” (Therneau, 2021) do R (R Core Team, 2023) para comparar as curvas de sobrevivência e estimar a toxicidade aguda das doses letais (CL₅₀ e CL₉₀) das concentrações

em cada tratamento e os seus respectivos Intervalos de Confiança com 95% de probabilidade (IC 95%).

Os dados de campo foram analisados com modelos lineares generalizados com distribuição quasibinomial. A variação populacional foi obtida através de um cálculo integral levando em consideração os limites de infestação prévia e posterior à aplicação. Os tratamentos foram contrastados por intervalos de confiança. Consideramos que dois valores da CL são significativamente diferentes quando apenas seus limites fiduciais de 95% não se sobrepuseram.

4 RESULTADOS

4.1 FASE LABORATÓRIO

Os resultados obtidos no presente estudo revelam que houve um padrão de mortalidade cúbica das larvas de *S. frugiperda* em função das concentrações adotadas do produto Cartugen® (**Figura 1**) a concentração de 16.000 ppm causou a maior mortalidade (88%) diferindo das demais: 384 ppm (12%); 768 ppm (16%); 1600 ppm (20%); 3200 ppm (20%), 5760 ppm (64%) e 9600 ppm (64%).

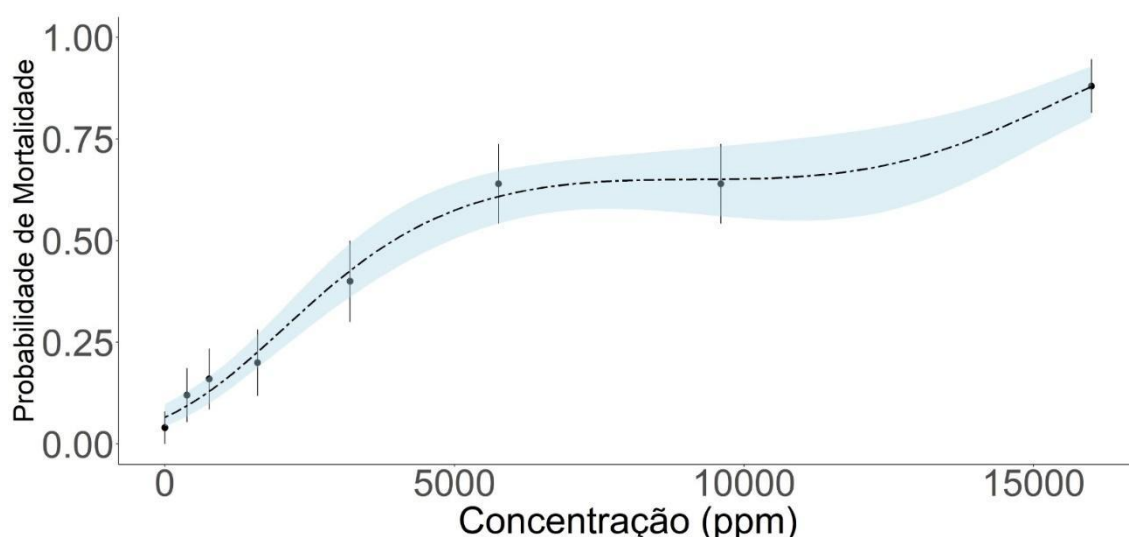


Figura 1 - Dose resposta da ação do Cartugen® em larvas de *Spodoptera frugiperda*

De acordo com as concentrações de Cartugen® avaliadas, fica comprovada a infecção aguda para larvas de 2º instar de *S. frugiperda*. Quando as larvas receberam pulverização, encontramos a CL₅₀ em 8320 ppm (IC_{95%}= 7168 – 9920 ppm) e CL₉₀ de 20960 ppm (IC_{95%}= 15968 – 32960 ppm).

Tabela 1 – Concentração letal (50% e 90%) em larvas de *S. frugiperda* em função da aplicação do Cartugen®.

Produto	CL	Média(ppm)	Intervalos de Confiança (IC 95%)	
			Limite Inferior	Limite Superior
Cartugen®	CL ₅₀	8320	7168	9920
	CL ₉₀	20960	15968	32960

IC 95%: Intervalos de Confiança com 95% de probabilidade.

