

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Gustavo Henrique Mota Fernandes

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO À *SPODOPTERA FRUGIPERDA*
(J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E AO *MAIZE RAYADO FINO*
*VIRUS***

Unaí - MG

2022

Gustavo Henrique Mota Fernandes

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO À *SPODOPTERA FRUGIPERDA*
(J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E AO *MAIZE RAYADO FINO*
*VIRUS***

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Nicoli

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva

Unai - MG

2022

Gustavo Henrique Mota Fernandes

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO À *SPODOPTERA FRUGIPERDA*
(J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E AO MAIZE RAYADO FINO
*VIRUS***

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Nicoli


Data de aprovação: 24/02/2022



Prof. Dr. Alessandro Nicoli
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM



Prof. Dr. Paulo Roberto Ramos Barbosa
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM



Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira
Mestrando - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - UFVJM

Unai - MG

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e dar discernimento para prosseguir nos estudos, sei que nos momentos mais difíceis Ele esteve ao meu lado.

Agradeço imensamente aos meus pais, Geraldo e Rosilene, pela educação que me deram, me ensinando a trilhar um caminho justo e correto, respeitando ao próximo e principalmente pelo apoio nos meus objetivos.

Aos amigos e amigas que fiz ao longo da graduação, por todo apoio e amizade, certamente levarei para sempre em meu coração todo agradecimento e admiração por vocês.

A todos os docentes do curso de Agronomia, principalmente ao meu orientador Alessandro Nicoli, o qual admiro muito, e ao meu coorientador Sérgio Macedo Silva, pela oportunidade de realização do meu TCC.

Agradeço também à empresa Brevant na figura do representante técnico Thiago da Silva Souto, que disponibilizou as sementes de híbridos para o plantio e também ao professor Felipe, responsável pelo experimento. Ainda, agradeço a todos os funcionários da FESP/UFVJM, professores e alunos envolvidos Roberta, Eurípedes e professora Mariana pelo apoio na condução do mesmo.

Agradeço à Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Campus Unaí, por toda a infraestrutura e auxílio, a qual possibilitou o meu aprendizado tornando um sonho em realidade.

A TODOS, MUITO OBRIGADO!!!

RESUMO

Apesar de o clima tropical brasileiro ser propício ao cultivo do milho, ele também favorece muitas pragas e doenças que afetam diretamente a produção dessa cultura. Como exemplos, citam-se a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), e a virose causada pelo vírus *Maize rayado fino virus* (MRFV), o qual é transmitido pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). Além dos danos causados à cultura, outra preocupação em relação à lagarta-do-cartucho são os casos crescentes de resistência à proteína *Bt* a cada ciclo de cultivo. Para minimizar esse problema, as combinações de proteínas Cry em híbridos transgênicos têm sido bastante utilizadas. Por outro lado, o manejo da virose causada por MRFV geralmente demanda a aplicação de inseticidas para controlar a cigarrinha vetora, além da busca por variedades resistentes ao vírus. O objetivo deste trabalho foi avaliar nove híbridos de milho transgênico apresentando diferentes biotecnologias classificadas como PWU, PRO2, PRO3 e VIPTERA3, quanto à resistência à lagarta-do-cartucho e ao MRFV. Escalas de notas foram utilizadas nas avaliações de danos da lagarta-do-cartucho e severidade da virose. Os híbridos SHS7990 PRO2, BM709 PRO2 e BM3063 PRO3 apresentaram injúria por *S. frugiperda* nas folhas e cartucho, com nota média de aproximadamente 5,0. Por outro lado, os híbridos B2688 PWU, B2782 PWU, B2401 PWU, FERROZ VIP3, K9960 VIP3 e K9555 VIP3 não apresentaram qualquer injúria, o que pode caracterizar algum nível de resistência à praga. Quanto ao MRFV, os híbridos não apresentaram uma resistência desejável, e na última avaliação o B2688 PWU com severidade de 26,83% foi diferente do BM3063 PRO3 e SHS7990 PRO2 com menores índices de severidade, 14%, e 12,5%, respectivamente.

Palavras chave: *Zea mays*. OGM. Lagarta-do-cartucho. Virose.

