

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(Lepidoptera: Noctuidae) E DESEMPENHO PRODUTIVO
DE GENÓTIPOS DE MILHO *Bt***

ANA MARIA NASCIMENTO SCOTON
MARIANY BALBUENO DA SILVA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

**CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(Lepidoptera: Noctuidae) E DESEMPENHO PRODUTIVO DE
GENÓTIPOS DE MILHO *Bt***

ANA MARIA NASCIMENTO SCOTON
MARIANY BALBUENO DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO EDUARDO DEGRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Grande Dourados, como parte das
exigências do Curso de Graduação em
Agronomia, para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S424c Scoton, Ana Maria Nascimento
Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e desempenho produtivo de genótipos de milho Bt [recurso eletrônico] / Ana Maria Nascimento Scoton, Mariany Balbuena da Silva. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Paulo Eduardo Degrande.
TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Lagarta-do-cartucho. 2. Zea mays. 3. Biotecnologia. I. Silva, Mariany Balbuena da. II. Degrande, Paulo Eduardo. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera:
Noctuidae) E DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE MILHO Bt**

por

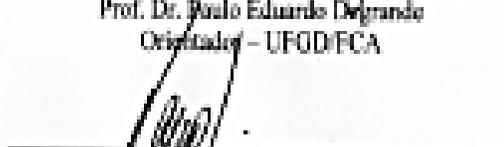
Ana Maria Nascimento Serton
Mariary Balbuena da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos exigidos
para obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA.

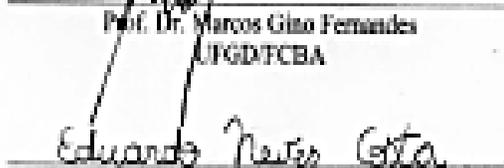
Aprovado em: 25/6/19



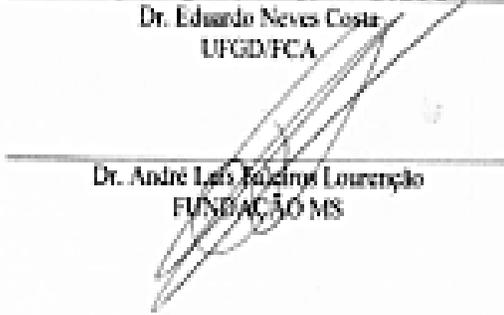
Prof. Dr. Paulo Eduardo De grande
Orientador - UFGD/FCA



Prof. Dr. Marcos Gino Fernandes
UFGD/FCBA



Dr. Eduardo Neves Costa
UFGD/FCA



Dr. André Luis Paes Lourenço
FUNDAÇÃO MS

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela bênção e proteção em todos os momentos.

À minha família, meus pais Pedro Angelo Scoton e Ana Paula Lorandi Nascimento Scoton, por todo o apoio, amor e educação transmitidos ao longo da minha vida, meus irmãos José Henrique Nascimento Scoton e Pedro Angelo Nascimento Scoton por todo companheirismo, meu namorado e melhor amigo José Lucas Gonçalves Greiter pelo incentivo, amor, paciência e compreensão, ambos serviram como base para que eu alcançasse meus sonhos.

Em especial, ao Prof. Dr. Paulo Eduardo Degrande pelo exemplo de profissional e por suas orientações que contribuíram para meu desenvolvimento profissional;

À minha dupla de Trabalho de Conclusão de Curso, Mariany Balbuena da Silva, por sua amizade, companheirismo, pelos momentos inesquecíveis, conhecimentos compartilhados e horas dedicadas a este trabalho;

Aos membros da banca de avaliação pela participação e contribuições no trabalho;

Ao Dr. André Luis Faleiros Lourenção pelo suporte, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Dr. José Bruno Malaquias pelas orientações sobre as análises estatísticas;

À equipe do Laboratório de Entomologia Aplicada por toda colaboração e companheirismo;

Aos funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados que cooperaram no desenvolvimento deste trabalho;

E, a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta com esse Trabalho de Conclusão de Curso.

Ana Maria Nascimento Scoton

AGRADECIMENTOS

O caminho até aqui só foi possível por toda proteção e cuidado que Deus tem por mim, em todas as circunstâncias sua bondade me acompanhou;

Minha gratidão aos meus pais, Marcelo Almeida da Silva e Tatiani da Rosa Balbuena Fujikawa por todo amor, esforço, suporte, incentivo para que eu pudesse realizar esta graduação. À minha amada avó, Antonia da Rosa Balbuena por sempre iluminar meu caminho com sua sabedoria e experiência de vida. Ao meu namorado Adriano Queiregati de Rezende por todo carinho, por ficar ao meu lado e me ajudar em tudo que estava ao seu alcance. Ao meu irmão, Matheus Balbuena da Silva pelo companheirismo;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Eduardo Degrande pelo exemplar profissional, por todo conhecimento transmitido e pela disponibilidade;

À Ana Maria Nascimento Scoton pela amizade sólida que construímos durante o período da faculdade, por desempenhar de forma admirável e séria os trabalhos propostos, por termos vividos momentos memoráveis juntas, momentos que espero que se repitam inúmeras vezes;

Aos membros da banca de avaliação pela participação e contribuições no trabalho;

Ao Dr. José Bruno Malaquias pelo auxílio com as análises estatísticas;

Ao Dr. André Luis Faleiros Lourenção pelo suporte, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho;

À equipe do Laboratório de Entomologia Aplicada por todos conhecimentos compartilhados e companheirismo;

Aos funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados que cooperaram no desenvolvimento deste trabalho;

E, a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta com esse Trabalho de Conclusão de Curso.

Mariany Balbuena da Silva

SUMÁRIO

PÁGINAS

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
1. ARTIGO	13
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
3. ANEXOS	30

SCOTON, A. M. N.; SILVA, M. B. **CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) E DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE MILHO *Bt***. 2019. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MS.

RESUMO

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797) é considerada praga-chave da cultura do milho. Atualmente, seu controle é realizado utilizando genótipos de milho com tecnologias oriundas de biotecnologias baseadas na inserção de genes de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) que conferem resistência às plantas e com aplicações de inseticidas químicos e biológicos. Isto posto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de híbridos de milho e as eficácias das tecnologias *Bt*, em condições de campo, sob ataque da lagarta-do-cartucho. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, situada no município de Dourados – MS, na safra de verão 2018/19, adotando um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados seis tratamentos (cinco híbridos de milho *Bt* e um híbrido não-*Bt*), com e sem controle da lagarta-do-cartucho, num delineamento estatístico fatorial (6x2), e quatro repetições. A cada cinco dias foi contabilizado o número de lagartas vivas encontradas, atribuídas notas de lesões (visuais) e ao final do experimento foi avaliado o desempenho produtivo dos genótipos com as tecnologias: Herculex[®], Leptra[®], Powercore[®], Viptera 3[®], VT PRO 3[®] e não-*Bt*. O número médio de lagartas foi comparado pelos contrastes do modelo binomial negativo, a 5% de probabilidade. Os dados de notas médias de lesões foliares foram comparados pelo teste de Friedman, também a 5% de probabilidade e as médias dos dados referentes ao desempenho produtivo foram comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade. Nas avaliações de número de lagartas e notas médias de lesões em plantas de milho, houve uma menor incidência e menores lesões foliares causadas por lagartas nos híbridos contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®] e para os parâmetros produtivos não houve diferença significativa entre os genótipos estudados, mesmo com e sem controle químico da praga. Conclui-se que há híbridos de milho resistente a *S. frugiperda*, mas a praga não afeta o desempenho produtivo das plantas nas infestações ocorrentes no estudo.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho, *Zea mays*, biotecnologia.

