

<https://doi.org/10.5016/1984-5529.2025.v52.1396>

## Produtividade e resistência de híbridos de milho transgênicos *Bt* a *Spodoptera frugiperda* associados com controle químico

### Yield and resistance of *Bt* maize hybrids to *Spodoptera frugiperda* associated with chemical control

Juliano Alves da CRUZ<sup>1</sup>; Fábio Ricardo Coutinho Fontes CÉSAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF), [julianoalvescba@gmail.com](mailto:julianoalvescba@gmail.com)

<sup>2</sup> Autor para correspondência, Professor Dr., Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF), Luís Eduardo Magalhães, Bahia, 47.850-000, Brasil. e-mail: [fabiorc.agro@gmail.com](mailto:fabiorc.agro@gmail.com)

Recebido em: 23-12-2021; Aceito em: 07-04-2025

#### Resumo

A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) é uma das mais importantes pragas da cultura do milho. Vários métodos são utilizados para o seu controle, como: controle químico, biológico e plantas resistentes. No intuito de oferecer alternativas eficientes com uso mínimo de inseticidas, plantas geneticamente modificadas, resistentes a insetos, têm sido propostas. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito da infestação natural de lagartas *S. frugiperda* sobre a produtividade, danos na área foliar e nas espigas de híbridos de milho transgênicos com diferentes tecnologias *Bt*, em condições de campo. Os híbridos foram semeados em fevereiro de 2020 em Luís Eduardo Magalhães, BA, em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 × 2, sendo o fator 1 correspondente a quatro híbridos: AS1850 VT PRO3<sup>®</sup> (Pro3) que expressa as proteínas Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1; P3707VYH Leptra<sup>®</sup> (Leptra) que expressa as proteínas Cry1F, Cry1A.105 e Vip3Aa20; P3565 PowerCore™ ULTRA (PWU) que expressa as proteínas Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20 e 3700 RR2 (convencional) não *Bt*. O fator 2 correspondeu a aplicação de inseticidas (com e sem a utilização). Os híbridos Leptra e PWU não apresentaram lesões foliares ao longo do ciclo da cultura e nem infestação de lagartas ou lesões nas espigas. Além disso, proporcionaram maiores produtividades independente da utilização ou não de inseticidas. Assim, pode-se concluir que os híbridos contendo essas tecnologias foram mais eficientes na proteção contra a *S. frugiperda* do que os demais avaliados.

**Palavras-chave adicionais:** lagarta do cartucho; infestação de pragas; inseticidas; *Zea mays*.

**Abstract**

The *Spodoptera frugiperda* is one of the most important maize pests. For its control are used tactics such as: chemical and biological control, and resistant plants. To offer efficient alternatives for control with the minimum insecticides use, the genetically modified plants have been proposed. The objective was to evaluate the effect of natural infestation of *S. frugiperda* on productivity, leaf area damage and cob damage of transgenic maize hybrids with different *Bt* technologies, under field conditions. The hybrids were sown in 2019/2020 at Luís Eduardo Magalhães, BA, in randomized block design, in 4 × 2 factorial scheme, factor 1 corresponded four hybrids: AS1850 VT PRO3® (Pro3) which expresses the proteins Cry1A.105, Cry2Ab2 and Cry3Bb1; P3707VYH Leptra® (Leptra) which expresses the proteins Cry1F, Cry1A.105 and Vip3Aa20; P3565 PowerCore™ ULTRA (PWU) which expresses the proteins Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 and Vip3Aa20, and 3700 RR2 (conventional) no *Bt*. The fator 2 corresponded to insecticides application (with or without use). Leptra and PWU hybrids did not show leaf lesions throughout crop cycle neither caterpillar infestation nor ear lesions. In addition, provided greater productivity regardless insecticides use. Thus, can be concluded that hybrids containing these technologies were more efficient in maize protecting against *S. frugiperda* than others evaluated.

**Additional keywords:** fall armyworm; leaf damage; pest infestation; insecticides; *Zea mays*.

**Introdução**

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo e possui grande importância econômica e social para o Brasil em virtude das diversas formas de sua utilização, com destaque para alimentação animal (Contini et al., 2019). É o segundo produto agrícola mais produzido no Brasil, com expectativa de produção de aproximadamente 125 milhões de toneladas na safra 2024/2025, em uma área cultivada de 21,3 milhões de hectares (CONAB, 2025).

Entre os principais fatores que afetam a produtividade da cultura do milho no Brasil, destaca-se o intenso ataque de pragas. A lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1727) é considerada a principal praga da cultura (Farias et al., 2014). O inseto tem ocorrência generalizada em todas as regiões produtoras de milho no Brasil e ataca a cultura desde a emergência até a formação da espiga (Cruz 2008). A lagarta *S. frugiperda* logo após sua eclosão inicia a alimentação raspando os tecidos das folhas. Lagartas maiores também se dirigem para o interior do cartucho onde fazem orifícios, podendo destruir completamente plantas em estádios iniciais de desenvolvimento ou causar severos danos em plantas maiores (Campanha et

al., 2012), e podem também se alimentar das espigas (Ota et al., 2011). As perdas de produtividade da cultura em função do ataque da praga variam de 21 a 73 % (Horikoshi et al., 2021). O ataque do inseto também pode ocasionar danos indiretos às plantas, pois, as lesões causadas são portas de entrada para fungos e bactérias causadores de doenças, podendo diminuir o potencial de produção e a qualidade dos grãos (Wangen et al., 2015).