ABSTRACT

Although the Brazilian tropical climate is favorable for corn cultivation, it also favors many pests and diseases that directly affect the production of this crop. Examples include the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), and the virus caused by the *Maize rayado fino virus* (MRFV), which is transmitted by the leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). In addition to the damage caused to the crop, another concern regarding the fall armyworm is the increasing cases of resistance to the Bt protein with each crop cycle. To minimize this problem, combinations of Cry proteins in transgenic hybrids have been widely used. On the other hand, the management of the virus caused by MRFV usually requires the application of insecticides to control the spittlebug vector, in addition to the search for strains resistant to the virus. The objective of this work was to evaluate nine hybrids of transgenic corn presenting different biotechnologies classified as PWU, PRO2, PRO3 and VIPTERA3, for resistance to fall armyworm and MRFV. Grade scales were used in the evaluation of fall armyworm damage and virus severity. The hybrids SHS7990 PRO2, BM709 PRO2 and BM3063 PRO3 showed injury by *S. frugiperda* on the leaves and cartridge, with an average score of approximately 5.0. On the other hand, the hybrids B2688 PWU, B2782 PWU, B2401 PWU, FERROZ VIP3, K9960 VIP3 and K9555 VIP3 did not present any injury, which may characterize some level of resistance to the pest. As for the MRFV, the hybrids did not show a desirable resistance, and in the last evaluation the B2688 PWU with severity of 26.83% was different from BM3063 PRO3 and SHS7990 PRO2 with lower severity indexes, 14% and 12.5%, respectively. .

Key words: *Zea mays*. GMO. Cartridge caterpillar. Virus.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Dados climáticos: precipitação acumulada (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média (%), quinzenais entre setembro de 2020 e março de 2021 no município de município de Unaí, Minas Gerais.....20
- Figura 2** - Croqui da área experimental na FESP, Unaí – MG.....22
- Figura 3** - Escala visual de injúrias provocadas pela lagarta-do-cartucho do milho, contendo notas de 0 a 9, conforme Davis et al. (1992)24
- Figura 4** - Fórmula: Índice de severidade da doença.....25
- Figura 5** - Escala visual para avaliação da severidade da virose causada pelo vírus MRFV em folhas de milho (ZAMBRANO et al., 2013)25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resumo da análise química do solo realizada na área onde foi instalado o experimento. UFVJM – Campus Unaí, Unaí/MG, Brasil.....	21
TABELA 2 - Descrição dos híbridos comerciais de milho transgênico de dupla aptidão que foram avaliados no experimento em Unaí/MG, 2022.....	23
TABELA 3 - Notas visuais das injúrias causadas por (<i>Spodoptera frugiperda</i>) em híbridos de milho.....	26
TABELA 4 - Índice de severidade (%) da virose causada pelo vírus <i>Maize rayado fino virus</i>) em híbridos de milho.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
2.1 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 A Cultura do milho	12
3.2 Morfologia da planta	13
3.3 Híbridos	13
3.4 Híbridos transgênicos	13
3.5 Materiais resistentes a insetos-pragas	14
3.6 Modo de ação das proteínas Cry e VIPs	15
3.7 Lagarta do cartucho: biologia e manejo	15
3.8 <i>Maize rayado fino virus</i>	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Área experimental	19
4.2 Instalação do experimento	21
4.3 Delineamento experimental e tratamentos	22
4.4 Avaliações	23
4.5 Análise dos dados	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
7 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O milho, *Zea mays* L., é uma cultura de grande importância internacional, destacando-se entre as principais espécies agrícolas por produzir um alimento com alto valor energético para diversas finalidades. É cultivado em praticamente todas as regiões do Brasil e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) estima para produção na safra de 2021/2022 aproximadamente 24 milhões de toneladas para o plantio da primeira safra e de aproximadamente 86 milhões de toneladas estimada para colheita da segunda safra (CONAB, 2022). O setor encontra-se em alta devido as mudanças enfrentadas na produção do grão afetada pelos fatores edafoclimáticas, causando o aumento no preço da saca neste mês de fevereiro custando R\$ 95,98 (CEPEA, 2022).