SCOTON, A. M. N.; SILVA, M. B. **CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF MAIZE GENOTYPES *Bt***. 2019. 30f. Monograph (Course Completion Work), Federal University of Grande Dourados. Dourados, MS.

ABSTRACT

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797) is considered a major maize pest. Currently, its control is carried out using maize genotypes with *Bacillus thuringiensis* Berliner technologies that confer resistance to plants and chemical and biological insecticide applications. Thus, the purpose of this work was to evaluate the yield performance of *Bt* maize hybrids, under field conditions with damage of the fall armyworm. The trial was developed at the Experimental Farm of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados - UFGD, located in Dourados - MS, in the 2018/2019 summer crop season, with a completely randomized block design with four replications. Six treatments (five *Bt* maize hybrids and a non-*Bt* hybrid) were evaluated, with and without control of the fall armyworm, in a factorial design (6x2). Every five days the number of live caterpillars was counted, the visual damage scores were assigned and at the end of the experiment the productive performance of the genotypes was evaluated with the following technologies: Herculex[®], Leptra[®], Powercore[®], Viptera 3[®], VT PRO 3[®] and non-*Bt* hybrid. The mean number of larvae was compared by contrasts of the negative binomial model, at 5% probability. The data of mean damage score were compared by Friedman test, also at 5% probability and the means of data regarding productive performance were compared by Kruskal-Wallis test, at 5% probability. In the evaluations of number of larvae and average damage scores in maize plants, there was generally a lower incidence and lower damage caused due to the larvae feeding on the hybrids containing the Leptra[®] and Viptera 3[®] technologies and for the productive parameters there was no significant difference between the hybrids studied, even with and without chemical control of the pest. It is concluded that there are maize hybrids resistant to *S. frugiperda*, but the pest did not affect the productive performance of the plants in the infestations that occurred in the study.

Key words: fall armyworm, *Zea mays*, biotechnology.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) pertence à ordem Cyperales, família Poaceae e gênero *Zea*. Originado provavelmente nas Américas, onde se encontram os seus parentes selvagens mais próximos (MÔRO & NETO, 2017). Sob aspectos fisiológicos, é considerado o cereal de maior eficiência para o cultivo de grãos, apresentando elevada capacidade produtiva (FANCELLI, 2017).

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking de maiores produtores mundiais deste grão, com 95 milhões de toneladas na safra 2017/2018, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China, com 359 e 215 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2019). No entanto, a incidência de pragas pode comprometer a produção, a qualidade do milho e os custos de produção.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), pertence à ordem Lepidoptera, família Noctuidae, e alimenta-se da planta de milho em todas as fases de crescimento, tendo preferência pelos cartuchos de plantas mais novas e, se não controlada, pode gerar perdas significativas na produção (CRUZ, 1995). Segundo Gallo et al. (2002), essa praga pode reduzir a produção de milho em até 20%, destruindo as folhas, sendo o período crítico de seu ataque no estágio vegetativo da planta.

A elevada suscetibilidade do milho ao ataque de *S. frugiperda* decorre da boa capacidade migratória do inseto e à anatomia do cartucho da planta, que proporciona proteção para a lagarta, fazendo com que seu controle seja dificultado (OVEJERO, 2001). Esse inseto oviposita preferencialmente na face adaxial das folhas (BESERRA et al., 2002), chegando uma postura conter 300 ovos, que após a eclosão há uma dispersão das lagartas para outras plantas, causando ataque uniforme na lavoura (CRUZ, 2013).

A disponibilidade contínua de plantas hospedeiras oferecidas pelo sistema de cultivo intensivo tem favorecido a sobrevivência e o crescimento populacional dessa praga, que ataca várias culturas economicamente importantes em muitos países (OLIVEIRA, 2015). O controle de *S. frugiperda* tornou-se desafiador para os profissionais da área, sendo necessário empregar diferentes estratégias de controle. Com isso, em seu manejo incluem-se métodos culturais, químicos e biológicos (CRUZ E WAQUIL, 2001).

Em 2007 foi aprovado o primeiro evento de milho transgênico resistente a insetos no Brasil. Esse evento expressava a proteína Cry1Ab de *B. thuringiensis* (*Bt*).

Em seguida, outros eventos que expressavam outras proteínas de *Bt* foram aprovados, como Cry1F e Vip3A, assim como os eventos que contêm mais de uma proteína: Cry1A.105/Cry2Ab2, Cry1b/Vip3A, Cry1Ab/Cry1F e Cry1A.105Cry2Ab2/Cry1F (OMOTO et al., 2012). Mais recentemente tornaram-se disponíveis as tecnologias que expressam as proteínas Cry1F/Cry1Ab/VIP3Aa20 e Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry3Bb1.

Com isso, para controlar as pragas alvo do milho, especialmente *S. frugiperda*, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), desenvolveu-se as tecnologias comerciais Herculex[®], Yieldgard VT PRO[®], Leptra[®], VT PRO 2[®], Viptera[®], Yieldgard[®], Powercore[®] e VT PRO 3[®], as quais apresentaram grande eficiência para o controle dessas pragas no final da década passada, podendo até dispensar o uso de inseticidas (MENDES et al., 2009).

No entanto, o extensivo uso de plantas *Bt*, aliado às baixas utilizações de áreas de refúgio e de plantas não piramidadas tornaram essa estratégia de manejo de pragas vulnerável à praga no decorrer dos anos subsequentes. Em estudo desenvolvido por Blanco et al. (2016) em seis países da América Latina, dentre eles o Brasil, constataram que a lagarta militar foi a praga que necessitou de aplicação de inseticidas químicos mesmo com o uso de cultivares *Bt*, ou seja, dentre todas as 31 pragas controladas pelas biotecnologias, ela foi a única que mostrou resistência a certas proteínas *Bt*.

A primeira confirmação de perda da eficiência de algumas tecnologias *Bt* no controle de *S. frugiperda* ocorreu em Porto Rico, relatando a resistência dessa praga à proteína Cry1F (STORER et al., 2010). Sendo também constatada, no Brasil, a resistência de *S. frugiperda* às proteínas Cry1F (FARIAS et al., 2014), Cry1Ab (OMOTO et al., 2016) e também às proteínas piramidadas Cry1 (BERNARDI et al., 2015).

Diante disso, mesmo com o uso da tecnologia *Bt*, os inseticidas ainda são um dos métodos de controle mais utilizados quando ocorrem altas infestações de *S. frugiperda*, devido principalmente à ocorrência dessa praga em praticamente todas as fases de desenvolvimento da cultura do milho (MORAES; LOURENÇÃO; PATERNIANI, 2015). Portanto, torna-se imprescindível identificar as falhas de controle dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), assim como estudar as tecnologias *Bt* disponíveis como ferramentas no controle de lagartas para o sucesso da safra brasileira de milho (MENDES et al., 2011).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Cross-Resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided *Bt* maize hybrids in Brazil. **PLoS One**. 10, e0140130, 2015.

BESERRA, E. B.; DIAS, C. T. S.; PARRA, J. R. P. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. **Florida Entomologist**. 85, n.4, p. 588-593, 2002.

BLANCO, C.; CHIARAVALLE, W.; RIZZA, M. D.; FARIAS, J. R.; DEGANO, M. F. G.; GASTAMINZA, G.; SÁNCHEZ, D. M.; MURÚA, M. G.; OMOTO, C.; PIERALISI, B. K.; RODRÍGUES, J.; MARCIEL, J. C. R.; SANTOFIMIO, H. T.; VARGAS, A. P. T.; VALENCIA, S. J.; WILINK, E. Current situation of pests targeted by *Bt* crops in Latin America. **Current Opinion in Insect Science**. 15, p. 131 - 138, 2016.