O tempo necessário para que 50% das larvas de 2º instar de *S. frugiperda* venham a óbito via pulverização, ou seja, o tempo letal mediano, variou de 12 dias para a concentração de 1600 ppm ($IC_{95\%} = 10 - 11$ dias); 3200 ppm ($IC_{95\%} = 10 - 11$ dias); 5760 ppm ($IC_{95\%} = 10 - 11$ dias); 9600 ppm ($IC_{95\%} = 10 - 11$ dias) e 16000 ppm ($IC_{95\%} = 10 - 11$ dias). De acordo com a figura 2 é possível observar que as doses abaixo de 1600 ppm não proporcionam mortalidade expressiva em larvas de 2º instar de *S. frugiperda*, ocorrendo diferenças entre os tratamentos.

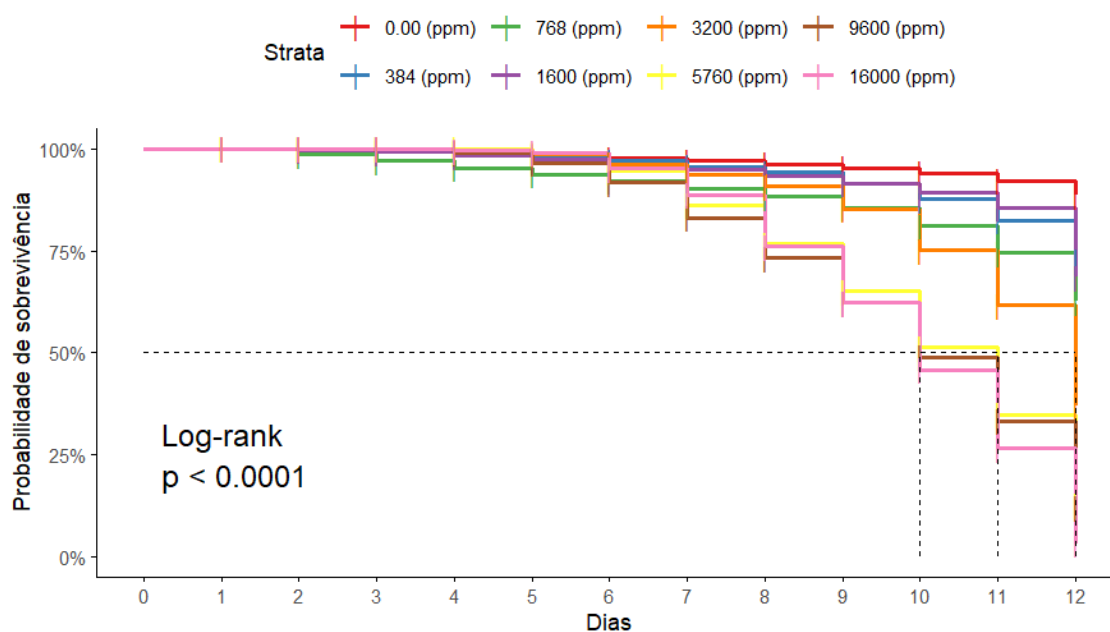


Figura 2 – Padrão de sobrevivência de *S. frugiperda* em função de diferentes concentrações de pulverização de Cartugen®

4.1.1 Fase Campo

Os resultados observados em campo revelaram que a variação populacional foi influenciada pela variedade e pelo efeito da aplicação aérea do vírus do SfMNPV. No controle, por exemplo, houve um acréscimo populacional médio na variedade Jabatão de 0,40, o que corresponde a 40%, com variação entre 0,1919 (19,19 %) a 0,6081 (60,81 %), enquanto na variedade Robusto o crescimento populacional médio foi de 0,4500 (45,00 %) com variação de 0,1654 (16,54 %) a 0,7346 (73,46%) (**Tabela 2**). Em ambas as variedades, o vírus impactou negativamente a dinâmica populacional de *S. frugiperda*. Todavia, na variedade Robusto, o impacto foi mais expressivo, com redução populacional significativamente superior às demais

condições, com redução na população de até 90% (-0,9052). Na variedade Jabatão, a redução populacional variou entre 13 à 37% (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Variação populacional de *Spodoptera frugiperda* sob aplicação aérea com drone pulverizador dos tratamentos controle (apenas água) e vírus SfMNPV