Em aspecto geral, a genética dos híbridos é responsável por pelo menos 50% da produtividade, e a estabilidade da lavoura está diretamente ligada à capacidade de resistir às pragas e doenças. Portanto, a escolha do genótipo é uma tarefa crucial, levando em consideração todas as informações disponíveis, como os níveis tecnológicos da propriedade, o sistema de produção e as condições edafoclimáticas da região, além da incidência de pragas e doenças na área (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Os híbridos comerciais de milho são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente distintos e homocigotos, visando à utilização prática da heterose. São indicados para sistemas de produção que utilizam alta tecnologia, pois possuem um bom vigor, são homogêneos e produtivos. Porém, mesmo com grandes investimentos pelas indústrias com bons materiais responsivos as perdas causadas por pragas ainda constituem fator limitante ao incremento da produtividade (PURCINO *et al.*, 2009).

Os insetos da Ordem Lepidoptera, como a lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), considerada uma praga da parte aérea e colmo, alimenta-se das folhas reduzindo a área fotossintética, perfuram o colmo e podem se alimentar da espiga causando quedas na produção de grãos. As injúrias ocasionadas por essas lagartas podem resultar em danos de 17% a 50% de produção (SOUZA *et al.*, 2016). A lagarta tem um desenvolvimento do tipo holometabólico que compreende ovo, larva, pupa e adulto. Ela possui uma coloração clara seguindo para escura com pontuações pretas em pares no dorso, com um característico “Y” invertido na cabeça. Temperaturas altas acima de 26°C são condições favoráveis ao desenvolvimento da lagarta (FARIAS *et al.*, 2014).

Associado às lagartas, podemos observar a presença da cigarrinha do milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), que além de causar injúria por se alimentarem da seiva das plantas, atua como vetor de três doenças, o enfezamento vermelho e pálido causado por mollicutes, e também a virose causada por *Maize rayado fino virus* (MRFV). Os plantios tardios e do milho de segunda safra nas mesmas áreas, contribuem para o aumento da população da cigarrinha, os sintomas da virose afetam a fisiologia, nutrição e desenvolvimento das plantas podendo reduzir até 30% da produção de grão em genótipos suscetíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2015). A cigarrinha possui um desenvolvimento hemimetabólico sendo ovo, ninfa e adulto. Ela possui uma coloração clara e se alojam principalmente nas folhas do cartucho do milho para se reproduzirem, possuem um ciclo variável em torno de 45 dias podendo encurtar em ambientes com temperaturas altas acima de 26 °C (SABATO; TEXEIRA, 2015)

Dentro do conceito de manejo integrado de pragas e doenças (MIP) que associa práticas para melhorar eficiência no controle de pragas e doenças, o genético foi um grande avanço da tecnologia para produção de milho como controle varietal da *S. frugiperda*. A utilização de milhos geneticamente modificados carrega em seu genoma um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* abreviada como (*Bt*) que leva à expressão de proteínas Cry com a ação inseticida, conferindo resistência da planta a algumas espécies de lepidópteros pragas (FARIAS *et al.*, 2014).

Para o controle da virose causada por MRFV, os genótipos de milho resistentes são a melhor estratégia ou aqueles genótipos que apresentam menor sensibilidade. No entanto, o controle da cigarrinha nos estádios iniciais de crescimento do milho ainda é um fator crucial, juntamente com as realizações de plantio em épocas adequadas, evitando períodos críticos como temperaturas acima de 26° C, umidade relativa alta, molhamento da folha por mais de quatro horas, condições essas que também são favoráveis ao rápido desenvolvimento da cigarrinha (OLIVEIRA; SABATO, 2018).

A quantidade de híbridos de milho transgênicos disponíveis aumenta a cada safra, surgindo a necessidade de os profissionais da área atentarem-se às novas tecnologias, realizando constantes avaliações de campo para comprovar a eficiência das biotecnologias sobre as pragas e doenças que ocorrem na cultura.

2 OBJETIVO

Avaliar comportamento de nove híbridos de milho transgênico em campo, frente à infestação da lagarta-do-cartucho e à virose causada pelo MRFV nas condições de Unaí, MG.

2.1. Objetivos Específicos

Avaliar a resistência dos híbridos de milho com diferentes proteínas Cry à lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*).

Avaliar a resistência desses híbridos à virose MRFV transmitida pela cigarrinha do milho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Cultura do milho

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). No Brasil apresenta uma grande importância econômica, sendo o país o terceiro maior produtor mundial, sendo superado apenas pelos EUA e China (CONAB, 2022). A cultura contribui para a economia nacional, sendo um mercado agrícola muito atrativo por suas inúmeras formas de utilização, como a alimentação animal onde tem maior representatividade com produção de ração e silagem, além de ser utilizado pelas grandes indústrias de alta tecnologia para fabricação dos mais diversos produtos, como álcool e cosméticos, e para consumo *in natura* pelo homem (FANCELLI, 2017).