O controle da *S. frugiperda*, com utilização de híbridos convencionais, é realizado principalmente com uso de inseticidas, que são aplicados logo que o inseto é detectado na cultura (Guerreiro et al., 2013). Porém, o uso de inseticidas para reduzir os prejuízos provocados pela *S. frugiperda* frequentemente não obtém resultado satisfatório (Mendes et al., 2011). Assim, necessita-se aumentar o número de aplicações, elevando os custos de produção, e, podendo ainda, comprometer a produtividade. Isso ocorre, principalmente, pela dificuldade de atingir as lagartas no interior do cartucho, local preferencial do inseto (Busato et al., 2002). Além disso, nos últimos anos tem-se verificado aumento da resistência da praga a diferentes inseticidas (Okuma et al., 2018).

Em função das limitações do controle químico, atualmente, a principal estratégia para o controle da *S. frugiperda* tem sido a utilização de híbridos de milho com genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). O milho *Bt* é caracterizado pela introdução de um ou mais genes da bactéria nos genótipos, que induz a produção de uma ou mais proteínas inseticidas para algumas espécies de lepidópteros-pragas. O milho *Bt* pode diminuir o ataque de insetos em até 90 %, além de reduzir a probabilidade da ocorrência de doenças causadas pela proliferação de fungos e bactérias através das lesões provocadas pelos insetos (Moraes et al., 2015).

Nos últimos anos, mesmo em lavouras cultivadas com milho *Bt* tem sido verificado a necessidade de adoção de medidas adicionais para o controle da *S. frugiperda*. Dessa forma, novos híbridos de milho *Bt*, que produzem proteínas inseticidas com diferentes modos de ação nos insetos têm sido comercializados no mercado. Informações acerca do desempenho desses híbridos no campo e sobre o comportamento frente ao manejo integrado são necessários.

Com base no exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da infestação natural de *S. frugiperda* sobre a produtividade, lesões causadas na área foliar e nas espigas de híbridos de milho transgênicos com diferentes tecnologias *Bt*, com e sem aplicação de inseticidas.

## Material e métodos

O estudo foi implantado no mês de fevereiro e conduzido até julho de 2021 no Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira (UNIFAAHF) em Luís Eduardo Magalhães, BA, com latitude de 12°05'31" S e longitude de 45°48'18" W e 720 metros de altitude. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. O clima da região possui duas estações bem definidas, seca e fria de maio a setembro e chuvosa e quente de outubro a abril. As temperaturas médias (mínimas e máximas), variam entre 20 e 26 °C. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.400 e 1.600 mm (Batistella et al., 2002).

Antes da instalação do experimento foi realizada análise de solo da área e com base nos resultados foi realizada a calagem com objetivo de elevar a saturação por bases a 70 %. Além disso, foi realizada fosfatagem com aplicação de 600 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Também foram realizadas adubações de manutenção com NPK sendo aplicado 340 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples no sulco de plantio, 340 kg ha<sup>-1</sup> de KCl a lanço em pré-semeadura e 600 kg ha<sup>-1</sup> de Sulfammo® aplicado a lanço em superfície, sendo a dose parcelada em duas vezes e aplicadas nos estádios V3 e V5 (Ritchie & Hanway, 1989).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial 4 x 2, com 4 repetições por tratamento. O primeiro fator correspondeu a diferentes tecnologias *Bt*: AS1850 VT PRO3® (Pro3) que expressa as proteínas Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1; P3707VYH Leptra® (Leptra) que expressa as proteínas Cry1F, Cry1A.105 e Vip3Aa20; P3565 PowerCore™ ULTRA (PWU) que expressa as proteínas Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20 e 3700 RR2 (convencional) não *Bt*. O segundo fator correspondeu à utilização de inseticidas (com e sem aplicações). Os híbridos utilizados no estudo foram selecionados por estarem entre os mais utilizados por produtores da região do estudo. As parcelas foram constituídas por seis linhas de plantio com 5 m de comprimento com espaçamento entrelinhas de 0,50 m. A semeadura foi realizada com equivalente a 4 sementes por metro (80 mil sementes/ha), objetivando população final de 70 mil plantas por hectare. Aos cinco dias após a emergência foi realizado o desbaste de forma manual para assegurar a população de plantas desejada.

As lesões ocasionadas por *S. frugiperda* foram avaliadas semanalmente, a partir do surgimento das primeiras lesões, que ocorreu aos 7 dias após a emergência das plantas (DAE), estendendo-se até o pré-endoamento, aos 42 dias DAE, totalizando 6 avaliações. As avaliações foram feitas a partir de estimativas visuais da última folha totalmente expandida, ao acaso, em 25 plantas por parcela, utilizando a escala visual de notas de Davis et al. (1992). As lesões foram avaliadas atribuindo as notas variando de 0, ou seja, nenhuma lesão na folha, até o nível máximo, nota 9, com grandes lesões e porções dilaceradas na maioria das folhas.

