



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – CAMPUS AVANÇADO LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

MARIA GABRIELA GONÇALVES BRITO

MONITORAMENTO DE *S. frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) EM BIOTECNOLOGIAS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays*
L.) NO SUDOESTE DO TOCANTINS, SAFRA 2023/2024

LAGOA DA CONFUSÃO
2024



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – CAMPUS AVANÇADO LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

MARIA GABRIELA GONÇALVES BRITO

**MONITORAMENTO DE *S. frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) EM BIOTECNOLOGIAS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays*
L.) NO SUDOESTE DO TOCANTINS, SAFRA 2023/2024**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
Superior em Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Avançado Lagoa da Confusão, como
exigência à obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Agrônômica.

**LAGOA DA CONFUSÃO
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B862m Brito, Maria Gabriela Gonçalves
MONITORAMENTO DE *S. frugiperda* (J. E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM BIOTECNOLOGIAS
COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays* L.) NO SUDOESTE DO
TOCANTINS, SAFRA 2023/2024 / Maria Gabriela Gonçalves Brito. –
LAGOA DA CONFUSAO, TO, 2024.
24 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, LAGOA DA CONFUSAO,
TO, 2024.

Orientador: Jardel Barbosa Dos Santos

1. *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE). 2. Milho (*Zea mays* L.). 3. Resistência. I. Santos,
Jardel Barbosa Dos. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

MARIA GABRIELA GONÇALVES BRITO

**MONITORAMENTO DE *S. frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) EM BIOTECNOLOGIAS COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays*
L.) NO SUDOESTE DO TOCANTINS, SAFRA 2023/2024**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
Superior em Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Avançado Lagoa da Confusão, como
exigência à obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 28/06/2024.

BANCA EXAMINADORA


Dr. Jádrel Barbosa dos Santos

Instituto Federal do Tocantins - *Campus* Lagoa da Confusão


Dr. João Paulo de Oliveira Santos

Instituto Federal do Tocantins - *Campus* Lagoa da Confusão

Documento assinado digitalmente



WILLIAM ROSA DE OLIVEIRA SOARES

Data: 22/06/2024 11:43:22-8306

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

Dr. William Rosa Oliveira Soares

Corteva Agriscience

Dedico,
Aos meus pais e minha grande família,
pilares da minha formação como ser
humano. Seus incentivos permitiram o
meu avanço, mesmo durante os
momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus por me guiar e me permitir avançar nessa fase importante de minha vida.

Agradeço ao amor imenso que minha avó, Maura Rodrigues de Brito, me ensinou à usá-lo em tudo que faço e me proponho. Sou grata a ela por me criar com alegria, cuidado e compromisso.

Agradeço à minha família lagoense e à minhas tias e tios que sempre me ajudaram em tudo que precisei.

Ao meu pai Marilzan, minha mãe Márcia e meus irmãos Ana Clara, Thiago, Ítalo e Laguertha, por todo amor e confiança.

E aos meus professores de curso e meu orientador, por todo ensinamento e apoio.

RESUMO

No milho (*Zea mays* L.) a principal ameaça ao controle de pragas com tecnologia Bt tem sido a evolução da resistência de populações da *S. frugiperda*. Diante desta situação, este estudo objetivou avaliar a eficiência de biotecnologias comerciais no sudoeste do Tocantins. O ensaio foi conduzido em uma área experimental do *Campus* Avançado Lagoa da Confusão – TO. Foram avaliados 6 híbridos de milhos comerciais, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas de 5 x 7 m. As tecnologias Bts avaliadas foram: POWERCORE™, VT PRO3™, VT PRO4™, VIPTERA^R, LEPTRA e uma testemunha não Bt. Foi avaliado o dano de desfolha com a escala diagramática de Davis em V4 e V7 em 25 plantas por parcela. Também foi observado o interior de 10 cartuchos para mensurar a população ativa de lagartas. Verificou-se que de maior a menor eficiência, respectivamente, POWERCORE™, VT PRO4™, LEPTRA e VIPTERA^R controlam *S. frugiperda*. Por tanto, pode-se afirmar que essas tecnologias são eficientes contra a lagarta do cartucho.