A estimativa de área plantada no Brasil na safra 2021/22 de verão é de aproximadamente, 20 milhões de hectares, representando um aumento de 4,8% e mantendo a produtividade crescente a cada safra, com uma média nacional de 5.376 kg ha⁻¹. A produção esperada é de, aproximadamente, 112 milhões de toneladas, sendo 29% a mais que a safra anterior (CONAB, 2022).

3.2 Morfologia da planta

O milho é uma planta alógama que favorece a polinização cruzada, sendo aproximadamente 97% dos óvulos polinizados por outros indivíduos e apenas 3% por meio da autofecundação, monocotiledônea e a natureza protrândrica onde a liberação do pólen das anteras parte masculina do sistema reprodutivo vegetal ocorre antes dos estigmas parte feminina do sistema reprodutivo vegetal estarem receptivos (COSTA *et al.*, 2012). O ciclo vegetativo é variável, entre 110 e 160 dias, dependendo das características dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio), e os híbridos de milho, em sua maioria, florescem entre 55 a 75 dias após a semeadura (FANCELLI; DOURADONETO, 2004).

A raiz do milho é do tipo fasciculada, dividida em raízes primárias, secundárias, seminais, adventícias e de suporte. Suas folhas são longas e lanceoladas, possuem nervura central em forma de canaleta bem marcante. As folhas circundam o caule em sua base formando a bainha e se inserem nos nós do colmo. O colmo tem a função de dar suporte às folhas e partes florais, funcionando também como órgão de reserva de fotoassimilados. As flores masculinas se agrupam no topo da planta, formando a estrutura denominada pendão, enquanto as flores femininas são constituídas pelas espigas que emitem o estilo-estigma, popularmente conhecido como “cabelo do milho” que, ao ser fecundado, escurece e seca (EMYGDIO *et al.*, 2013).

3.3 Tipos de híbridos de milho

Existem diferentes tipos de híbridos de milho comerciais: híbridos simples, obtidos do cruzamento entre duas linhagens puras (A x B), indicados para sistema de produção de alta tecnologia por possuírem maior potencial produtivo; híbridos duplos, resultantes do cruzamento entre dois híbridos simples, sendo mais indicados para médias tecnologias; híbridos triplos, obtidos a partir de uma linhagem pura e um híbrido simples, apresentando menor produtividade e homogeneidade (BORÉM; MIRANDA, 2013).

3.4 Híbridos transgênicos

De acordo com Cruz *et al.*, (2015) as cultivares transgênicas foram o grande avanço da tecnologia para a produção de milho com grandes vantagens em relação às

cultivares convencionais. A inserção de novos genes na espécie proporcionou maior estabilidade produtiva, redução do custo de produção, facilidade de manejo, principalmente no tocante aos insetos-pragas e às plantas daninhas, e menor impacto ambiental. Os eventos resistentes a insetos, isolados ou combinados com outros eventos tolerantes a herbicidas, proporcionou a crescente adoção de cultivares transgênicos pelos produtores no Brasil, muito influenciados pela redução no uso de produtos fitossanitários para controle de pragas, doenças e plantas daninhas (CRUZ *et al.*, 2015).

Os híbridos de milho transgênicos disponíveis no mercado possuem características particulares resultantes de diferentes tecnologias, como: PowerCore® ULTRA, milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem Lepidoptera e tolerante ao herbicida glifosato e glufosinato de amônio; VT PRO 2 e VT PRO 3, protege a raiz do milho contra o ataque da larva alfinete, *Diabrotica speciosa* (Germ) (Coleoptera: Chrysomelidae), bem como tolerância a insetos da ordem Lepidoptera e ao herbicida glifosato; VIP3, milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem Lepidoptera e tolerante ao herbicida glifosato. Esses são os denominados eventos de transformação gênica, caracterizados por combinações de proteínas Cry no genótipo do híbrido, garantindo resistência total ou menor sensibilidade a insetos-pragas e daninhas (BRAVO *et al.*, 2005).