CRUZ I.; WAQUIL J. M. Pragas da cultura do milho para silagem. 2001, p. 141-207. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (eds.), **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, p. 544.

CRUZ, I. Desafio complexo – Manejo de lagartas no advento de tecnologias *Bt*. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v.1, n.168, p.7-11, 2013.

CRUZ, I. **A lagarta do cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1995. p. 45.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A. GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2ed, Editora UFV, 2017, p. 49.

FARIAS, J.R.; ANDROW, D.A., HORIKOSHI, R.J., SORGATTO, R.J., FRESIA, P., SANTOS, A.C., OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**. 64, p. 150-158, 2014.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 920.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; FERMINO, T. C.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M.; COSA, M. C. A.; MARUCCI, R. C.; WAQUIL, J. M. Efeito da interação entre genótipos de milho e evento geneticamente modificado contendo a toxina Cry 1A(b) nas variáveis biológicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 10., **Anais...** Rio Verde, GO, p. 368-374, 2009.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p. 239-244, 2011.

MORAES, A. R. A.; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p. 50-57, 2015.

MÔRO, G. V.; NETO, R. F. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A. GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2ed, Editora UFV, p. 9, 2017.

OLIVEIRA, A.A.S. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) Lepidoptera: Noctuidae em milho doce tratado com fosfito de potássio. p. 40 Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J. R.; BERNARDI, D. **Estratégias de manejo da resistência e importância das áreas de refúgio para tecnologia Bt**. 2012. In: Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos. Ed. Maria Elisa A. G. Z. Paterniani, Aildson P. Duarte, Alfredo Tsunehiro. Campinas: Instituto Agrônomo. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 780.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**. 72, 1727-1736, 2016.

OVEJERO, R. F. L. **Controle da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*)**. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.portaldocampo.com.br>>. Acesso em: 07 maio de 2019.

STORER, N. P.; BABCOCK J. M.; SCHLENZ M.; MEADE T.; THOMPSON G. D.; BING, J. W.; HUCKABA R. M. Discovery and characterization of field resistance to *Bt* maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **2nd Crop survey 2018/2019**. Washington, D. C., 2018. p. 1. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/farming/crop-production>>. Acesso em: 09 maio 2019.

1. ARTIGO

CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) E DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE MILHO *Bt*¹

ANA MARIA NASCIMENTO SCOTON¹, MARIANY BALBUENO DA SILVA¹, PAULO EDUARDO DEGRANDE¹, FILIPE LEMOS JACQUES¹ e ANDRÉ LUIS FALEIROS LOURENÇÃO²

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil, anamaria_scoton@hotmail.com, marianybalbuena09@hotmail.com, paulodegrande@ufgd.edu.br, fljacques@gmail.com;

²Fundação MS, Maracaju, MS, Brasil, andre@fundacaoms.org.br

RESUMO - *Spodoptera frugiperda* é praga-chave da cultura do milho no Brasil, e seu controle é realizado utilizando genótipos de milho *Bt* e aplicações de inseticidas químicos e biológicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de híbridos de milho e as eficácias das tecnologias *Bt*, em condições de campo, sob ataque da lagarta-do-cartucho. O experimento foi desenvolvido no município de Dourados-MS, na safra de verão de 2018/19, num delineamento experimental em blocos casualizados, sob esquema fatorial, com quatro repetições. Foram avaliados seis tratamentos (cinco híbridos de milho *Bt* e um híbrido não-*Bt*), com e sem controle da lagarta-do-cartucho. A cada cinco dias foi contabilizado o número de lagartas encontradas, quando foram atribuídas notas de lesões foliares em uma escala visual e ao final do experimento foi avaliado o desempenho produtivo dos híbridos com as tecnologias: Herculex[®], Leptra[®], Powercore[®], Viptera 3[®], VT PRO 3[®] e não-*Bt*. Nas avaliações de número de lagartas e notas médias de lesões em plantas de milho, houve uma menor incidência e menores lesões foliares de lagartas nos genótipos contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®] e para os parâmetros produtivos não houve diferença significativa entre os genótipos estudados, mesmo com e sem controle químico da praga. Conclui-se que há genótipos de milho resistente a *S. frugiperda*, mas a praga não afetou o desempenho produtivo das plantas nas infestações ocorrentes no estudo.

Palavras-chave: eficiência, *Zea mays*, biotecnologia.

¹Scoton, A. M. N.; Silva, M. B.; Degrande, P. E.; Jacques, F. L.; Lourenção, A. L. F. Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e desempenho produtivo de genótipos de milho *Bt*. Para submissão na Revista Brasileira de Milho e Sorgo.

CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF MAIZE GENOTYPES *Bt*

ABSTRACT - Fall armyworm is considered a major maize pest in Brazil, and its control is carried out using *Bt* maize genotypes and chemical and biological insecticides applications. Thus, the purpose of this work was to evaluate the yield performance of *Bt* maize hybrids, under field conditions with damage of the fall armyworm. The trial was conducted in Dourados-MS, in the 2018/19 summer crop season, in a randomized complete block design, under a factorial scheme, with four replications. Six treatments (five *Bt* maize hybrids and one non-*Bt* hybrid) were evaluated, with and without control of the fall armyworm. Every five days, the number of larvae was recorded and also the visual damages were attributed. At the end of the experiment the productive performance of the hybrids with the following technologies were evaluated: Herculex[®], Leptra[®], Powercore[®], Viptera 3[®], VT PRO 3[®] and not-*Bt*. In the evaluations of number of larvae and average damage scores on maize plants there was a lower incidence and lower damage of larvae on the genotypes containing Leptra[®] and Viptera 3[®] technologies and for the productive parameters there was no significant difference between the studied genotypes, even with and without chemical control of the pest. It is concluded that there are maize genotypes resistant to *S. frugiperda*, but the pest did not affect the productive performance of the plants in the infestations that occurred in the study.

Key words: efficacy, *Zea mays*, biotechnology.

Dentre os cultivos para grãos, a cultura de milho (*Zea mays* L.) possui destaque. A importância econômica desta cultura se deve a diversas formas de sua utilização, que abrange desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (DUARTE et al., 2017). Na safra 2017/2018, o Brasil produziu 95 milhões de toneladas de milho, sendo que na Primeira Safra (Safra de Verão) alcançou aproximadamente 26,8 milhões de toneladas, enquanto na Segunda Safra (Safrinha) atingiu 53,9 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Como as diversas regiões brasileiras que cultivam milho costumam realizar duas safras de semeadura, há intenso cultivo e também condições climáticas variadas, fazendo com que a ocorrência de insetos pragas torne-se frequente. Entre o complexo de pragas que atacam o milho, vale ressaltar a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), polífaga e considerada a principal praga dessa cultura no Brasil (CRUZ et al., 2012), por causar danos em todos os seus estádios de desenvolvimento.

No passado, para combater a *S. frugiperda*, os agricultores majoritariamente recorriam ao controle químico, e, por ele ter sido realizado de forma não planejada, resultou em uma seleção de populações resistentes a uma ampla gama de produtos de alta toxicidade, o que tornou esta praga de difícil controle (YU et al., 2003).

Em decorrência disso, houve grande adoção de biotecnologias para auxiliar no manejo da *S. frugiperda*. Na safra 2016/2017 essas tecnologias de milho foram utilizadas em 90% da área cultivada (CÉLERES, 2017). Entretanto, a liberação comercial de eventos de milho que expressam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) e a sua constante adoção, fizeram com que as populações da praga estivessem expostas a uma grande pressão de seleção, causando a evolução da resistência.