Após as avaliações das lesões, nos tratamentos com aplicação de inseticidas, foi realizado o controle químico da *S. frugiperda* com pulverizações de acordo com as recomendações das empresas detentoras de cada tecnologia *Bt*. Ou seja, sendo realizada quando alcançado nível 3 na escala Davis em 10 % das plantas avaliadas para o milho Pro3, 4 % para Leptra e PWU e 25 % para o híbrido convencional. As duas primeiras aplicações foram realizadas com metomil ( $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ ) e as demais com espinetoram ( $0,1 \text{ L ha}^{-1}$ ). As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador portátil com cilindro de  $\text{CO}_2$  com barra de 6 pontas com bico leque da marca teejet, modelo 11002, mantendo pressão uniforme e volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

Aos 42 DAE foi avaliado o número de lagartas dentro dos cartuchos das plantas. Para isso, avaliações destrutivas foram realizadas em 10 plantas por parcela, sendo aberto o cartucho e realizado a contagem das lagartas, separando-as por tamanho (menores e maiores que 1,5 cm). A contagem das lagartas também foi realizada nas espigas aos 78 DAE. Para isso, 10 espigas de cada parcela foram amostradas, abertas e realizado a contagem das lagartas, porém, sem separação por tamanho. Também foram avaliadas as lesões ocasionadas pelas lagartas nas espigas, para isso, o número de grãos atacados por espiga e a área consumida da espiga em  $\text{cm}^2$  (comprimento x largura) foram contabilizados. A área consumida pelas lagartas foi cuidadosamente limpa de resíduos de alimentação e fezes do inseto e posteriormente medida com régua milimétrica, sendo a área apresentada em  $\text{cm}^2$  de grãos + sabugos danificados pela alimentação.

Aos 120 DAE foi realizada a colheita das espigas de dois metros lineares de duas linhas centrais de cada parcela. Em seguida foram contabilizados a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), sendo os valores obtidos corrigidos para 13 % de umidade; e o peso de 1.000 grãos (g) (PMG) também avaliado, obtido por meio da contagem direta dos grãos e posterior pesagem em balança de precisão.

Os dados das variáveis foram verificados quanto à homogeneidade utilizando o teste de Bartlett e normalidade utilizando-se o teste de Shapiro Wilk. As variáveis: notas de lesões, número de lagartas, número de grãos danificados e área danificada foram transformadas para  $\sqrt{x + 1}$ . Para as variáveis produtividade e PMG não houve necessidade de transformação dos dados para atender os pressupostos da ANOVA. As médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste Tukey a 5 % de significância.