Variedade	Tratamento	Média	IC 95%	
Jabatão	Controle	0.4000 c	0.1919	0.6081
	Vírus	- 0.2500 b	-0.1300	-0.3700
Robusto	Controle	0.4500 c	0.1654	0.7346
	Vírus	- 0.8500 a	-0.7948	-0.9052

5 DISCUSSÃO

O padrão de mortalidade de *S. frugiperda* foi proporcional com o aumento da dose aplicada, expressando 64% de mortalidade nas concentrações de 5.760 e 9.600 ppm, e 88% para a concentração máxima de 16.000 ppm, revelando as causas da diferença de mortalidade entre os tratamentos com a redução do tempo necessário para que a mortalidade ocorra, tais como o relatado por Firake *et al.*, (2020) e por Mweke *et al.*, (2023) ao avaliar a capacidade de infecção dos vírions sobre diferentes métodos de inoculação, afirmando efeito hormético quando aplicadas baixas concentrações de OBs/larva.

Com base no exposto conseguimos observar que a aplicação de Baculovirus causa mortalidade de *S. frugiperda*, e que em doses mais altas causam mortalidade mais acentuada, visto que Baculovírus tem como alvo as larvas em estágios iniciais de desenvolvimento, principalmente via ingestão, então a infecção se dá quando as larvas se alimentam das partículas virais que contém corpos de oclusão (OB) ou vírions, esses vírions se ligam aos receptores no intestino médio e penetram nas células epiteliais, através da hemolinfa, provocando uma infecção generalizada no corpo do inseto (Landwehr, 2021;Gelaye; Negash, 2023), acarretando na apoptose celular.

O tempo de sobrevivência em larvas submetidas a tratamentos com vírus são amplamente estudados, tendo este estudo se assemelhado a outros trabalhos, demonstrando que com o aumento da concentração do bionseticida ocorreu um aumento na concentração de OBs/larva gerando uma maior virulência e consequentemente uma diminuição do tempo letal mediano nas doses mais altas, que geraram uma diminuição na CL (Georgievska *et al.*, 2010). Esse relato corrobora com o trabalho de Abid *et al.* (2021), que observaram doses sub-letais quando aplicado vírus em baixas concentrações em lepidópteros.

Conseguimos observar a virulência do Baculovirus nas concentrações superiores a 0.24%, o contrário ocorreu nas menores concentrações que se mostraram ineficazes, não provocando mortalidade. Com isso, o aumento no tempo letal mediano das larvas de *S. frugiperda* submetidos a baixas concentrações nesse experimento pode ocorrer devido a diversos fatores, tais como a efeito sub-letal nos indivíduos, baixa concentração viral ou até a degradação ou inativação das partículas virais, no qual pequenas variações nas doses acarretaram oscilações no nível de infecção, portanto, vale ressaltar que nas menores concentrações conseguimos observar uma diminuição na taxa de alimentação e

desenvolvimento das lagartas, podendo esse ser um parâmetro favorável para a diminuição de populações subsequentes (Manzoor *et al.*, 2023).

A diminuição da concentração do vírus aumenta a capacidade de defesa do inseto, podendo seu intestino agir como filtro protetor para proteger temporariamente contra a infecção viral, tal efeito pode ser observado pelo fenômeno da Hormese, no qual as baixas concentrações não provocam letalidade no inseto alvo, devido às atividades enzimáticas de desintoxicação na resposta imunológica, assim como relatado por (Calabrese & Baldwin, 2001; Ismail, 2020; Santos 2024).

Os dados indicam que as concentrações letais 50 e 90 foram determinadas em 8.320 ppm e 20.960 ppm do Baculovírus. Esses resultados expressam que a exposição das larvas a baixas partículas virais causa uma mortalidade expressiva dessa praga. O uso desse bioinseticida oferece diversas vantagens, como atender aos critérios da prática ambientalmente sustentável e a redução a quantidade de resíduos, minimizando a necessidade do uso de inseticidas químicos, além de garantir o controle eficaz da lagarta-do-cartucho, contribuindo para reduzir a pressão de resistência (Landwehr, 2021).