Esta evolução pode reduzir a eficácia de proteínas inseticidas à base de *B. thuringiensis* produzidas pelas culturas transgênicas (TABASHNIK et al., 2013). Estudos já evidenciaram a resistência de *S. frugiperda* a tecnologias de milho que expressam a proteína Cry1F e a proteína Cry1Ab (FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016) e também as proteínas combinadas Cry1 (BERNARDI et al., 2015).

Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o controle e o desempenho produtivo de híbridos de milho *Bt*, em condições de campo, sob ataque da lagarta-do-cartucho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de 30/10/2018 a 10/04/2019, em condições de campo, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, localizada no município de Dourados – MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'O e altitude de 434 m. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférico. Os dados meteorológicos foram obtidos da estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo testados seis híbridos de milho, dentre os quais cinco possuíam diferentes eventos biotecnológicos e um não *Bt* (Tabela 1), com e sem controle da lagarta-do-cartucho, em arranjo fatorial (6x2), constituído de 6 cultivares, com e sem controle da praga (2) e 4 repetições.

Inicialmente foi realizada a dessecação da área e aplicação de inseticidas (Premio® 0,1 L p.c. ha⁻¹ e Engeo® 0,3 L p.c. ha⁻¹) para garantir que a área estivesse livre de insetos pragas por ocasião da instalação do trabalho e, então, foram riscadas as linhas de semeadura com semeadora-adubadora (Baldan Solografic Directa 4500) com 9

linhas espaçadas em 0,45 metros e com haste sulcadora para adubo, sendo utilizados 300 kg.ha⁻¹ da fórmula 8-30-10 (NPK) no plantio.

A semeadura do milho foi realizada manualmente, no dia 06 de novembro de 2018. Cada parcela foi composta por nove linhas espaçadas em 0,45 metros entre si e 5,5 metros de comprimento, com densidade de semeadura de quatro sementes por metro linear, sendo as sementes tratadas com Gaucho[®] (7 g de i.a. kg⁻¹ de semente). Como medida de segurança operacional, nesta fase utilizou-se máscaras anti-vapores e luvas de nitrila Curad[®] para evitar o contato direto com o defensivo agrícola. Foi reservado um espaço de três metros entre as unidades experimentais, destinado ao tráfego de máquinas. Foram efetuadas algumas regas, com auxílio de aspersores, durante o desenvolvimento da cultura.

As aplicações de inseticidas, visando manter o controle da lagarta-do-cartucho nas parcelas que demandavam ausência de ataque desta praga, foram feitas com um pulverizador (KO Cross-s 2000) dotado de uma barra de 14 m utilizando-se o inseticida Pirate[®] SC (240 g de i. a. L⁻¹) na dose de 0,8 L p.c. ha⁻¹. O manejo das plantas daninhas foi realizado com capinas manuais e uso de herbicidas Atrazina Atanor[®] 50 SC (500 g de i. a. L⁻¹) na dose de 3 L p.c. ha⁻¹ e Sanson[®] 40 SC (40 g de i. a. L⁻¹) na dose de 1,25 L p.c. ha⁻¹. Para o controle de doenças foi realizada uma aplicação de fungicida Aproach[®] Prima na dose de 0,4 L p.c. ha⁻¹. Aos 25 dias após a emergência (DAE) das plantas foi realizada adubação em cobertura com 200 kg.ha⁻¹ de ureia.

A infestação por *S. frugiperda* na área ocorreu de forma natural. Semanalmente foi realizado o controle químico em todas as parcelas que constituíam os tratamentos com controle da praga, evitando que ocorresse a presença desse inseto-praga.

As avaliações de lesões foliares de *S. frugiperda* em milho foram realizadas a cada cinco dias, iniciando-se 12 DAE das plantas, nas folhas centrais do cartucho de 10 plantas nas linhas do centro de cada parcela, atribuindo-se para cada planta uma nota de lesão, de acordo com a escala Davis adaptada (1 – nenhuma lesão visual a 9 – lesões severas) (DAVIS et al., 1992). Também foi avaliado o número de lagartas presentes no cartucho destas plantas de milho, sendo as folhas cuidadosamente removidas, de forma a permitir a contagem de lagartas pequenas, médias e grandes, obtendo-se um somatório total de lagartas. Após o completo florescimento, foi avaliado em 10 plantas por parcela o *stand* e a altura das plantas, medindo desde a base até a inserção da última folha.

Duas linhas centrais de cada parcela foram conservadas intactas destinadas para, ao final do experimento, avaliar os indicadores de produtividade, comparando o desempenho produtivo de cada híbrido quando submetido ao controle da praga e na ausência deste, por meio do diâmetro do colmo, número de espigas por planta de 10 plantas por parcela, pesagem de grãos de uma área útil de 3,6 m² colhida de cada parcela e da massa de mil grãos realizado conforme indicado nas normas para análise de sementes – RAS (BRASIL, 2009), sendo o valor corrigido para 13% de umidade. Avaliou-se também número total de grãos, número de fileiras de grãos e comprimento das espigas, avaliando-se dez espigas por parcela.

As análises foram efetuadas com auxílio do *software* estatístico R Core Team[®]. Os dados de número médio de lagartas foram comparados por contrastes do modelo binomial negativo, a 5% de probabilidade e os dados de notas médias de lesões foliares foram comparados pelo teste de Friedman, também a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao desempenho produtivo foram obtidos através da diferença entre os tratamentos com controle e sem controle da *S. frugiperda*, estimados em porcentagem, sendo as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade. Não foram comparados os híbridos por possuírem genótipos diferentes.

Tabela 1. Tecnologias comerciais de milho *Bt*, seus eventos biotecnológicos e proteínas expressadas nas plantas nos respectivos genótipos de milho, estudadas no experimento. Dourados/MS, 2019.

Tecnologia Comercial	Evento	Proteína	Híbrido
Herculex [®]	TC1507	Cry1F	P3380HR [®]
Leptra [®]	TC1507+MON810	Cry1F+Cry1Ab+ VIP3Aa20	P3431VYH [®]
Powercore [®]	MON89034+TC1507	Cry1A.105+Cry2Ab2+Cry1F	MG600PW [®]
Viptera3 [®]	MIR162	VIP3Aa20	DefenderVIP [®]
VT PRO 3 [®]	MON89034+MON8801	Cry1A.105+Cry2Ab2+Cry3Bb	DKB290PRO3 [®]
Não- <i>Bt</i>	---	---	NS70 [®]

Fonte: Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A infestação de *S. frugiperda* ocorreu de forma natural e uniforme na área experimental, sendo constatada a presença da praga em todas as unidades experimentais. Os números médios de lagartas diferiram significativamente entre os tratamentos, ocorrendo, no geral, menores incidências de lagartas nos híbridos contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®] (Tabela 2).