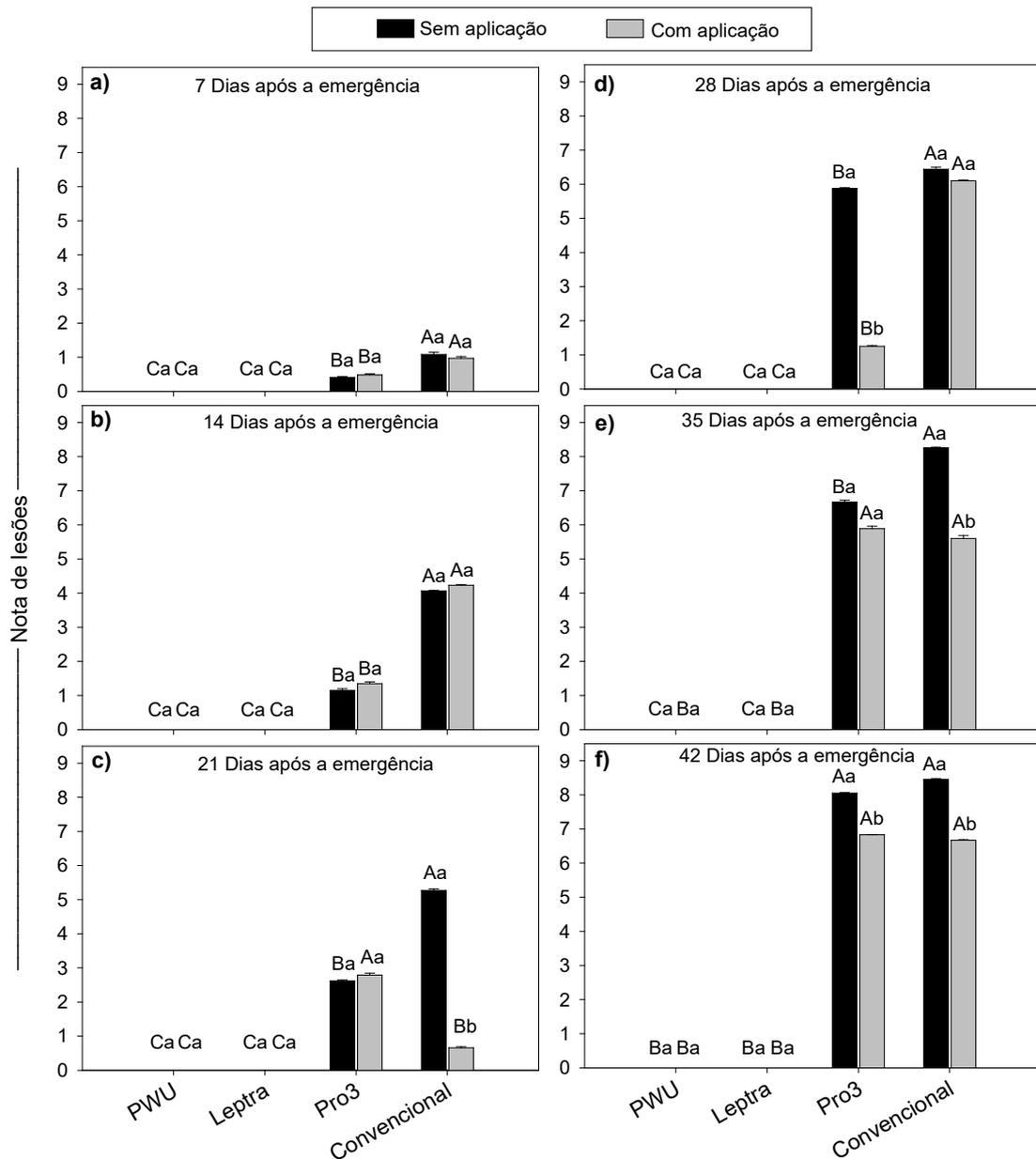
## Resultados e discussão

Com base nas recomendações das empresas detentoras dos híbridos de milho avaliados, nos tratamentos com aplicação de inseticidas, foi necessária aplicação somente para os híbridos convencional e

Pro3. Os níveis populacionais da praga para aplicação dos inseticidas foram alcançados aos 14, 28, 35 e 42 DAE para o convencional e aos 21, 35 e 42 DAE para o Pro3.

Para a variável nota de lesões foi verificada diferença entre as tecnologias em todas as épocas de avaliação (Figura 1). As tecnologias PWU e Leptra não apresentaram lesões (nota zero) em todas as épocas de avaliações, sendo assim, não houve pulverização de inseticida no tratamento com aplicação (Figura 1). Michelotto et al. (2011) avaliaram os danos ocasionados pela *S. frugiperda* em híbridos de milho comerciais, convencional e transgênicos com diferentes tecnologias para o controle de lepidópteros-pragas, e observaram que os híbridos transgênicos foram menos atacados pela lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*).

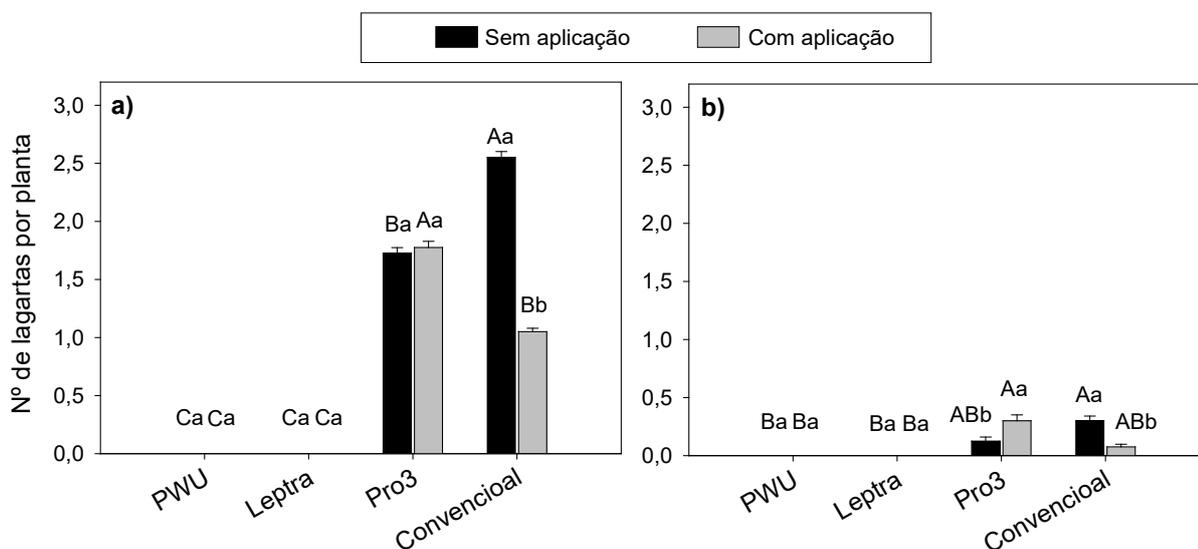
Nos híbridos com a tecnologia Pro3 e convencional, nos tratamentos sem aplicação de inseticida, foi verificado mais lesões (maiores notas) com o decorrer do ciclo da cultura. Além disso, o tratamento convencional obteve maiores notas de lesões em todas as épocas de avaliação, com exceção da avaliação aos 42 DAE que não houve diferença em relação ao Pro3 (Figura 1). Já nos tratamentos com aplicação, as notas oscilaram de acordo com as aplicações de inseticidas, devido ao controle parcial das lagartas. Ou seja, após aplicação de inseticida o número de lagartas reduzia e o ataque posteriormente era menor, depois de um intervalo de 8 a 14 dias o número de lagartas aumentava novamente, voltando a causar mais lesões. Com base nos resultados obtido para os híbridos Pro3 e convencional, observa-se que os inseticidas tiveram melhor performance no início do ciclo da cultura. Isso ocorre pelo fato de que nas fases iniciais de desenvolvimento da planta o alvo (lagarta-do-cartucho) é mais fácil de ser atingido se comparado com as fases em que as lagartas já estão dentro do cartucho.