3.5 Híbridos resistentes a insetos-pragas

Dentro do conceito de manejo integrado de pragas e doenças, o uso dessa biotecnologia foi o grande avanço da agricultura, pois permitiu a redução de algumas práticas agrícolas e aplicações de agroquímicos. Através de apuradas técnicas de laboratório, um gene da bactéria de solo *B. thuringiensis* que produz toxinas conhecidas como Cry e Vip foi introduzido no genoma de plantas de milho conferindo-lhe alto padrão de resistência a algumas espécies de lepidópteros pragas Farias *et al.*, (2014). O primeiro evento em milho resistente a insetos-pragas aprovado foi o Bt 176 Syngenta, nos Estados Unidos, em 1996 Jackson *et al.*, (2007). De acordo com a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), atualmente, existem 52 eventos transgênicos registrados para a cultura do milho no Brasil liberados para comercialização (CTNBIO, 2022).

3.6 Modo de ação das proteínas Cry e VIPs

Segundo Cruz *et al.*, (2010), o modo de ação das proteínas Cry tem sido caracterizado principalmente em lepidópteros. A ação das proteínas Cry promove a lise das células epiteliais do mesentério do intestino médio do inseto-praga pela formação de poros nas microvilosidades apicais das membranas das células. Elas passam de protoxinas (inclusão cristalina) para oligômeros, que se inserem em membranas que causam o vazamento de íons e a lise celular septicemia e morte do inseto. A ativação da protoxina envolve a remoção proteolítica de um peptídeo N-terminal (25-30 aminoácidos para proteína Cry1, 58 para Cry3A e 49 para Cry2Aa) (MENDES *et al.*, 2011).

Segundo Bernardi *et al.*, (2015), as proteínas denominadas VIP são produzidas por algumas cepas de *B. thuringiensis* durante a fase vegetativa de crescimento da bactéria e não formam inclusões cristalinas. Elas são divididas em duas classes: Vip1 e Vip2, tóxicas a alguns coleópteros; e Vip3A, ativas contra amplo espectro de lepidópteros-pragas. As proteínas Vip3A atuam de forma semelhante às proteínas Cry, contudo, apresentam propriedades distintas de ligação. Os híbridos geneticamente modificados possuem combinações de diferentes proteínas Cry e genes que lhes conferem resistência. A combinação desses genes confere maior flexibilidade no controle dos insetos-pragas e plantas daninhas (JACKSON *et al.*, 2007).

3.7 Lagarta do cartucho: biologia e manejo

A lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, é uma das principais pragas da cultura do milho, devido às injúrias causadas em todos os estádios de desenvolvimento da planta. As perdas causadas por essa praga podem variar dependendo do estágio fenológico da planta, podendo afetar até 100% da lavoura, quando não tomadas as medidas de manejo adequadas (LOURENÇÃO *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2016).

De acordo com Bravo *et al.*, (2005), as lagartas possuem inicialmente uma coloração clara, passando para pardo escuro a esverdeadas até quase pretas. Apresentam três pares de pernas torácicas e cinco pares de falsas pernas, abdominais. Eclodem com pouco mais de 1 mm de comprimento e podem atingir o máximo de 4,0 a 4,5 cm. Mostram pontuações pretas aos pares, ao longo do dorso (sempre um par próximo e o outro distante) e quatro pontuações pretas no final do abdômen formando um quadrado. Na

parte frontal da cabeça, apresentam uma sutura epicranial em formato de “Y” invertido (FARIAS *et al.*, 2014).

Segundo Teodoro *et al.*, (2013), o desenvolvimento da *S. frugiperda* é do tipo holometabólico compreendendo as fases de ovo, larva, pupa e adultos. As mariposas fazem suas posturas durante à noite, são capazes de realizar de cinco a seis posturas, ovipositando (de 200 a 300 ovos) na parte superior e inferior das folhas. A eclosão das larvas ocorre de dois a três dias após a oviposição, o período larval duro de 12 a 30 dias, dependendo da temperatura que podem acelerar o desenvolvimento da larva (TEODORO *et al.*, 2013).

As lagartas se alimentam de toda a parte aérea da planta de milho, incluindo as espigas. Ao consumirem a área foliar, acabam reduzindo a capacidade fotossintética da planta, com conseqüente queda na produção. Nos estádios iniciais, elas atacam as folhas novas que são raspadas e, a partir do terceiro ínstar, perfuram as folhas até o cartucho da planta, destruindo-o em diversos pontos. A proporção da injúria irá depender do estágio fenológico da planta e da intensidade de infestação (OMOTO *et al.*, 2016). Quando existe uma alta infestação da praga na área, é possível encontrar ataques como corte das plantas jovens ao nível do solo, perfurações no talo, e na espiga (NAKANO, 2011; ROSA *et al.*, 2011).