Palavras-Chaves: lagarta-do-cartucho, biotecnologia, resistência

ABSTRACT

In corn (*Zea mays* L.), the main threat to pest control with Bt technology has been the evolution of resistance in *S. frugiperda* populations. In this situation, this study aimed to evaluate the efficiency of commercial biotechnologies in southwestern Tocantins. The test was conducted in an experimental area of the *Campus Avançado Lagoa da Confusão* – TO. Six commercial maize hybrids were evaluated in a randomized block design with four replications in 5 x 7 m plots. The Bt Technologies evaluated were: POWERCORE™, VT PRO3™, VT PRO4™, VIPTERA^R, LEPTRA and a non-Bt witness. Defoliation damage was assessed using the Davis diagrammatic scale at V4 and V7 on 25 plants per plot. The inside of 10 cartridges was also observed to measure the active caterpillar population. It was found that POWERCORE™, VT PRO4™, LEPTRA e VIPTERA^R controlled *S. frugiperda* from highest to lowest efficiency, respectively. It can therefore be said that these technologies are efficient against the cartridge caterpillar.

Key words: FAW, biotechnology, resistance

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	METODOLOGIA	15
3.	ORÇAMENTO	18
4.	CRONOGRAMA	19
5.	RESULTADOS	20
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
7.	REFERÊNCIAS	23

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da área experimental em Lagoa da Confusão - TO.....	15
Figura 2 - Área experimental (A), avaliação com nota de Davis (B), avaliação de lagartas abrindo o cartucho (C) e presença da <i>S. Frugiperda</i> se alimentando de um cartucho (D).	17
Figura 3 - Resultados dos tratamentos LEPTRA, NBt, PWU, VIP, Vt PRO3 e Vt PRO4 em nota de Davis.....	20
Figura 4 - Resultados dos tratamentos LEPTRA, NBt, PWU, VIP, Vt PRO3 e Vt PRO4 em quantidade de lagartas no cartucho.	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Biotecnologias de milho com suas respectivas proteínas inseridas.	16
Tabela 2 - Orçamento de custos para a realização do projeto.	18
Tabela 3 - Cronograma de atividades	19

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como um dos principais cereais cultivados no mundo. Seu uso é importante tanto para a alimentação humana, fabricação de ração e fonte para as indústrias (MOUSTAFA, 2024). Na produção carnes e leite, destaca-se a importância do uso do milho em grão como ração representando a maior parte do consumo desse cereal, o que é aproximadamente, 70% da produção final no mundo (CONAFER, 2020).

Segundo a FIESP (2024), a produção mundial de milho da última safra equivale a 1.157,7 milhões de toneladas e espera um aumento para a safra atual de 1.227,9 milhões de toneladas. O Brasil, configura como o terceiro grande produtor mundial de milho e o segundo exportador mundial, atrás de EUA.

No estado do Tocantins, a produção de milho é maior na segunda safra, também conhecida como safrinha, onde o plantio vai de janeiro a março. Tal participação se deve a maior quantidade de radiação solar ou graus dias presentes na cultura, permitindo um bom pré-florescimento e enchimento de grãos. Atualmente, no estado são plantados 650 mil hectares de milho, depois da colheita de soja, numa sucessão de oleaginosa precoce de verão e gramínea de inverno, no final do período chuvoso. Nesse cenário promissor, é possível potencializar a área cultivada durante o ano inteiro com safra e safrinha (EMBRAPA, 2022).

Dentre as pragas que atacam o milho, a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a maior limitante na produção dessa cultura. Essa espécie ataca o milho em todo seu ciclo fenológico, desde estádios emergentes até reprodutivos. No caso de infestação precoce, pode diminuir a população de plantas em campo causando perdas de até 57% de produtividade (CRUZ et al., 2012).

A praga é classificada como altamente polífaga, podendo se fazer presente durante o ano inteiro dentro da lavoura nos diferentes cultivos de safra e safrinha; e também como altamente destrutiva, no qual as lagartas jovens raspam a epiderme das folhas e as lagartas desenvolvidas (30-50mm) perfuram as folhas e destroem completamente os cartuchos (KENIS et al., 2022).

A *S. frugiperda* apresenta metamorfose completa com ciclo médio de 35 dias e possui hábito noturno, onde durante o dia, as lagartas se escondem no interior do cartucho ou solo. Uma das principais características da lagarta, é que devido ao canibalismo é comum encontrar apenas uma lagarta desenvolvida por cartucho; chama a atenção a quantidade de excreção dela presentes no cartucho; e que as mariposas procuram a parte adaxial da folha para realizarem a

oviposição, que em apenas 3 dias que ocorre a eclosão de lagartas neonatas (GALLO et al., 2002).