**Figura 1.** Notas visuais de lesões provocados por *Spodoptera frugiperda* em híbridos convencionais e transgênicos (*Bt*) em função da aplicação ou não de inseticida. Avaliações realizadas aos 7 (a), 14 (b), 21 (c), 28 (d), 35 (e) e 42 (f) dias após a emergência das plantas. Colunas seguidas de mesma letra não diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam as tecnologias *Bt* de acordo com a utilização ou não de inseticida, e letras minúsculas comparam a presença e ausência de utilização de inseticida para uma mesma tecnologia *Bt*.

Na avaliação do número de lagartas por planta aos 42 DAE observou-se maiores valores nos híbridos contendo a tecnologia Pro3 e convencional (Figura 2 a e b). Por outro lado, os híbridos Leptra e PWU não apresentaram nenhuma lagarta-do-cartucho, independente da aplicação ou não de inseticida, isso é resultado

do evento de piramidação de proteínas *Bt* nessas tecnologias. A tecnologia Pro3 é considerada de terceira geração, pois, são plantas que produzem as proteínas *Bt* Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1. As tecnologias Leptra e PWU são consideradas tecnologias mais eficientes, pois as plantas produzem simultaneamente as proteínas Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20 (PWU) e Cry1F, Cry1Ab e Vip3Aa20 (Leptra) que atuam com modos de ação independentes no inseto alvo. O emprego de piramidação favorece o retardamento da evolução da resistência às proteínas *Bt*, além de promover controle de pragas mais eficiente do que quando empregado eventos individuais (Niu et al., 2014).



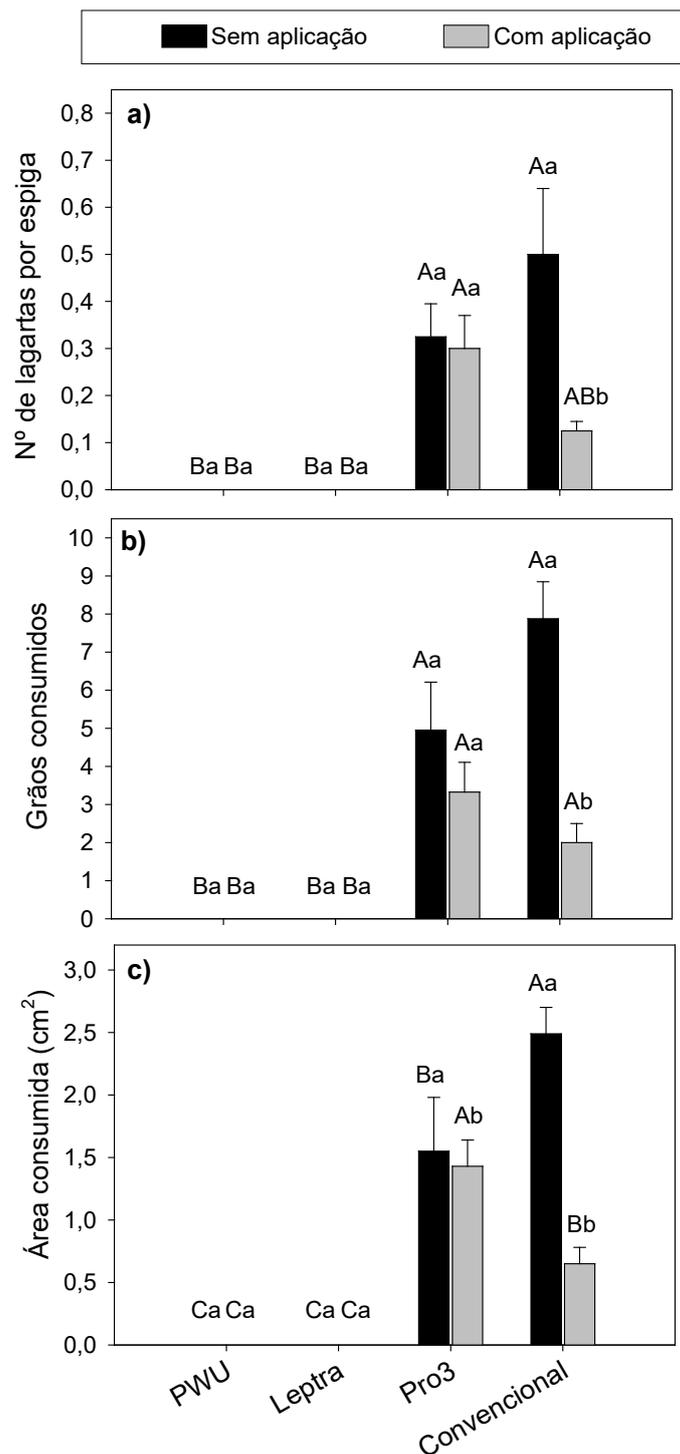
**Figura 2.** População média de *Spodoptera frugiperda* em híbridos convencionais e transgênicos (*Bt*), aos 42 dias após a emergência das plantas, em função da aplicação ou não de inseticida, lagartas grandes (a), lagartas pequenas (b). Colunas seguidas de mesma letra não diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam as tecnologias *Bt* em cada forma de utilização de inseticida, e letras minúsculas comparam a presença e ausência de utilização de inseticida para uma mesma tecnologia *Bt*.