Determinar as interações entre a mortalidade de insetos advindos de diferentes agroecossistemas em relação a bioinseticidas é fundamental para determinar um manejo assertivo, a relação entre inseto e seu patógeno, como também como os organismos dentro da mesma espécie respondem, e como eles são influenciados por diversos fatores (Prinsloo *et al.*, 2022). Apesar da inovação apresentada nesse trabalho a sinergia do Baculovírus com outros bioinseticidas ainda são pouco relatadas, além de como o Baculovírus age dentro de diferentes ambientes e como as novas tecnologias podem afetar a sua eficácia, sendo posteriormente necessário estudos complementares para entender a relação planta/inseto/vírus.

A aplicação aérea do vírus SfMNPV no campo produtivo de milho afetou significativamente a população de *S. frugiperda*, gerando mortalidade de até 90%. A alta taxa de mortalidade pode estar associada com especificidade e capacidade de virulência do Baculovírus, como relatado por Barrera *et al.*, (2011) Haase *et al.*, (2015) e Tapa-Yotto *et al.*, (2024) ao afirmarem que o SfMNPV é específico para a *S. frugiperda* e, portanto, tem um maior potencial para uso no manejo da praga.

Foi observado no controle que na variedade Robusto houve um acréscimo populacional de 45%, enquanto na Jabatão de 40%, isso mostra que há um crescimento significativo da população de *S. frugiperda* quando não há nenhuma intervenção para seu controle, reforçando o seu alto poder polifágico e adaptativo (Murad *et al.*, 2021).

Após aplicação do Cartugen® a população de lagarta diminuiu nas duas variedades de milho, porém os dados indicam que a população de lagartas na variedade Robusto o impacto foi mais expressivo, com média de 80% de mortalidade, quando comparada com a variedade Jabatão com média de 25% de mortalidade. A maior expressividade na variedade Robusto pode estar relacionada com fatores estruturais da planta, visto que essa variedade apresenta uma arquitetura de porte menor visivelmente e crescimento mais limitado, tanto em relação à altura como extensão das folhas, quando comparada com a Jabatão, tais fatores aumentaram a zona de exposição da lagarta ao vírus quando pulverizado, além de melhorar o efeito residual desse produto nas folhas.

A variedade de milho escolhida influencia na eficiência do controle da praga. A variedade Robusto é uma planta híbrida, nesse estudo apresentando maior resistência à herbivoria dos insetos quando comparada a Jabatão, isso pode se dar a combinações estratégicas de defesa mecânicas, como aumento da rigidez devido à lignificação, espessura dos tricomas, que influenciam na capacidade de alimentação de insetos mastigadores (Chávez-Arias; Ramírez-Godoy & Restrepo-Díaz, 2022). Assim como também estar relacionados com estratégias químicas, como por exemplo uma maior presença de terpenos, grupo de metabólitos secundários que atuam como toxinas de defesa e dificultando a herbívora (Jan *et al.*, 2021).

Logo, existindo barreiras que impedem a alimentação efetiva da lagarta-do-cartucho, a sua alimentação será reduzida fazendo com que a praga esteja mais suscetível à ação viral, como é o caso das lagartas presentes na variedade Robusto. Entretanto, determinar tais características como causa necessita de estudos complementares e mais profundos para compreender a influência dos mecanismos de defesa da planta na susceptibilidade da praga.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de Baculovírus é eficaz para o controle de *S. frugiperda*, com o aumento da mortalidade relacionado com o aumento da dose do Baculovírus, então baixas doses do bioinseticida podem levar a diminuição da eficiência do baculovírus como também induzir uma resposta imune do inseto à infecção viral.

O manejo utilizando a variedade Robusto com aplicações de baculovírus influenciaram positivamente na diminuição da incidência de *S. frugiperda*, reduzindo em 90% da população desse inseto praga.