No passado, o manejo de *S. frugiperda* era concentrado no controle químico, mas a partir de 2007, com a liberação de biotecnologias esse cenário mudou. Diminuindo significativamente o número de aplicações químicas, os híbridos de milho que expressam proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berline (Bt) foram a inovação mais importante para o controle da praga no Brasil (BERNARDI et al. 2014).

Na cultura do milho são expressas as proteínas Cry1Ab, Cry1A.105, Cry1F, Cry2Ab2, Vip3Aa20 e Cry3Bb1. Atuam por ingestão da planta Bt, em que as proteínas da bactéria depois de ingeridas, fazem ligação a receptores específicos localizados no epitélio do intestino médio, formando poros na membrana das células intestinais e causando uma disfunção nas mesmas. É dessa forma que o conteúdo do intestino extravasa para o resto do corpo do inseto, deixando-o exposto a infecções generalizadas como por exemplo a septicemia, principal causa de sua morte (BRAVO, 2007).

As proteínas Cry e Vip, têm mecanismos de ação parecidos, mas com receptores diferentes, o que permite a junção dos dois em sequência única suportando o seu uso como novo agente inseticida. Através dessas combinações de proteínas, é possível se obter atividade tóxica diferenciada para grupos diferentes de insetos-praga e mitigar a resistência de insetos às próprias (LEE et al., 2006).

Contudo, a principal ameaça ao manejo de pragas com tecnologia Bt tem sido a evolução da resistência de populações da *S. frugiperda*. Algumas lagartas, desde processos evolutivos básicos, são capazes de sobreviver às proteínas e passar essa característica genética para seus descendentes. Devido à grande capacidade reprodutiva, várias gerações no mesmo ano, disponibilidade de hospedeiros cultivados, infestação severa durante todo o ciclo, baixa adoção de áreas de refúgio e repetição de proteínas com o mesmo mecanismo de ação em outras grandes culturas, é favorecida a seleção de lagartas resistentes (BERNARDI et al., 2016).

Essa mutação genética é a resposta natural das lagartas que no início do processo de seleção predominavam suscetíveis, mas que, por conta da pressão de seleção, sobreviveram uma minoria resistente. Após várias gerações de seleção, obtiveram uma nova composição genética da população fazendo predominar lagartas resistentes (BERNARDI et al., 2016).

Farias et al. (2014) e Omoto et al. (2016) já relataram a evolução da resistência de *S. frugiperda* a tecnologias de milho Bt com as proteínas Cry1F e CryAb. Em 2016, foi estudado o comportamento de possíveis lagartas resistentes à Vip3Aa20 (BERNARDI et al., 2016). É

nesse contexto, que os monitoramentos anuais associados ao uso efetivo de áreas de refúgio são necessários.