As injúrias causadas pela lagarta-do-cartucho são extremamente severas, podendo reduzir a produção em até 40% no primeiro ano de convívio e, conseqüentemente, elevando os preços do milho em 13,6% (CEPEA, 2019). Para chegar a esse resultado, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), calculou as elasticidades de transmissão de preços em cada segmento da cadeia produtiva que utiliza o milho como insumo no Brasil e estimou um prejuízo de 20,5 bilhões, em uma situação na qual o produtor não controle a lagarta na cultura (CEPEA, 2019).

Existem diversos métodos para o manejo dessa praga, como o controle químico com inseticidas neurotóxicos à base de carbamatos e organofosforados e com inibidores da síntese de quitina, como as benzoiluréias Omoto *et al.*, (2016). O controle cultural, empregado em áreas de plantio convencional, expõe as pupas no solo diminuindo a emergência de adultos, e também, o controle biológico, por meio dos bioinseticidas à base de *Baculovirus* e de parasitoides de ovos, como o *Trichogramma* spp. A partir dos anos 2008 e 2009, com a aprovação do milho Bt no Brasil, passou-se a utilizar também transgênicos com alto padrão de resistência a essa praga. Esse avanço

tecnológico possibilitou reduzir a população de lagartas e o uso de inseticidas sintéticos para o seu controle (FARIAS *et al.*, 2014).

A resistência da praga às toxinas derivadas da bactéria *B. thuringiensis* presente na planta é considerada uma das principais ameaças ao uso sustentável das tecnologias transgênicas. Naturalmente, existem indivíduos nas populações da praga que sobrevivem às toxinas. Porém, em condições normais, ou seja, sem a exposição constante às plantas transgênicas, a frequência com que esses indivíduos ocorrem é baixa (MORAES; LOURENÇÃO; PATERNIANI, 2015). O processo de seleção da resistência nada mais é que o aumento da frequência de ocorrência desses insetos na população (EMBRAPA, 2018).

Uma das estratégias para minimizar o risco de evolução da resistência de insetos praga às plantas *Bt* consiste na manutenção da área de refúgio, a qual serve como “criadouro” de indivíduos suscetíveis que cruzarão com os indivíduos sobreviventes da área com milho transgênico, gerando heterozigotos funcionalmente suscetíveis (BERNARDI *et al.*, 2015). Mesmo o milho *Bt* mais efetivo na redução de certas espécies de pragas não confere total imunidade a todos os lepidópteros, dentre outros fatores pela resistência à toxina empregada (BARROS *et al.*, 2010).

Mesmo com bons materiais de milho *Bt*, ainda existem grandes problemas e perdas de produtividade causadas pela *S. frugiperda*, devido à pouca prática de plantio de área de refúgio nas lavouras, proteínas *Bt* que não são expressas em alta dose e eventos expressando apenas uma proteína, o que propicia o surgimento de indivíduos resistentes à toxina, a cada ciclo de geração da lagarta.

3.8 *Maize rayado fino virus*

Nos últimos anos, vêm aumentando a população de cigarrinhas *D. maidis* no milho, principalmente em algumas regiões quentes do território nacional. A intensificação com o milho de segunda safra, cultivado em uma mesma área de forma sucessiva em sistemas irrigados, proporcionou uma “quebra” na sazonalidade de plantio e vem aumentando a pressão de pragas e doenças. A cigarrinha *D. maidis* é inseto vetor da virose causada pelo *Maize rayado fino virus* (MRFV). Essa doença conhecida como vírus da rica do milho pode reduzir em até 30% a produção de grãos em genótipos suscetíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O MRFV é um vírus pertencente ao gênero *Marafivirus*, família *Tymoviridae*, caracterizada por virions isométricos de aproximadamente 30 nm de diâmetro e um genoma de RNA de sentido positivo de fita simples (LEON; GAMEZ, 2002). Segundo Sabato *et al.*, (2017), este vírus afeta a fisiologia, nutrição, desenvolvimento e a produção das plantas e são transmitidos por meio da cigarrinha para plantas de milho sadias, sendo essa transmissão do tipo persistente/propagativa. Ao se alimentar da seiva da planta doente, a cigarrinha adquire o vírus que passa por um período latente de duas a quatro semanas. Esse vírus se multiplica nos tecidos da cigarrinha e atinge suas glândulas salivares, tornando-as infectantes e capazes de transmiti-lo durante toda a vida. Ninfas e adultos, machos ou fêmeas da cigarrinha, podem adquirir e transmitir a partícula viral entre plantas de milho. A transmissão do vírus pela cigarrinha pode atingir o floema da planta entre 01 e 24 horas, dependendo do genótipo do milho (COELHO *et al.*, 2017; SABATO *et al.*, 2017).