O presente trabalho reforça o potencial do baculovírus SfMNVP como alternativa para o manejo integrado de pragas, podendo ser mais uma ferramenta visando a manutenção do agroecossistema contribuindo assim na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABID, A. D., ZAKA, S. M., SAEED, S., IQBAL, N., NAQQASH, M. N., & SHAHZAD, M. S. Sub-lethal doses of Nucleopolyhedrosis Virus and synthetic insecticides alter the biological parameters of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). **Plos one**, v. 16, n. 12, p. e0259867, 2021.
- BARBOSA JÚNIOR, M. R., MOREIRA, B. R. D. A., BRITO FILHO, A. L. D., TEDESCO, D., Shiratsuchi, L. S., & Silva, R. P. D. UAVs to monitor and manage sugarcane: integrative review. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 661, 2022.
- BARRERA, G., SIMÓN, O., VILLAMIZAR, L., WILLIAMS, T., & CABALLERO, P. *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus as a potential biological insecticide: genetic and phenotypic comparison of field isolates from Colombia. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 113-120, 2011.
- BATTISTI, R., FERREIRA, M. D. P., TAVARES, É. B., KNAPP, F. M., BENDER, F. D., CASAROLI, D., & JÚNIOR, J. A. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, 2020.
- CALABRESE1, EJ, & BALDWIN, LA. Hormesis: a generalizable and unifying hypothesis. **Critical reviews in toxicology**, v. 31, n. 4-5, p. 353-424, 2001.
- CHÁVEZ-ARIAS, C. C., RAMÍREZ-GODOY, A., & RESTREPO-DÍAZ, H. Influence of drought, high temperatures, and/or defense against arthropod herbivory on the production of secondary metabolites in maize plants. A review. **Current Plant Biology**, v. 32, p. 100268, 2022.
- DE MELO JÚNIOR, J. J. B., DE FARIAS BORGES, P., & DE SOUTO ARAÚJO, L. (2021). Influência das precipitações na produtividade de milho na microrregião do Curimataú Ocidental. **REVISTA INTERDISCIPLINAR E DO MEIO AMBIENTE (RIMA)**, v. 3, n. 1, p. e114-e114, 2021.
- EPPO Global Database. [S. l.: s. n.], 2024. *Spodoptera frugiperda*(LAPHFR). Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR/distribution>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- FIGUEROA, J. I., CORONADO, R. E., PINEDA, S., CHAVARRIETA, J. M., & MARTÍNEZ-CASTILLO, A. M. Mortality and food consumption in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae treated with spinosad alone or in mixtures with a nucleopolyhedrovirus. **Florida entomologist**, v. 98, n. 3, p. 1009-1011, 2015.
- FUXA, J. R., MITCHELL, F. L., & RICHTER, A. R. Resistance of *Spodoptera frugiperda* [Lep.: Noctuidae] to a nuclear polyhedrosis virus in the field and laboratory. **Entomophaga**, v. 33, p. 55-63, 1988.
- GASQUE, S. N., VAN OERS, M. M. & ROS, V. IWhere the baculoviruses lead, the caterpillars follow: baculovirus-induced alterations in caterpillar behaviour. **Current opinion in insect science**, v. 33, p. 30-36, 2019.

GELAYE, Y., & NEGASH, B. The role of baculoviruses in controlling insect pests: A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 9, n. 1, p. 2254139, 2023.

GEORGIEVSKA, L., HOOVER, K., VAN DER WERF, W., MUÑOZ, D., CABALLERO, P., CORY, J. S., & VLAK, J. M. Dose dependency of time to death in single and mixed infections with a wildtype and egt deletion strain of *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus. **Journal of invertebrate pathology**, v. 104, n. 1, p. 44-50, 2010.

GONZÁLEZ-CABRERA, J., CONTRERAS-BERMÚDEZ, Y., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. A., & GUTIÉRREZ-CAMPOS, J. M. Development of an artificial diet with a mass-rearing and low-cost approach for *Spodoptera frugiperda* reproduction. **International Journal of Tropical Insect Science**, p. 1-11, 2024.