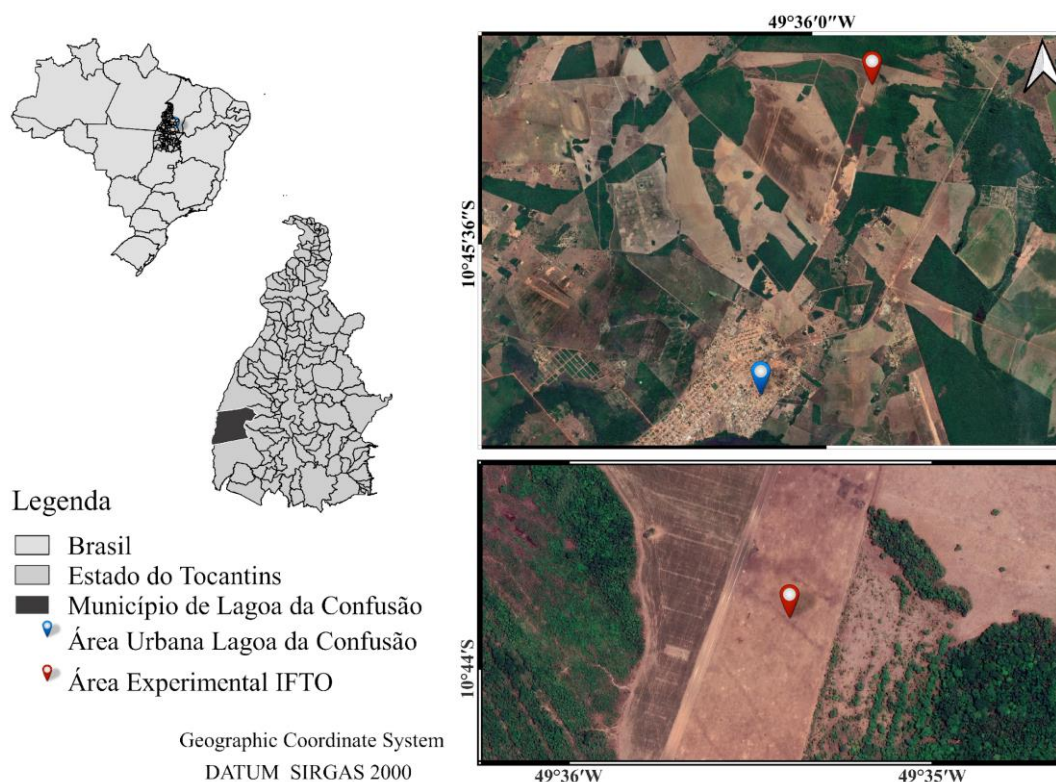
Também é importante considerar que a resistência da lagarta pode ocorrer para duas ou mais proteínas Bt, sendo cruzada ou múltipla. No primeiro caso, as lagartas podem ter resistência à diferentes proteínas com o mesmo sítio de ação (Cry1Ab, Cry1F e Cry1A.105). E no segundo caso, as lagartas adotam resistência a duas proteínas coexistentes com mecanismos de ação diferentes (Cry1F, Cry2Ab2 e Vip3Aa20). As alternativas para mitigar a resistência abrangem 3 pilares importantes: áreas de refúgio, estratégias de alta dose e estratégia da pirâmide de genes. As áreas de refúgio servem para manter a população de lagartas suscetíveis; a dose alta, por sua vez, serve para eliminar gerações heterozigotas que tiveram origem entre lagartas resistentes e lagartas suscetíveis; e a pirâmide de genes é uma estratégia de ataques múltiplos onde uma proteína matará a lagarta, caso ela tenha resistência a outra associada, e vice-versa (BERNARDI et al., 2016).

Diante dessa situação, o monitoramento anual é necessário para identificar potenciais mudanças na frequência de resistência da lagarta. Nesse contexto, este estudo objetivou monitorar a eficiência de biotecnologias comerciais de milho no controle de *S. frugiperda*.

2. METODOLOGIA

O ensaio foi instalado na área experimental do Instituto Federal do Tocantins, *Campus Avançado Lagoa da Confusão* (Latitude: 10°44'21.48''S, Longitude: 49°35'31.08''W a 238 m de altitude) (Figura 1).

Figura 1- Localização da área experimental. Lagoa da Confusão - TO.



Fonte: Autor, 2024

A área é característica do bioma Cerrado, clima Tropical e solo Plintossolo Háplico. O experimento foi instalado dentro da janela de plantio de safrinha (2023/2024), no dia 29 de fevereiro de 2024. O histórico da área é de plantio direto com palhada de *Panicum maximum* cv. Mombaca.

As sementes foram adquiridas com a empresa Gênesis, revendedora das principais sementes comerciais vendidas no país, sendo elas POWERCORE™, VT PRO3™, VT PRO4™, VIPTERA^R, LEPTRA e NBt.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com 6 tratamentos e 4 repetições, incluindo uma testemunha não Bt. As parcelas foram constituídas por 5 metros de largura com 7 metros de comprimento, tendo como área total 35 m² (Figura 2-

A). A área foi plantada com matracas, utilizou-se espaçamento entre linhas de 0,50m e densidade de 60.000 plantas/ha.

Os tratamentos referem-se as biotecnologias comerciais de híbridos de milho atuais no país, cada uma contém uma ou mais proteínas com ação inseticida, como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Biotecnologias de milho com suas respectivas proteínas inseridas.