Nas duas primeiras avaliações (12 e 17 DAE) houve baixa variabilidade para número médio de lagartas (Tabela 2). Já aos 22 DAE os valores para número médio de lagartas foram maiores, diferindo tanto para os híbridos como para a ausência e presença de controle da *S. frugiperda*. Na ausência do controle da praga, o híbrido contendo a tecnologia Herculex[®] obteve os maiores valores para número médio de lagartas, até mesmo quando comparado ao híbrido não-*Bt*. Isso se deve à resistência da lagarta-do-cartucho do milho à proteína que a tecnologia Herculex[®] expressa (Cry1F), fato que também foi evidenciado no estudo de Farias et al. (2014) sobre a resistência de populações desta praga oriundas de diversas regiões brasileiras à proteína Cry1F. Neste período, em nosso trabalho o híbrido contendo a tecnologia Viptera 3[®] foi o único que não apresentou ocorrência de lagartas. Bernardi et al. (2015a) também relataram a eficiência da proteína Vip3Aa20 no controle de *S. frugiperda* e *D. saccharalis* na cultura do milho, o que evidencia a estabilidade da tecnologia até a última safra, mesmo com a rápida capacidade de evolução de resistência apresentada pela praga, e que sob o ponto de vista de manter as plantas isentas de praga esta tecnologia é mais efetiva que as aplicações sequenciais de inseticida.

Aos 27 DAE, na ausência de controle da praga, os híbridos de milho *Bt* contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®] foram os únicos que não apresentaram ocorrência de lagartas, a maior incidência foi no híbrido com tecnologia Herculex[®], superando até mesmo o genótipo não-*Bt*. Aos 32 DAE pode-se observar que os híbridos com tecnologias Herculex[®], VT PRO 3[®] e o não-*Bt* obtiveram as maiores médias não diferindo estatisticamente entre si. O híbrido contendo a tecnologia Powercore[®] foi o único que apresentou diferença significativa para ausência e presença de controle químico (Tabela 2), com maior número de lagartas onde não houve aplicação de inseticidas. Já aos 37 DAE, vale ressaltar que o híbrido que continha a tecnologia Viptera 3[®] não diferiu significativamente dos híbridos que continham as tecnologias

Powercore[®], VT PRO 3[®] e Herculex[®]. Em estudos onde raças de *S. frugiperda* foram selecionadas em laboratório, pode-se observar resistência dessa praga às proteínas Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20 (BERNARDI et al., 2015b, 2016, 2017). Até os 32 DAE, o genótipo que continha a tecnologia Viptera 3[®] apresentava um desempenho semelhante ao do genótipo que continha a tecnologia Leptra[®], o qual nesta época não apresentou ocorrência da praga.

Aos 42 DAE observou-se maior número médio de lagartas, prevalecendo apenas o genótipo contendo a tecnologia Leptra[®] sem nenhuma lagarta-do-cartucho, genótipo este que é resultado de um evento de piramidação de proteínas *Bt*. Esse emprego de piramidação favorece o retardamento da evolução da resistência às proteínas *Bt*, além de promover um controle de pragas mais eficiente do que quando empregado eventos individuais (STORER et al., 2012; NIU et al., 2014). No entanto, aos 47 DAE, o genótipo contendo a tecnologia Herculex[®] apresentou uma redução no número médio de lagartas não diferindo estatisticamente dos outros genótipos de milho *Bt* na ausência de controle. O genótipo não-*Bt* se diferenciou do restante com a maior média de número de lagartas de *S. frugiperda* (7,50±1,19).

Em relação às notas médias de lesões de *S. frugiperda* foi possível observar que houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). As notas mais altas de lesões foliares, de modo geral, foram observadas no híbrido não-*Bt*, e nos transgênicos com as tecnologias Herculex[®] seguido pelo VT PRO 3[®] e Powercore[®]. Os híbridos com tecnologia Herculex[®], VT PRO 3[®] e o não-*Bt* apresentaram em pelo menos uma das avaliações notas de lesões superiores a 3 na ausência do controle da praga, comportando-se como suscetíveis à *S. frugiperda*. Barcelos & Angelini (2018) avaliando diferentes tecnologias *Bt* no controle de *S. frugiperda* em milho, obtiveram notas de lesões acima de 3 em 20% das plantas nos híbridos com as tecnologias Herculex[®], Optimum Intrasect[®] e não-*Bt*, resultados semelhantes aos observados neste ensaio.

Aos 12 DAE os híbridos contendo a tecnologia VT PRO 3[®] e o não-*Bt* foram os únicos que diferiram significativamente em relação às lesões foliares para presença ou ausência de controle. Aos 17 DAE não houve diferença significativa para controle ou não da praga. Já aos 22 DAE, foi possível observar notas de lesões superiores a 3 pela primeira vez no genótipo contendo a tecnologia Herculex[®] e no não-*Bt*. Moraes et al. (2015) também observaram um aumento significativo das notas de lesões com o decorrer do tempo e mais elevadas nos híbridos não-*Bt*. Porém, em nosso

estudo além do híbrido não-*Bt*, os híbridos contendo as tecnologias Herculex[®] e VT PRO 3[®] também apresentaram notas maiores. Além disso, estes híbridos contendo as tecnologias Herculex[®] e VT PRO 3[®] apresentaram diferença estatística significativa para presença e ausência de controle. As menores médias de lesões foliares, sem o controle, foram obtidas pelos híbridos contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®], demonstrando a eficiência da proteína Vip3a20 no controle da *S. frugiperda*, como já relatado por Crossariol Netto (2017) ao avaliar o comportamento de cultivares de milho *Bt* em relação ao ataque de lepidópteros.

Decorridos 27 dias da emergência das plantas, apenas os híbridos com tecnologias Powercore[®] e VT PRO 3[®] apresentaram diferenças estatisticamente significativas para a presença ou não do controle de *S. frugiperda*. Aos 32 DAE, na ausência de controle químico da praga, as menores médias de lesões foram obtidas pelos híbridos contendo tecnologia Leptra[®] e Viptera 3[®], seguido por Powercore[®]. Os demais genótipos não apresentaram diferença significativa entre si, mostrando-se suscetíveis ao ataque das populações de *S. frugiperda*.

Aos 37 DAE quando avaliado as notas médias de lesões foliares apenas o híbrido contendo a tecnologia Leptra[®] não diferiu significativamente quanto ao controle, mostrando ainda ser uma tecnologia eficiente para a praga. Já aos 42 DAE, quando submetido ao controle químico da praga, as menores médias de lesões foliares foram obtidas pelos híbridos contendo as tecnologias Leptra[®], Viptera 3[®] e VT PRO 3[®] não diferindo estatisticamente entre si. Na ausência de controle, os híbridos que apresentaram as maiores médias para lesões foram os híbridos contendo a tecnologia Herculex[®] e o não-*Bt*. Neste período, não houve diferença significativa para controle da praga nas tecnologias Leptra[®], Powercore[®] e Viptera 3[®].

Aos 47 DAE, o único híbrido que não apresentou diferença significativa para controle ou não da praga com inseticida foi o que detinha a tecnologia Leptra[®]. A eficiência desta tecnologia pode ser explicada pela piramidação da proteína Vip3a20 com as proteínas Cry1F e Cry1Ab, ressaltando ainda a elevada eficácia da proteína Vip3a20 para o controle da praga. A importância da piramidação já foi ressaltada por Zhu et al. (2018) como estratégia no gerenciamento para evitar a resistência deste inseto-praga. Mesmo com controle da *S. frugiperda*, o híbrido de milho não-*Bt* alcançou maior média de dano ($2,26 \pm 0,77$) e na ausência de controle ele também apresentou a maior média, porém não diferindo estatisticamente do híbrido com tecnologia Herculex[®].

Tabela 2. Número médio \pm erro padrão de lagartas de *Spodoptera* encontradas no cartucho de 10 plantas por parcela de diferentes híbridos de milho Bt aos 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42 e 47 dias após a emergência (DAE). Dourados - MS, 2019.