Em relação ao fator aplicação de inseticida, para número médio de lagartas grandes ( $\geq 1,5$  cm) na tecnologia Pro3, não houve diferença entre os tratamentos com e sem aplicação. O tratamento convencional com aplicação apresentou número menor do que o tratamento sem aplicação (Figura 2 a). O mesmo comportamento foi verificado para as lagartas pequenas ( $< 1,5$  cm) na tecnologia convencional (Figura 2 b). Por outro lado, a tecnologia Pro3 apresentou maior número de lagartas pequenas com aplicação do que sem aplicação.

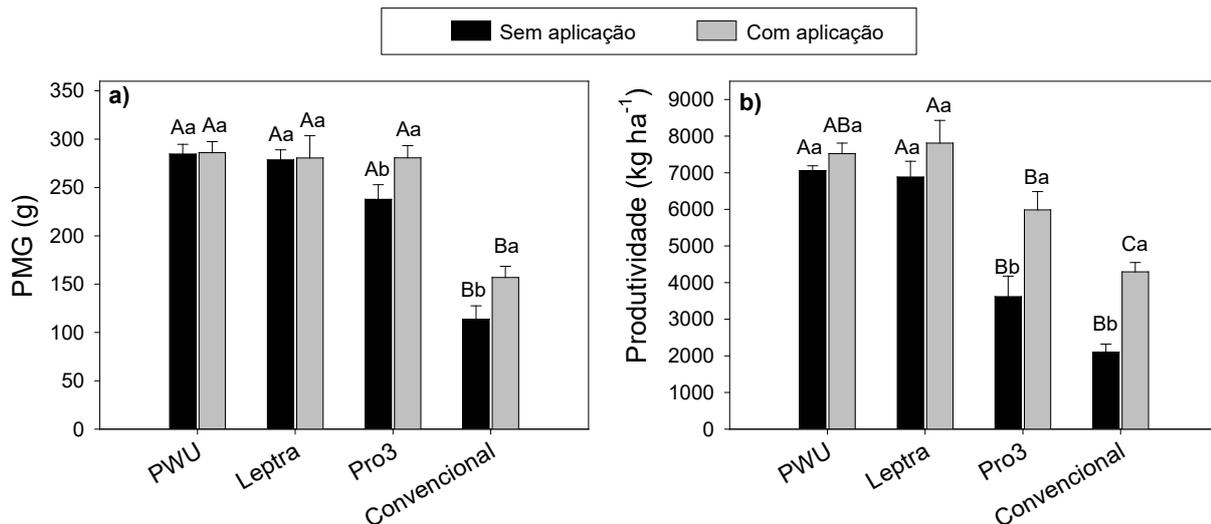
Em relação ao número de lagartas aos 72 DAE também não foi verificado presença de *S. frugiperda* nas tecnologias PWU e Leptra (Figura 3 a). Nas tecnologias Pro3 e convencional houve presença e apenas para o híbrido convencional ocorreu redução do número de *S. frugiperda* com aplicação de inseticida.

Com base nos resultados de lesões causadas por *S. frugiperda* nas espigas, comprovou-se que não houve presença de lagartas nas espigas dos híbridos com as tecnologias PWU e Leptra, pois, não foi observada nenhuma lesão/injúria. Por outro lado, nas tecnologias Pro3 e convencional ocorreu incidência de lagartas, o tratamento convencional sem aplicação apresentou maior número de grãos danificados, número de lagarta/espiga e área danificada, seguido pelo tratamento com a tecnologia Pro3 (Figura 3 a, b e c). Bernini et al. (2019) avaliaram 13 híbridos com diferentes tecnologias *Bt* e seis materiais convencionais. Dentro os híbridos transgênicos, os com tecnologia Pro3 foram os que apresentaram maiores danos por *S. frugiperda*.