Tratamentos	Biotechnologias	Endotoxinas
1	PWU	Cry1A.105 x Cry2Ab2 x Cry1F+Vip3Aa20+CP4EPSPS
2	VT PRO 3	Cry1A.105 x Cry2Ab2+Cry3Bb1+ CP4EPSPS
3	VT PRO 4	Cry1A.105 x Cry2Ab2+Vip3Aa20+CP4EPSPS+Dvsvf7RNA x Cry3Bb1
4	VIPTERA	Vip3Aa20+Cry1Ab+mEPSPS
5	LEPTRA	Cry1Ab x Cry1F x Vip3Aa20 x CP4EPSPS
6	NÃO BT	-

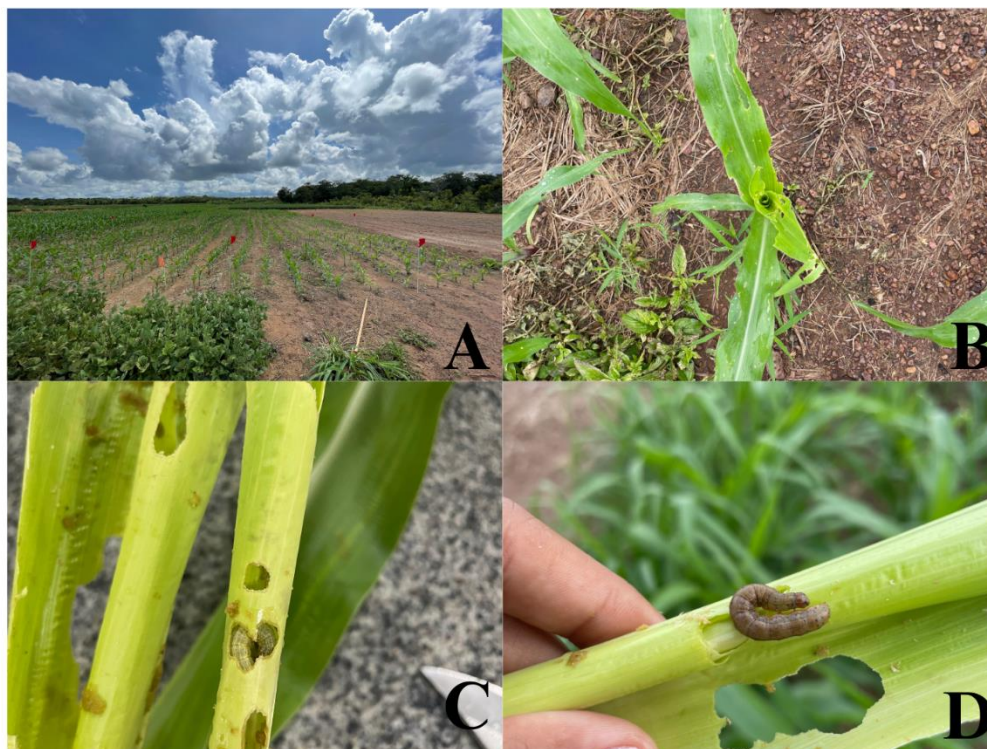
Fonte: Autor, 2024

No mesmo dia da semeadura (0DAS) foi aplicado Glifosato 2,5L/ha para controle de plantas daninhas na área. A aplicação do produto foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal de 20 litros com uma barra de pulverização de seis pontas do tipo leque 110.02, espaçadas em 0,50m, totalizando uma faixa de aplicação de 3,0 m e volume de calda de 150L/ha. Aos 10 DAS foi aplicada ureia em cobertura, e aos 25 DAS, foi realizada aplicação de Atrazina 5L/ha.

O ensaio foi monitorado semanalmente e avaliado em V4 e V7, estádios onde o milho é mais susceptível ao ataque da *S. frugiperda*, e extremamente crítico para a formação de espigas de milho.

Foi avaliado a desfolha de 25 plantas de cada parcela com a escala de Davis et al. (1992) (Figura 2-B) em estágio fenológico V4 e V7, sendo a média das 25 plantas a consideração final da parcela. Também foram avaliados 10 cartuchos de cada parcela em V4 e V7 para quantificar a densidade populacional de lagartas grandes e pequenas nos tratamentos (Figura 2-C-D). Foram avaliadas as plantas das linhas centrais e lagartas pequenas eram menores que 1.5 cm e lagartas grandes eram maiores que 1.5 cm.

Figura 2 - Área experimental (A), avaliação com nota de Davis (B), avaliação de lagartas abrindo o cartucho (C) e presença da *S. frugiperda* se alimentando de um cartucho (D).



Fonte: Autor, 2024

A avaliação de dano por desfolha foi realizada com a escala de Davis sendo observadas as três folhas centrais do cartucho para mensurar a nota. Na escala de Davis o 0 é a menor nota, ou seja, sem danos, e 9 para danos mais severos.