GUIDO-CIRA, N. D., TAMEZ-GUERRA, P., MIRELES-MARTÍNEZ, M., VILLEGAS-MENDOZA, J. M., & ROSAS-GARCÍA, N. M. Activity of *Bacillus thuringiensis*-and Baculovirus-Based Formulations to *Spodoptera* 1 Species. **Southwestern entomologist**, v. 42, n. 1, p. 191-201, 2017.

HAASE, S., SCIOCCO-CAP, A., & ROMANOWSKI, V. Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives. **Viruses**, v. 7, n. 5, p. 2230-2267, 2015.

HIGO, Y., SASAKI, M., & AMANO, T. Morphological characteristics to identify fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from common polyphagous noctuid pests for all instar larvae in Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v. 57, n. 3, p. 263-274, 2022.

HUSSAIN, A. G., WENNMANN, J. T., GOERGEN, G., BRYON, A., & ROS, V. I. Viruses of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: a review with prospects for biological control. **Viruses**, v. 13, n. 11, p. 2220, 2021.

ISMAIL, S. M. Effect of sublethal doses of some insecticides and their role on detoxication enzymes and protein-content of *Spodoptera littoralis* (Boisd.)(Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, p. 1-6, 2020.

JAN, R., ASAF, S., NUMAN, M., LUBNA, & KIM, K. M. Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. **Agronomy**, v. 11, n. 5, p. 968, 2021.

KENIS, M.; BENELLI, G.; BIONDI, A.; CALATAYUD, P.; DAY, R.; DESNEUX, N.; HARRISON, R.; KRITICOS, D.; RWOMUSHANA, I.; VAN DEN BERG, J. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomol. Gen.** 2022.

KRANTHI, P., & DEVI, R. S. Comparative Biology of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* on Different Host Plants under Laboratory Conditions. In: **Biological Forum—An International Journal**. p. 381-387. 2021.

LANDWEHR, A. Benefits of baculovirus use in IPM strategies for open field and protected vegetables. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 593796, 2021.

MANZOOR, S., GANI, M., HASSAN, T., SHAFI, I., WANI, F. J., MUMTAZ, S., ... & MANTOO, M. A. Comparative evaluation of temperate, subtropical, and tropical isolates of nucleopolyhedrovirus against tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 33, n. 1, p. 40, 2023.

MILINDI, P. S., NSENUKA, E. E., & CHOPRA, S. S. Driving sustainability in the sugarcane industry: Life Cycle Assessment of conventional and emerging spraying technologies in Tanzania. **Science of The Total Environment**, p. 176963, 2024.

MONTEZANO, D. G., SOSA-GÓMEZ, D. R., SPECHT, A., ROQUE-SPECHT, V. F., SOUSA-SILVA, J. C., PAULA-MORAES, S. D., ... & HUNT, T. E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African entomology**, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018.

MONTEZANO, D. G., SPECHT, A., SOSA-GÓMEZ, D. R., ROQUE-SPECHT, V. F., DE PAULA-MORAES, S. V., PETERSON, J. A., & HUNT, T. E. Developmental parameters of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immature stages under controlled and standardized conditions. 2019.

MURAD, N. F., SILVA-BRANDAO, K. L., & BRANDAO, M. M. Mechanisms behind polyphagia in a pest insect: Responses of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) strains to preferential and alternative larval host plants assessed with gene regulatory networks. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms**, v. 1864, n. 3, p. 194687, 2021.

MWEKE, A., RWOMUSHANA, I., OKELLO, A., CHACHA, D., GUO, J., & LUKE, B. Management of *Spodoptera frugiperda* JE Smith Using Recycled Virus Inoculum from Larvae Treated with Baculovirus under Field Conditions. **Insects**, v. 14, n. 8, p. 686, 2023.

OVERTON, K., MAINO, J. L., DAY, R., UMINA, P. A., BETT, B., CARNOVALE, D., ... & REYNOLDS, O. L. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. **Crop Protection**, v. 145, p. 105641, 2021.