Híbrido	12 DAE		17 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ab*	1,75 \pm 1,03 Aa	1,25 \pm 0,47 Aa
P3431VYH [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*			
MG600PW [®]	0,25 \pm 0,25 Aa	0,25 \pm 0,25 Aa	0,00 \pm 0,00 Bb*	0,25 \pm 0,25 Aa
DefenderVIP [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,25 \pm 0,25 Aa	0,25 \pm 0,25 Aa
DKB290PRO3 [®]	0,00 \pm 0,00 Bb*	0,50 \pm 0,28 Aa	0,25 \pm 0,25 Aa	2,50 \pm 1,55 Aa
NS70 [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,25 \pm 0,25 Aa	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,75 \pm 0,25 Aa
Híbrido	22 DAE		27 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	1,00 \pm 1,00 Ba	5,25 \pm 1,54 Aa	1,25 \pm 0,25 Ba	6,00 \pm 1,47 Aa
P3431VYH [®]	0,00 \pm 0,00 Bc*	0,50 \pm 0,28 Ab	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ac*
MG600PW [®]	0,25 \pm 0,25 Ab	1,25 \pm 0,25 Ab	0,25 \pm 0,25 Aa	0,50 \pm 0,28 Ab
DefenderVIP [®]	0,00 \pm 0,00 Ac*	0,00 \pm 0,00 Ac*	0,00 \pm 0,00 Bb*	0,00 \pm 0,00 Bc*
DKB290PRO3 [®]	0,75 \pm 0,47 Ab	2,50 \pm 1,25 Ab	0,00 \pm 0,00 Bb*	2,25 \pm 0,62 Ab
NS70 [®]	2,00 \pm 1,08 Ab	2,50 \pm 1,55 Ab	1,00 \pm 1,00 Aa	1,25 \pm 0,25 Ab
Híbrido	32 DAE		37 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	2,50 \pm 1,04 Aa	6,00 \pm 1,58 Aa	2,75 \pm 1,75 Ba	5,50 \pm 1,50 Aab
P3431VYH [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ac*	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ac*
MG600PW [®]	0,00 \pm 0,00 Bb*	1,75 \pm 0,62 Ab	0,25 \pm 0,25 Aa	1,75 \pm 0,25 Ab
DefenderVIP [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ac*	0,00 \pm 0,00 Bb*	1,00 \pm 0,70 Ab
DKB290PRO3 [®]	1,00 \pm 0,70 Aa	4,00 \pm 0,91 Aa	1,25 \pm 0,75 Ba	4,50 \pm 0,28 Aab
NS70 [®]	2,50 \pm 1,55 Aa	3,00 \pm 1,08 Aa	2,75 \pm 1,18 Ba	8,50 \pm 1,70 Aa
Híbrido	42 DAE		47 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	2,25 \pm 0,85 Ba	8,25 \pm 2,49 Aa	2,75 \pm 1,10 Ba	2,50 \pm 0,95 Ab
P3431VYH [®]	0,00 \pm 0,00 Ab*	0,00 \pm 0,00 Ac*	0,00 \pm 0,00 Bb*	0,25 \pm 0,25 Ab
MG600PW [®]	2,25 \pm 0,62 Aa	3,75 \pm 1,93 Ab	0,75 \pm 0,47 Aa	1,50 \pm 0,64 Ab
DefenderVIP [®]	0,00 \pm 0,00 Bb*	1,25 \pm 0,75 Ab	0,00 \pm 0,00 Bb*	1,50 \pm 0,64 Ab
DKB290PRO3 [®]	0,75 \pm 0,47 Aa	2,50 \pm 0,86 Ab	0,75 \pm 0,47 Aa	1,75 \pm 0,25 Ab
NS70 [®]	3,00 \pm 1,08 Ba	9,50 \pm 1,55 Aa	4,25 \pm 1,70 Ba	7,50 \pm 1,19 Aa

*Não houve variabilidade.

Letras maiúsculas comparam linhas e letras minúsculas comparam colunas. Os dados foram comparados por contrastes do modelo binomial negativo, a 5% de probabilidade (P<0,05).

Tabela 3. Notas médias \pm erro padrão de lesões foliares de *Spodoptera frugiperda* em milho de diferentes tecnologias Bt segundo escala adaptada de Davis et al. (1992), aos 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42 e 47 dias após a emergência da cultura. Dourados/MS, 2019.

Híbrido	12 DAE		17 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	1,30 \pm 0,17 Aa	1,35 \pm 0,15 Aab	1,40 \pm 0,24 Aa	1,60 \pm 0,15 Aab
P3431VYH [®]	1,02 \pm 0,02 Ac	1,02 \pm 0,02 Ac	1,075 \pm 0,02 Aa	1,10 \pm 0,05 Aabc
MG600PW [®]	1,40 \pm 0,04 Aa	1,45 \pm 0,29 Aab	1,10 \pm 0,09 Aa	1,20 \pm 0,09 Aabc
DefenderVIP [®]	1,07 \pm 0,04 Abc	1,05 \pm 0,02 Abc	1,05 \pm 0,02 Aa	1,05 \pm 0,05 Ac
DKB290PRO3 [®]	1,00 \pm 0,00 Bc	1,25 \pm 0,09 Ab	1,35 \pm 0,16 Aa	1,90 \pm 0,19 Aa
NS70 [®]	1,17 \pm 0,06 Bab	1,57 \pm 0,13 Aa	1,47 \pm 0,25 Aa	2,05 \pm 0,38 Aa
Híbrido	22 DAE		27 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	1,55 \pm 0,38 Bb	4,47 \pm 0,71 Aa	2,07 \pm 0,29 Aa	1,37 \pm 0,68 Aa
P3431VYH [®]	1,00 \pm 0,00 Ac	1,05 \pm 0,05 Ab	1,00 \pm 0,00 Ac	1,00 \pm 0,00 Ac
MG600PW [®]	1,27 \pm 0,15 Ab	1,82 \pm 0,14 Aa	1,10 \pm 0,10 Bc	1,50 \pm 0,18 Ab
DefenderVIP [®]	1,02 \pm 0,02 Abc	1,10 \pm 0,05 Ab	1,00 \pm 0,00 Ac	1,05 \pm 0,02 Ac
DKB290PRO3 [®]	1,37 \pm 0,21 Bb	2,55 \pm 0,40 Aa	1,30 \pm 0,14 Bbd	2,75 \pm 0,32 Aa
NS70 [®]	2,20 \pm 0,54 Aa	3,17 \pm 0,72 Aa	1,47 \pm 0,24 Ab	2,00 \pm 0,14 Aab
Híbrido	32 DAE		37 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	1,87 \pm 0,30 Ba	3,87 \pm 0,75 Aa	2,20 \pm 0,38 Ba	3,42 \pm 0,66 Aa
P3431VYH [®]	1,00 \pm 0,00 Ac	1,00 \pm 0,00 Ac	1,00 \pm 0,00 Ab	1,07 \pm 0,04 Ac
MG600PW [®]	1,02 \pm 0,02 Bc	1,80 \pm 0,43 Ab	1,22 \pm 0,19 Bb	1,77 \pm 0,18 Abc
DefenderVIP [®]	1,00 \pm 0,00 Ac	1,00 \pm 0,00 Ac	1,00 \pm 0,00 Bb	1,37 \pm 0,34 Ac
DKB290PRO3 [®]	1,20 \pm 0,12 Bbc	2,95 \pm 0,15 Aa	1,45 \pm 0,27 Bb	2,62 \pm 0,35 Aab
NS70 [®]	1,95 \pm 0,55 Bb	2,60 \pm 0,38 Aa	2,22 \pm 0,23 Ba	5,07 \pm 0,89 Aa
Híbrido	42 DAE		47 DAE	
	Com controle	Sem controle	Com controle	Sem controle
P3380HR [®]	1,87 \pm 0,22 Ba	5,12 \pm 0,77 Aab	1,92 \pm 0,24 Bbc	2,90 \pm 0,74 Aab
P3431VYH [®]	1,00 \pm 0,00 Ab	1,00 \pm 0,00 Ad	1,00 \pm 0,00 Ac	1,07 \pm 0,07 Ac
MG600PW [®]	1,62 \pm 0,04 Aa	2,25 \pm 0,34 Ac	1,27 \pm 0,24 Bc	1,82 \pm 0,20 Ab
DefenderVIP [®]	1,00 \pm 0,00 Ab	1,25 \pm 0,15 Ad	1,00 \pm 0,00 Bc	1,57 \pm 0,27 Abc
DKB290PRO3 [®]	1,12 \pm 0,09 Bb	2,45 \pm 0,37 Abc	1,35 \pm 0,23 Bc	1,80 \pm 0,15 Ab
NS70 [®]	2,37 \pm 0,52 Ba	5,35 \pm 0,68 Aa	2,26 \pm 0,77 Ba	5,22 \pm 0,35 Aa