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software R versão 4.2.0 (R CORE TEAM, 2022). Foram analisados os pressupostos da normalidade, e ainda quando existentes, os “outliers” foram removidos pela análise descritiva de boxplot e pela estimação dos valores preditos no modelo composto pelas variáveis Tratamentos + Blocos.

3. ORÇAMENTO

O custo desse experimento representa os gastos desde da obtenção de sementes, manutenções e avaliações, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento de custos para a realização do projeto.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Sementes	Quilo	6	900	5400
Ureia	Quilo	35	17	595
Atrazina	Litro	1	220	220
Glifosato	Litro	1	39	39
Bandeirinhas	Unidade	30	1,3	39
Bomba - pulverizador completo	Unidade	1	8000	8000
KIT de EPI para aplicação	Unidade	1	150	150
Deslocamento	Quilometro	10	6	60
Total				14503

Fonte: Autor, 2024

4. CRONOGRAMA

Tabela 3 - Cronograma de atividades

ATIVIDADES	2024					
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	
Escolha da área experimental	X					
Plantio		X				
Avaliações			X			
Análise estadística				X		
Interpretação dos resultados					X	
Elaboração do TCC		X	X	X	X	
Defesa						X

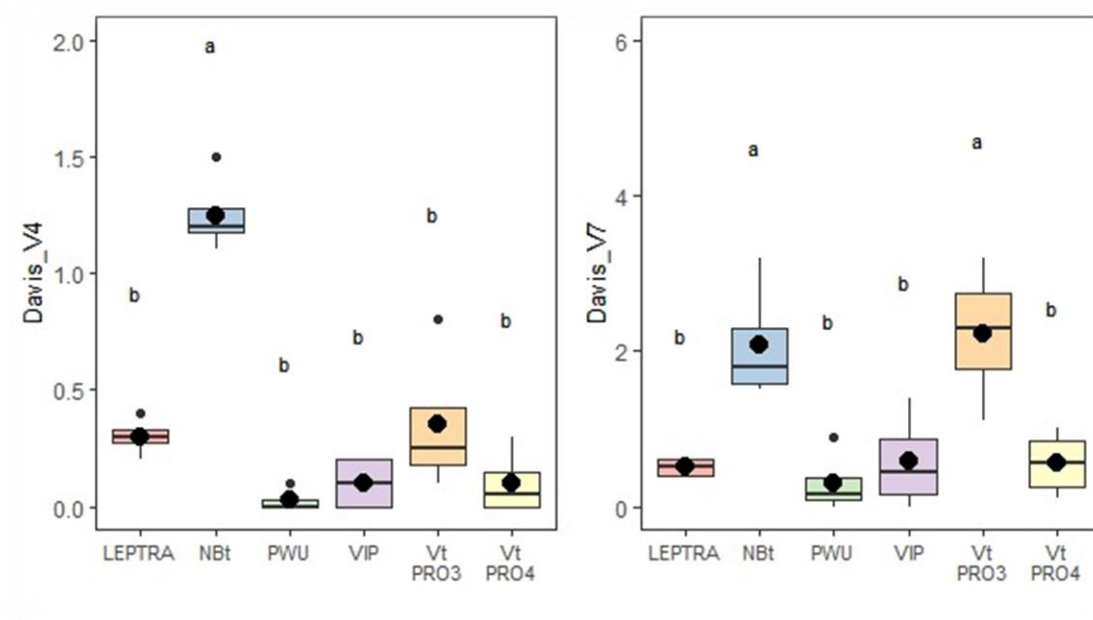
Fonte: Autor, 2024

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos indicaram que as biotecnologias avaliadas responderam diferentemente ao ataque da *S. frugiperda*. De acordo com Bernardi (2012) e Silva (2013), as biotecnologias com inserção de diferentes proteínas e modo de ação em um mesmo genótipo constituem híbridos mais tolerantes à resistência da lagarta.

Os híbridos com as tecnologias POWERCORE™, Vt PRO4, LEPTRA e VIPTERA alcançaram os melhores resultados gerais em comparação a Vt PRO3. Dentre as estratégias de controle podemos citar a piramidação de genes que expressam toxinas Bt, com alto nível de controle a praga-alvo (GHIMIRE et al., 2011; CARRIERE; CHICKMORE; TABASHNIK, 2015). A premissa básica do efeito da piramidação de genes é que proteínas com ação inseticidas, isoladamente, leva, a alta mortalidade da praga-alvo, ou seja, quando uma proteína inseticida não obtiver ação de controle sobre a praga-alvo pode ser controlada por outra proteína e vice-versa, podendo assim explicar o porquê dos tratamentos com mais combinações de genes serem mais eficientes, conforme visto na Figura 3 e 4.