De acordo com Zambrano *et al.*, (2013), as plantas infectadas pelo MRFV apresentam sintomas entre uma e duas semanas após a inoculação, sendo caracterizados por pontos cloróticos nas nervuras secundárias e terciárias da folha, que coalescem e apresentam aspecto de riscas ao longo das nervuras. Essas riscas tornam-se bem claras quando a folha é observada contra a luz do sol na forma de pequenos pontos cloróticos alinhados. Em cultivares suscetíveis, a alta infestação pode acarretar menor eficiência fotossintética, redução do crescimento da planta, abortamento de gemas florais, enchimento incompleto dos grãos e seca precoce da planta e, conseqüentemente, queda na produção do milho (BERTACCINI *et al.*, 2017).

Os níveis de incidência da doença dependem da densidade populacional de cigarrinha e da suscetibilidade da cultivar de milho, podendo atingir 100% das plantas. As condições favoráveis ao vírus são climas chuvosos, temperaturas altas (> 20 °C) e molhamento foliar por mais de 4 horas. Essas mesmas condições favorecem o encurtamento do ciclo das cigarrinhas, possibilitando mais ciclos reprodutivos da praga durante o ciclo do milho (SILVA *et al.*, 2017). O plantio tardio de milho mantém a oferta de alimento e de sítios de oviposição para a cigarrinha por um período mais longo, aumentando a densidade populacional da praga (OLIVEIRA *et al.*, 2017; MENESES *et al.*, 2016).

Existem várias estratégias para o manejo da cigarrinha *D. maidis* e, conseqüentemente, da virose. Segundo Sabato; Oliveira, (2018), deve-se evitar a permanência do milho tiguera, que são plantas proveniente da safra anterior que persiste

em ficar no campo, não realizar o plantio do milho em proximidade de lavoura com alta incidência de plantas com sintomas da virose, pois essas plantas são fonte de inóculo para a cigarrinha se infectar e transmitir para outras áreas. Existem ainda efeitos positivos em relação à utilização de sementes de boa qualidade e de cultivares que possuem resistência genética, além das pulverizações com inseticidas, no início do ciclo da cultura nos estádios V3 e V4 para controlar a cigarrinha pois, nesse período as doenças transmitidas pela cigarrinha tem maior potencial de causar perdas de produtividade (ZAMBRANO *et al.*, 2014). No Brasil existem 32 produtos registrados contra *D. maidis* (MAPA, 2022). Alguns genótipos de milho com excelente nível de resistência ao MRFV têm sido identificados, como os acessos Ki11, INIAP-180, Oh1V1, CML287, CML459, Cuba, e Saint Croix (ZAMBRANO *et al.*, 2013).