PAIVA, C. E. C., DE CARVALHO, J. R., MACHADO, L. C., ZAGO, H. B., VALICENTE, F. H., & DOS SANTOS JUNIOR, H. J. G. Analysis of baculovirus *spodoptera* virulence in fall armyworm fed with cassava leaves. **Comunicata Scientiae**, v. 12, p. e3424-e3424, 2021.

PAREDES-SÁNCHEZ, F. A., RIVERA, G., BOCANEGRA-GARCÍA, V., MARTÍNEZ-PADRÓN, H. Y., BERRONES-MORALES, M., NIÑO-GARCÍA, N., & HERRERA-MAYORGA, V. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. **Molecules**, v. 26, n. 18, p. 5587, 2021.

POGUE, M. G. **A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae)**. Philadelphia: American Entomological Society, 2002.

PRINSLOO, S., HILL, M. P., MOORE, S. D., MALAN, A. P., & COOMBES, C. A. Interaction between an entomopathogenic fungus and entomopathogenic nematodes for

increased mortality of *Thaumatotibia leucotreta* (Lepidoptera: Tortricidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 32, n. 10, p. 1194-1207, 2022

RABELO, M. M., SANTOS, I. B., & PAULA-MORAES, S. V. *Spodoptera exigua* (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae) fitness and resistance stability to diamide and pyrethroid insecticides in the United States. **Insects**, v. 13, n. 4, p. 365, 2022.

RAO, P. S., GR, A. R., RAO, M. S. S., RADHA, K., & AHMED, R. Enhancing Orchard Cultivation Through Drone Technology and Deep Stream Algorithms in Precision Agriculture. **International Journal of Advanced Computer Science & Applications**, v. 15, n. 8, 2024.

ROHRMANN, G. Introduction to the baculoviruses and their taxonomy. **Baculovirus Molecular Biology; National Center for Biotechnology Information: Bethesda, MD, USA**, 2011.

ROS, V. I. Baculoviruses: general features (Baculoviridae). In: **Encyclopedia of Virology**. Elsevier, 2021. p. 739-746.

SANTOS, A. L. Z. D. **Diferentes plantas hospedeiras alteram a suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) ao SfMNPV e modulam os seus parâmetros de desenvolvimento e fisiológicos.** 2024.

SILVA, I. C. A. D. **Análise das contribuições da gastronomia no turismo da Paraíba.** 2023.

TEPA-YOTTO, GT, DOURO-KPINDOU, OK, KOUSSIHOUEDÉ, PSB, ADJAOKE, AM, WINSOU, JK, TOGNIGBAN, G., & TAMÔ, M. Potencial de controle de múltiplos nucleopoliedrovírus (SfMNPV) isolados de lagarta-do-cartucho do milho na Nigéria (África Ocidental). **Insects** , v. 15, n. 4, p. 225, 2024.

TODD, E. L., & POOLE, R. W. Keys, and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 73, n. 6, p. 722-738, 1980.

USDA, ERS. **Dados de base internacionais.** Projeções internacionais de longo prazo de 2021 até 2030.

VALE, T. M. C. D., SPYRIDES, M. H. C., CABRAL JÚNIOR, J. B., ANDRADE, L. D. M. B., BEZERRA, B. G., RODRIGUES, D. T., & MUTTI, P. R. Climate and water balance influence on agricultural productivity over the Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 155, n. 2, p. 879-900, 2024.

VALICENTE, F. H. Entomopathogenic viruses. **Natural enemies of insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and functional biodiversity**, p. 137-150, 2019.

VAN DEN BERG, J. E DU PLESSIS, H. Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1761-1771, 2022.

WANG, J., & HU, X. Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019. **Plos one**, v. 16, n. 7, p. e0254423, 2021.

WANG, P., & GRANADOS, R. R. An intestinal mucin is the target substrate for a baculovirus enhancer. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 13, p. 6977-6982, 1997.

WILSON, K., GRZYWACZ, D., CURCIC, I., Scoates, F., Harper, K., Rice, A., & Dillon, A. A novel formulation technology for baculoviruses protects biopesticide from degradation by ultraviolet radiation. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 13301, 2020.

YOUNG, J. R., AND W. W. MCMILLAN. 1979. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces. **J. Econ. Entomol.** 72: 202–203.