Figura 3 – Notas médias de dano de *Spodoptera frugiperda* em milho de diferentes tecnologias Bt segundo escala adaptada de Davis et al. (1992) nos estádios V4 e V7. Lagoa da Confusão - TO, 2023 -2024.



Fonte: Autor, 2024

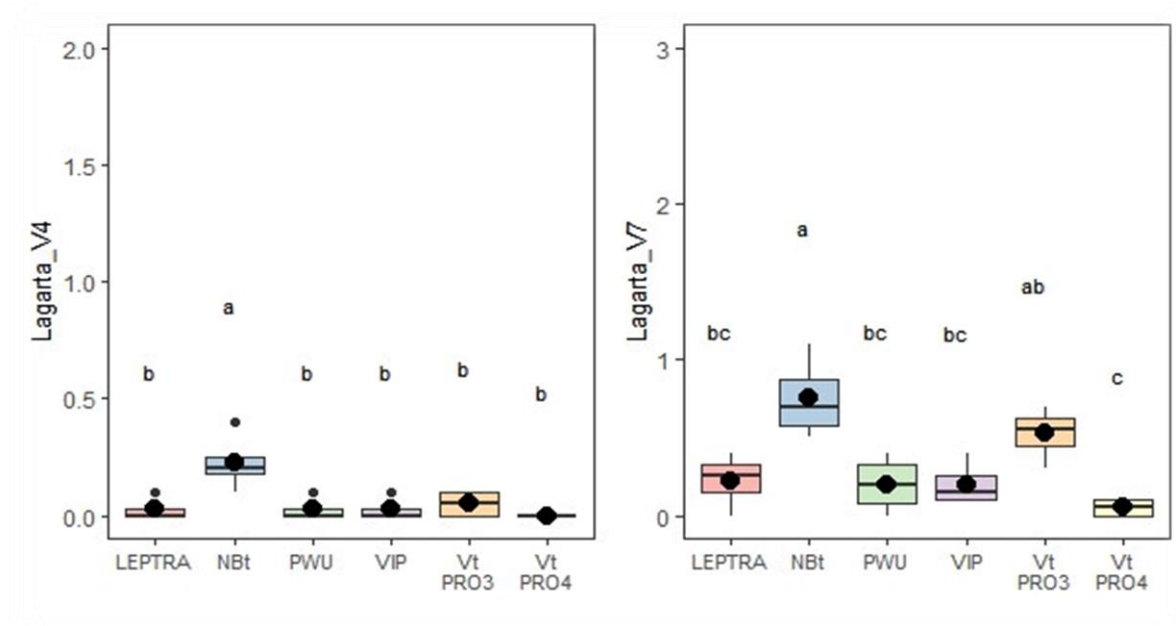
A avaliação de dano causado pela *Spodoptera frugiperda*, foi realizado através de notas (0-9) segundo escala de Davis. Observou-se que a desfolha nas parcelas da testemunha foram

superiores aos demais tratamentos quando a avaliação foi realizada em V4. Já em V7, o híbrido não Bt não diferiu de Vt PRO3, com as demais tecnologias alcançando menores danos de desfolha por lagarta do cartucho.

Em V4, é possível observar que o controle é igual para PWU, LEPTRA, VIP, Vt PRO3 e Vt PRO4, sendo a média menor a nota 1 na escala de Davis. Já em V7, percebe-se que as notas foram mais altas devido a maior incidência e desenvolvimento de instares maiores de lagartas, igualando LEPTRA, PWU, VIP e Vt PRO4, em uma média de nota 2 de desfolha na escala de Davis.

Nas avaliações de incidência de lagartas do cartucho, observou-se maior número de lagartas com o uso da testemunha não Bt em ambos estágios fenológicos. Em V7, menor incidência de lagartas foi obtida com as tecnologias LEPTRA, PWU, VIP e Vt PRO4 em comparação à testemunha não Bt. Ainda, é importante destacar que em V7, a tecnologia Vt PRO3 não diferiu do tratamento testemunha (Figura 4).

Figura 4 - Número médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em milho de diferentes tecnologias Bt segundo escala adaptada de Davis et al. (1992) nos estádios V4 e V7. Lagoa da Confusão - TO, 2023 -2024.