Letras maiúsculas comparam linhas e letras minúsculas comparam colunas. Os dados foram comparados pelo teste de Friedman, a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

Para as variáveis peso, peso de mil grãos e estande final não foi encontrada diferença significativa entre as condições de controle quando submetido ao teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$), como pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4. Estimativa de produtividade dos híbridos e média \pm erro padrão da porcentagem de diferença do peso de grãos, peso de mil grãos e estande final de diferentes híbridos de milho *Bt* em condições de ausência de controle e quando realizado o controle químico da *Spodoptera frugiperda*. Dourados - MS, 2019.

Híbrido	Sem controle (kg ha ⁻¹)	Com controle (kg ha ⁻¹)	Peso (Kg ha ⁻¹)	Peso mil grãos	Estande
P3380HR [®]	5347,79	5716,95	05,19 \pm 10,66 a	03,62 \pm 11,26 a	02,35 \pm 7,00 a
P3431VYH [®]	6276,91	7004,57	10,71 \pm 2,76 a	06,34 \pm 4,13 a	01,66 \pm 5,40 a
MG600PW [®]	6213,85	7435,58	16,41 \pm 5,14 a	-01,39 \pm 3,65 a	-12,17 \pm 7,28 a
DefenderVIP [®]	4995,29	6130,05	17,94 \pm 7,19 a	01,26 \pm 3,45 a	00,00 \pm 0,00 a
DKB290PRO3 [®]	5392,65	5530,69	0,62 \pm 10,67 a	03,79 \pm 10,41 a	-02,00 \pm 11,09 a
NS70 [®]	6545,66	6555,91	-0,30 \pm 9,34 a	01,17 \pm 3,92 a	-12,40 \pm 12,40 a
Valor crítico	-	-	4,01	1,79	3,16
GL	-	-	5	5	5
P-valor de χ^2	-	-	0,5479	0,8773	0,6749

Médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$) nas colunas.

Na Tabela 5, pode-se observar que para as variáveis altura de planta, diâmetro do colmo e número de espiga não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$), bem como para as variáveis número de grãos por espiga, número de fileira e comprimento da espiga (Tabela 6) quando comparada a diferença entre os tratamentos com controle e sem controle químico da *S. frugiperda*, estimados em porcentagem. Não foram comparados os híbridos por possuírem genótipos diferentes.

Esses resultados podem ser explicados pelo fato de a infestação de *S. frugiperda* na área ter ocorrido de forma natural, observando-se moderada incidência e mantendo-se estável por praticamente todo o ciclo da cultura. Isso se refletiu nos níveis médios de lesões foliares causadas pela praga, que poucas vezes foram superiores a nota 3 na ausência do controle. Conforme recomendação da ABRASEM (2014), há necessidade de controle da praga quando 20% das plantas apresentarem notas de lesões iguais ou superiores a 3, na escala de Davis et al., (1992). Por outro lado, e com base no nosso estudo, esta recomendação pode estar muito abaixo do nível de dano econômico

da praga, funcionando quase como uma medida preventiva, dada a dificuldade de controlar a praga em infestações mais elevadas e com lagartas maiores.

Tabela 5. Média \pm erro padrão da porcentagem da diferença de altura de planta, diâmetro do colmo e número de espiga de diferentes híbridos de milho *Bt* em condições de ausência de controle e quando realizado o controle químico da *Spodoptera frugiperda*. Dourados - MS, 2019.

Híbrido	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Nº Espiga
P3380HR [®]	05,10 \pm 3,94 a	-01,86 \pm 2,49 a	-08,34 \pm 3,00 a
P3431VYH [®]	07,69 \pm 2,96 a	09,29 \pm 5,17 a	-03,65 \pm 17,35 a
MG600PW [®]	00,65 \pm 4,12 a	02,60 \pm 2,32 a	02,82 \pm 4,51 a
DefenderVIP [®]	01,74 \pm 1,52 a	01,68 \pm 4,35 a	-01,64 \pm 7,75 a
DKB290PRO3 [®]	-02,99 \pm 0,67 a	-05,21 \pm 3,45 a	-06,45 \pm 11,18 a
NS70 [®]	03,67 \pm 4,66 a	01,17 \pm 4,07 a	-14,89 \pm 2,96 a
Valor crítico	6,69	6,11	5,55
GL	5	5	5
P-valor de χ^2	0,2447	0,2956	0,3517

Médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$) nas colunas.

Tabela 6. Média \pm erro padrão da porcentagem da diferença de número de grãos por espiga, número de fileira e comprimento da espiga de diferentes híbridos de milho *Bt* em condições de ausência de controle e quando realizado o controle químico da *Spodoptera frugiperda*. Dourados - MS, 2019.

Híbrido	Nº Grãos	Nº Fileira	Comprimento da espiga (cm)
P3380HR [®]	02,28 \pm 4,78 a	-01,76 \pm 1,02 a	-01,28 \pm 2,81 a
P3431VYH [®]	-07,11 \pm 7,70 a	-01,23 \pm 1,74 a	-03,20 \pm 3,77 a
MG600PW [®]	11,17 \pm 4,65 a	03,36 \pm 1,60 a	02,84 \pm 1,88 a
DefenderVIP [®]	-01,28 \pm 5,97 a	-02,41 \pm 2,61 a	00,53 \pm 2,33 a
DKB290PRO3 [®]	01,58 \pm 2,06 a	03,52 \pm 1,89 a	01,92 \pm 1,50 a
NS70 [®]	-00,72 \pm 7,18 a	01,62 \pm 1,44 a	-00,96 \pm 2,44 a
Valor crítico	4,76	8,97	3,75
GL	5	5	5
P-valor de χ^2	0,4458	0,1101	0,5859

Médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($P=0,05$) nas colunas.

CONCLUSÃO

As menores médias para números de lagartas e notas de lesões foliares causadas por *S. frugiperda* foram verificadas nos híbridos com tecnologia Viptera 3[®] e Leptra[®], apresentando eficiência no controle desse inseto-praga. Enquanto a tecnologia Herculex[®] não é efetiva no controle de *S. frugiperda*.