Analisando-se a produtividade e o PMG verificou-se que houve diferença entre as tecnologias e a aplicação de inseticidas. As tecnologias *Bt* não diferiram em relação ao PMG, porém, foram superiores ao tratamento convencional independente da aplicação ou não de inseticidas. Os tratamentos Pro3 e convencional apresentaram maior PMG com aplicação de inseticidas do que sem aplicação (Figura 4 a). Independente da aplicação ou não de inseticida os tratamentos PWU e Leptra apresentaram maiores produtividades (Figura 4 b). Com aplicação de inseticidas as tecnologias Pro3 e convencional apresentaram maiores produtividades do que o tratamento sem aplicação. Porém, com resultados bem inferiores as tecnologias PWU e Leptra. A média de produtividade nos tratamentos Leptra e PWU com aplicação foram, respectivamente, 7.810 e 7.520 kg ha<sup>-1</sup>. Já nos tratamentos Pro3 e convencional com aplicação foram de 5.986 e 4.292 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 3.** População média de *Spodoptera frugiperda* (a), número de grãos danificados (b) e área consumida (c) em híbridos convencionais e transgênicos com e sem aplicação de inseticidas, aos 72 dias após a emergência das plantas. Colunas seguidas de mesma letra não diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam as tecnologias *Bt* em cada forma de utilização de inseticida, e letras minúsculas comparam a presença e ausência de utilização de inseticida para uma mesma tecnologia *Bt*.



**Figura 4.** Peso de 1.000 grãos (PMG) (a) e produtividade (b) de híbridos convencionais e transgênicos em função da aplicação ou não de inseticida. Colunas seguidas de mesma letra não diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam as tecnologias *Bt* em cada forma de utilização de inseticida, e letras minúsculas comparam a presença e ausência de utilização de inseticida para uma mesma tecnologia *Bt*.

Em função da alta infestação e lesões causadas pela *S. frugiperda* nos tratamentos Pro3 e convencional, mesmo com a aplicação de inseticidas, verifica-se menor potencial de produção por essas tecnologias, o que está relacionado com a maior susceptibilidade ao ataque de *S. frugiperda*. É importante ressaltar que as tecnologias *Bt* são protetoras da produtividade, ou seja, seu uso não aumenta ou diminui a produtividade, mas tem por finalidade proteger as plantas das pragas para que elas possam expressar ao máximo seu potencial produtivo (Michelotto et al., 2013).

Um dos grandes limitantes para a manutenção da eficiência das tecnologias *Bt* compreende a baixa adoção das práticas de refúgio recomendadas (Carrière et al., 2020). Além disso, no Brasil o milho *Bt* é largamente adotado e cultivado durante praticamente todo o ano, favorecendo a pressão de seleção sobre o inseto-alvo (*S. frugiperda*). O desenvolvimento de resistência da *S. frugiperda* já foi verificado no Brasil para as proteínas Cry1F e Cry1Ab (Farias et al., 2014, Omoto et al., 2016). Bernardi et al. (2015) também verificaram resistência cruzada para Cry1Ab e Cry1A.105. Segundo os autores, esse fato, aliado a ocorrência de resistência à Cry1F em todo o Brasil, indica que os híbridos de milho *Bt* a base de Cry1 enfrentam um desafio ao manejo da *S. frugiperda*.

Segundo Horikoshi et al. (2021) o modo de ação Vip3Aa20 é atualmente o mais eficaz contra *S. frugiperda* em campo no Brasil e na Argentina. No presente estudo, os híbridos Leptra e PWU, que produzem,

entre outras, a proteína Vip3Aa20, não apresentaram lesões nas folhas em nenhuma época de avaliação, também não foram verificadas lesões e nem a presença de *S. frugiperda* nas espigas. Além disso, foram os híbridos que proporcionaram as maiores produtividades. Por outro lado, o híbrido Pro3, que produz somente as proteínas *Bt* Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1 foi ineficiente no controle da *S. frugiperda* mesmo em associação com aplicação de inseticidas.

## Conclusões

As tecnologias PWU e Leptra foram eficientes no controle da *S. frugiperda* e proporcionaram maiores produtividades sem necessidade de aplicação de inseticida ao longo do ciclo da cultura.

Os tratamentos Pro3 e convencional, mesmo com aplicação de inseticidas, não foram capazes de controlar as lagartas *S. frugiperda*, o que resultou em baixas produtividades se comparadas as outras tecnologias.

## Referências

Batistella M, Guimarães M, Miranda Ee, Vieir Ahr, Valladaresgs, Mangabeir Ajac, Assis Mc (2002) Monitoramento da expansão agropecuária naregião Oeste da Bahia. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 39 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 20).