Fonte: Autor, 2024

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados presentes neste trabalho é possível concluir que em 2023/2024 PWU, Vt PRO4, VIPTERA e LEPTRA se mostram eficientes no controle de *S. frugiperda* no Sudoeste do Tocantins; no entanto, Vt PRO3 não tende a ser uma ferramenta segura para controlar *S. frugiperda*. Isto se deve a que é a única tecnologia sem proteína Vip e sem piramidação de genes com distintos receptores, o que a torna mais suscetível ao ataque de lagartas resistentes.

7. REFERÊNCIAS

- BERNARDI, O.; AMADO, D.; SOUZA, R. S.; SEGATTI, F.; FATORETTO, J.; BURD, A. D.; OMOTO, C. Baseline susceptibility and monitoring of Brazilian populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to Vip3Aa20 insecticidal protein. **Journal of Economic Entomology**, v.107, p. 781-790, 2016.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OMOTO, C. **Manejo da resistência de insetos a plantas Bt**, v.1, 2016.
- BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERON, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, v.49, p. 423-435, 2007
- BRÉVAULT, T.; HEUBERGER, S.; ZHANG, M.; ELLERS-KIRK, C.; NI, X.; MASSON, L.; LI, X.; TABASHNIK, B. E.; CARRIÈRE, Y. Potencial shortfall of pyramided transgenic cotton for insect resistance management. **Proceedings of the national academy of Science**, v.110, n.15, p. 5806-5811, 2013.
- CARRIÈRE, Y.; CRICKMORE, N.; TABASHNIK, B. E. Optimizing pyramided transgenic Bt crops for sustainable pest management. **Nature Biotechnology**, v.33, n.2, p. 161-168, 2015. Springer Science and Business Media LLC.
- COSTA, R. V.; Desempenho de cultivares de milho em Tocantins – Safrinha 2022: Época de semeadura e tipo de solo. **EMBRAPA-Circular técnica**, v.282, n.1, p. 2-4, 2022.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; SILVA, R.; SILVA, I.; PAULA, C. S.; FOSTER, J. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize. **International Journal of Pest Management**, v.58, n.1, p. 83-90, 2012.
- DAVIS, F. M.; SEONG, S. N.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whole-stage maize resistance to fall armyworm. **Miss. Agri. Exp. Stn. Res. Bull**, v.9. (Technical Bulletin, 186), 1992.
- FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Geographical and temporal variability in susceptibility to Cry1F toxin from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.107, p. 2182-2189, 2014.
- FIESP. Safra mundial de milho 2023/2024 – 11º Levantamento do USDA. USDA, 2024.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, S. N.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI, E. F.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, FEALQ, 2002. 920p.
- GUIMIRE, M. N.; HUANG, F.; LEONARD, R.; HEAD, G. P.; YANG, Y. Susceptibility of Cry1Ab-susceptible and-resistant sugareane borer to transgenic corn plants containing single or pyramided *Bacillus thuringiensis* genes. **Crop Protection**, v.30, n.1, p.74-81, 2011.

KENIS, M.; BENELLI, G.; BIONDI, A.; CALATAYUD, P-A.; DAY, R.; DESNEUX, N.; HARRISON, R. D.; KRITICOS, D.; RWOMUSHANA, I.; BERG, J. V. D.; VERHEGGEN, F.; ZHANG, Y-J.; AGBOYI, L. K.; AHISSOU, R. B.; BA, M. N.; BERNAL, J.; BUENO, A. F.; CARRIERE, Y. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomologia Generalis**, v.43, n.2, p. 187-241, 2022.

LEE, M. K; MILES, P.; CHEN, J. S.; Brush border membrane binding properties of *Bacillus thuringiensis* Vip3A toxin to *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* midguts. **Biochem Biophys Res Commun**, 2006.

MOUSTAFA, K. Maize's origin to be revisited. **Plant Signaling & Behavior**, v.19, n.1, 2024.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; CABEÇA, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v.72, n.9, 2016.

ROUSH, R. T. Two-toxin strategies for management of insecticidal transgenic crops: can pyramiding succeed Where pesticide mixtures have not? **Philosophical Transactions of Royal Society Of London**. Series B: Biological Sciences, v.353, n.1376, p. 1777-1786, 1998.

SECOM. Milho, a força do grão que alimenta a economia da agricultura familiar. Notícias, Agricultura, **CONAFER**, 2020.