Dessa forma, há genótipos de milho resistentes a *S. frugiperda*, mas a praga não afetou o desempenho produtivo das plantas nas infestações ocorrentes no estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRASEM. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Boas práticas agronômicas aplicadas a plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos. Associação Brasileira de Sementes e Mudas**, 2014, p. 33. (Informativo técnico).
- BARCELOS, P. H. S.; ANGELINI, M. R. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias *Bt*s (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 35-40, 2018.
- BERNARDI, D.; BERNARDI, O.; HORIKOSHI, R. J.; SALMERON, E.; OKUMA, D. M.; FARIAS, J. R.; NASCIMENTO, A. R. B.; OMOTO, C. Selection and characterization of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to MON 89034 × TC1507 × NK603 maize technology. **Crop Protection**. 94, p. 64-68, 2017.
- BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO C. Cross-resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided *Bt* maize hybrids in Brazil. **PLoS One** 10, e0140130, 2015b.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. C. L.; BURD, T.; OMOTO, C. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**. 72, 1794–1802, 2016.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; AMADO, D.; SOUSA, R. S.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. C. Resistance risk assessment of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to Vip3Aa20 insecticidal protein expressed in corn. **J Econ Entomol** 108: 2711– 2719, 2015a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. p. 398.
- CÉLERES. **3rd follow-up on agricultural biotechnology adoption for the 2016/17 crop**. 2017. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/>. Acesso em: 20 maio 2019.
- COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. **Resumo Geral de Plantas Geneticamente modificadas e aprovadas para comercialização**. Disponível em: <http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial//document_library_display/SqhWdohU4BvU/view/1684467#/liberacao-comercial>. Acesso em 01 nov. 2018.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira Grãos**. Brasília-DF. v.5 safra 2017/2018. n. 9 – nono levantamento, jun. 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09 maio 2019.

CROSARIOL NETTO, J. **Efeito de proteínas Cry e VIP nos parâmetros biológicos de populações de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e injúrias nas plantas de milho por lepidópteros.** 2017. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2017.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.; SILVA, R. B.; SILVA, I. F.; PAULA, C. S.; FOSTER, J. E. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)) larvae in maize. **Pest Management Science.** 58, p. 83-90, 2012.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorlstage corn for resistance to fall armyworm. **Miss. Agric. For. Exp. Stn. Res. Bull.** p. 9 (Technical Bulletin, 186), 1992.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Milho - Importância socioeconômica.** <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTA01_8_168200511157.html> Acesso em: 18 maio 2019.

FARIAS, J. R.; ANDROW, D. A., HORIKOSHI, R. J., SORGATTO, R. J., FRESIA, P., SANTOS, A. C., OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection.** 64, p. 150-158, 2014.

MORAES, A. R. A.; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p. 50-57, 2015.

NIU, Y.; YANG, F.; DANGAL, V.; HUANG, F. Larval survival and plant injury of Cry1F - susceptible, - resistant, and - heterozygous fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on non-*Bt* and *Bt* corn containing single or pyramided genes. **Crop Protection.** 59, p. 22-28, 2014.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R.J.; DOURADO, P.M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R.A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G.P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science.** 72, p. 1727-1736, 2016.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. URL: <https://www.R-project.org/>.

STORER, N. P.; KUBISZAK, M. E.; KING, J. E.; THOMPSON, G. D.; SANTOS, A. C. Status of resistance to *Bt* maize in *Spodoptera frugiperda*: lessons from Puerto Rico. **Journal of Invertebrate Pathology.** 110, p. 294-300, 2012.

TABASHNIK, B. E.; BRÉVAULT, T.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to *Bt* crops: lessons from the first billion acres. **Nature Biotechnol.** 31, p. 510–521, 2013.

YU, S. J.; NGUYEN, S. N.; ABO-ELGHAR, G. E. Biochemical characterization of insecticide resistance in the fall armyworm. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. 77, n.1, p. 1-11, 2003.

ZHU, C.; NIU, Y.; ZHOU, Y.; GUO, J.; HEAD, G. P.; PRICE, P. A.; WEN, X.; HUANG, F. Survival and effective dominance level of a Cry1A.105/Cry2Ab2-dual gene resistant population of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on common pyramided *Bt* corn traits. **Crop Protection**. 115, p. 84-91, 2019.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

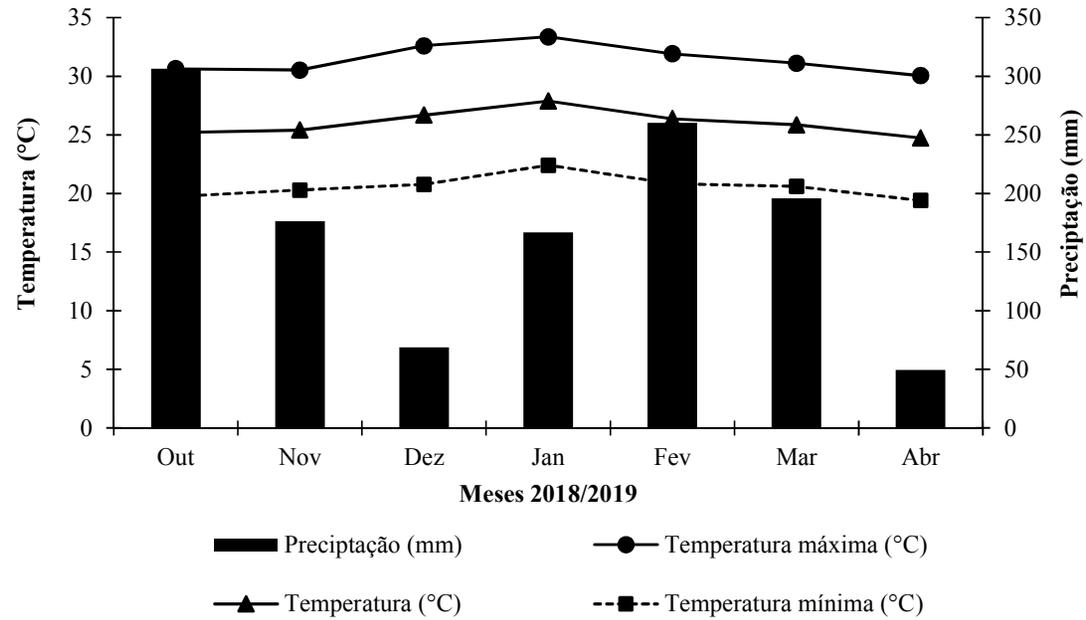
Há desempenhos diferentes entre os híbridos em relação ao número de lagartas de *S. frugiperda* e notas médias de lesões foliares em plantas de milho.

Houve uma menor incidência e menores lesões causadas por lagarta-do-cartucho nos híbridos contendo as tecnologias Leptra[®] e Viptera 3[®], mostrando eficiência no controle desta praga. A tecnologia Herculex[®] não é efetiva no controle de *S. frugiperda*.

Para os parâmetros produtivos não houve diferença significativa entre os híbridos estudados, mesmo com e sem controle químico da praga.

3. ANEXOS

ANEXO 1. Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica e temperatura) nos anos de 2018/2019 obtidos da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.



ANEXO 2. Resultados das análises iniciais do solo coletado para o experimento. Dourados - MS, 2019.

Profundida de (cm)	pH CaCl₂	pH H₂O	P (mg/dm³)	K (cmol_c/dm³)	Al (cmol_c/dm³)	Ca (cmol_c/dm³)	Mg (cmol_c/dm³)	H+Al (cmol_c/dm³)	SB (cmol_c/dm³)	T (cmol_c/dm³)	V %
0-20	5,41	6,07	27,6	0,61	0,12	4,2	2,68	2,64	7,49	10,13	74
20-40	4,87	5,60	0,0	0,12	0,84	1,6	2,30	3,03	4,01	7,04	57

ANEXO 3. Representação da área experimental. Dourados - MS, 2019.