Bernardi D, Salmeron E, Horikoshi RJ, Bernardi O, Dourado PM, Carvalho RA, Martinelli S, Head GP, Omoto C (2015) 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(10):1-15. <https://doi:10.1371/journal.pone.0140130>

Bernini CS, Oliveira TA, Figueiredo ZN (2019) Influência de danos foliares de lagarta-do-cartucho em híbridos de milho transgênicos e convencionais. Ciências Agrárias e Meio Ambiente 34(4):12-23. <https://doi:10.46311/2178-2571.34.4.012-023>

Busato GR, Grutzmacher AD, Garcia MS (2002) Consumption, and utilization of food by *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) native to different áreas in Rio Grande do Sul, from corn and irrigated rice. Neotropical Entomology 31: 525-529. <https://doi:10.1590/S1519-566X2002000400003>

Campanha MM, Cruz JC, Resende AV, Coelho AM, Karam D, Silva GHD, Pereira Filho IA, Cruz I, Marriel IE, Garcia JC, Queiroz LR, Pimentel MAG, Gontijo Neto MM, Viana PA, Albuquerque PEP, Costa RVD, Mendes M, Queiroz VA (2012) Sistema de produção integrada de milho para Região Central de Minas Gerais, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 74 p. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/954467> >.

Carrière Y, Brown ZS, Downes SJ, Gujar G, Epstein G, Omoto C, Storer NP, Mota-Sanchez D, Jorgensen PS, Carroll SP (2020) Governing evolution: a socioecological comparison of resistance management for insecticidal transgenic Bt crops among four countries. *Ambio* 49:1-16. doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01167-0>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2021) Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.12 - Safra 2024/25 – 7º levantamento, Brasília. 128 p.

Contini E, Mota MM, Marra R, Borghi E, Miranda RA, Silva AF, Silva DD, Machado J RA, Cota LV, Costa RV, Mendes SM (2019) Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos, Embrapa. 45 p.

Cruz I (2008) Manejo de pragas da cultura do milho. In: Cruz JC, Karam D, Monteiro MAR, Magalhães PC (Eds.) A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 303-362.

Davis FM, NG SS, Williams WP (1992) Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station, Mississippi State University, USA. Techn. Bull. 9 p.

Farias JR, Andow DA, Horikoshi RJ, Sorgato RJ, Fresia P, Santos AC, Omoto C (2014) Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection* 64:150-158. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.019>

Fernandes OD, Parra JRP, Picoli R, Neto AF, Borgatto AF, Demetrio CGB (2003) Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 2(2):25-35. <https://doi:10.18512/1980-6477/rbms.v2n2p25-35>

Guerreiro JC, Camolese PH, Busoli AC (2013) Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. *Scientia Agraria Paranaensis* 12(4): 275-285.

<https://doi:10.18188/1983-1471/sap.v12n4p275-285>

Horikoshi RJ, Vertuan H, Castro AA, Morrell K, Griffith C, Evans A, Tan J, Asimwe P, Anderson H, José MOMA, Dourado PM, Berger G, Martinelli S, Head G (2021) A new generation of Bt maize for control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). *Pest Management Science* 77(8):3727-3736.

<https://doi.org/10.1002/ps.6334>

JACOMINE PKT, CAVALCANTI AC, RIBEIRO MR, MONTENEGRO JO, BURGOS N, MÉLO FILHO HFR, FORMIGA RA (1976) Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife, 1976. 404 p. (Embrapa – SNLCS. Boletim Técnico, 38).

Mendes SM, Boregas KGB, Lopes ME, Waquil MS, Waquil JM (2011) Respostas da lagarta do cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). *Pesquisa agropecuária brasileira* 46(3):239-244.

<https://doi:10.1590/S0100-204X2011000300003>

Michelotto MD, Netto CJ, Freitas RS, Duarte AP, Busoli AC (2013) Milho transgênico (Bt): efeito sobre pragas-alvo e não-alvo. *Nucleus* 3:67-82. <https://doi:10.3738/nucleus.v0i0.903> .

Michelotto MD, Pereira AD, Finoto EL, Freitas RS (2011) Controle de pragas em híbridos de milho geneticamente modificados. *Pesquisa & Tecnologia* 8:36-38.

Moraes ARA, Lourenção AL, Paterniani MEAG (2015) Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Fitossanidade. Bragantia* 74(1):50-57.

<https://doi:10.1590/1678-4499.0367>

Niu Y, Yang F, Dangal V, Huang F (2014) 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* 59:22-28. <https://doi:0.1016/j.cropro.2014.01.014>

Omoto C, Bernardi O, Salmeron E, Sorgatto RJ, Dourado PM, Crivellari A, Carvalho RA, Willse A, Martinelli S, Head GP (2016) Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. *Pest Management Science* 72:1727-1736. <https://doi:10.1002/ps.4201>

Ota EC, Lourenção AL, Duarte AP, Ramos JEU, Ito MA (2011) Desempenho de cultivares de milho em relação à lagarta-do-cartucho. *Bragantia* 70(4): 850-859. <https://doi:10.1590/S0006-87052011000400018>

Ritchie S, Hanway JJ (1989) How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service (Special Report n. 48). 21 p.

Wangen DRB, Pereira JHSP, Santana WS (2015) Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) na cultura do milho com inseticidas de diferentes grupos químicos. *Enciclopédia biosfera* 11(22): 801-808, 2015.