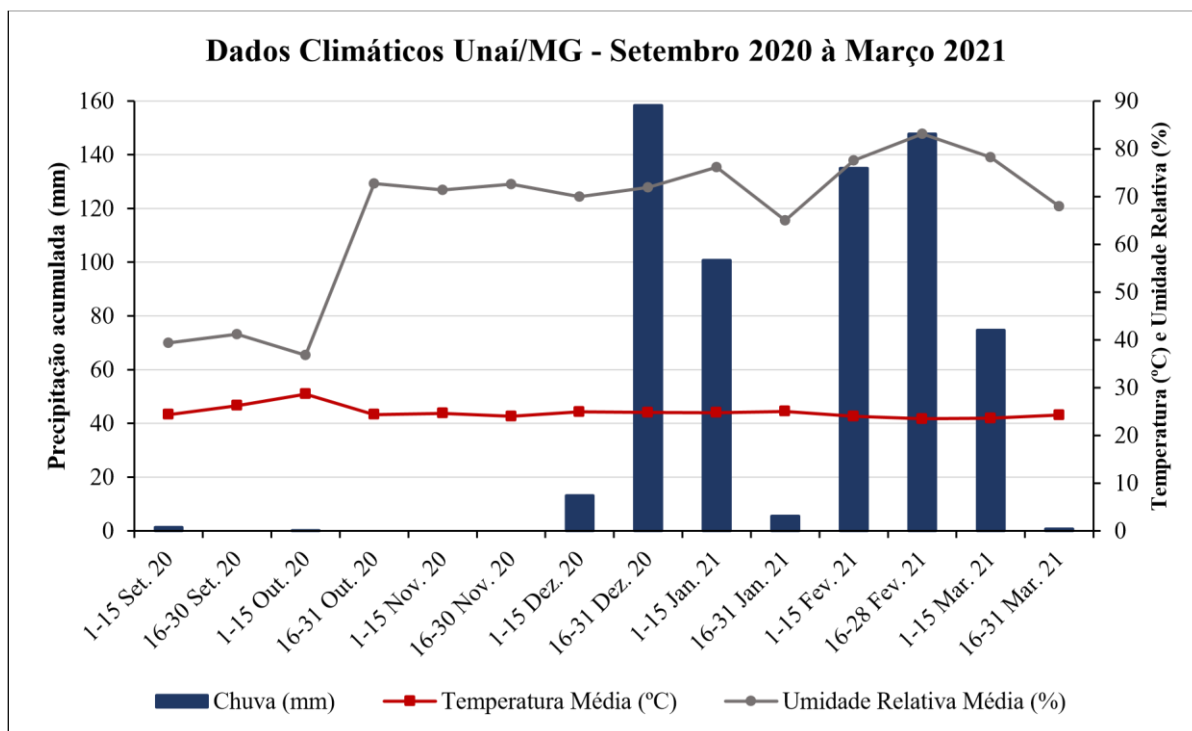
Em propriedades onde o milho é cultivado intensivamente durante todo o ano, quando identificada uma alta infestação da virose e da cigarrinha, é importante o agricultor realizar rotação de cultura impedindo a reprodução da cigarrinha na área, e que se tenha alimento disponível para a praga assim realizando um vazio sanitário de pelo menos 30 ou mais dias sem a presença de milho na área e nas proximidades (COSTA *et al.*, 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi realizado na safra 2020/2021, na Fazenda Experimental Santa Paula (FESP), pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Unai, localizada em Unai/MG, latitude de 16°26.184'S, longitude 46° 53.926'O, e altitude 560 m. O clima da região é classificado como Aw, de acordo com Köppen-Geiger (PEEL *et al.*, 2007), com estação seca de inverno, temperatura média de 23,5 °C, com a média anual de pluviosidade de 1275 mm. A área experimental apresenta histórico de ocorrência da lagarta-do-cartucho, além da cigarrinha do milho transmitindo a virose causada pelo MRFV. As informações climáticas no período do experimento apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Dados climáticos: precipitação acumulada (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média (%) quinzenais entre setembro de 2020 e março de 2021 no município de Unaí, Minas Gerais



Fonte dos dados: INMET, 2021. Elaboração: Gustavo H.M. Fernandes

O solo em que o experimento foi instalado é classificado como Nitossolo Vermelho (NV) e possui 68% de saturação por base, 59,5% de argila no horizonte A e 64,5% de argila no horizonte B. As principais características do solo estão descritas na Tabela 1. A partir da análise de solo não foi constatada a necessidade de calagem e gessagem na área, realizando-se apenas adubação de plantio e cobertura.

Tabela 1 - Resumo da análise química do solo realizada na área onde foi instalado o experimento. UFVJM – Campus Unaí, Unaí/MG, Brasil

	Profundidade do Solo*			
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm
pH	6,0	5,4	5,8	5,3
Bases	cmol.dm⁻³			
Cálcio (Ca)	4,24	1,84	1,73	1,55
Magnésio (Mg)	2,39	1,02	1,02	0,79
Potássio (K)	0,44	0,18	0,14	0,11
Alumínio (Al)	0,00	0,18	0,00	0,26
H ⁺ +Al	2,60	3,40	3,60	3,20
SB (Soma de bases)	7,07	3,04	2,88	2,44
	% (Porcentagem)			
V (Saturação de Bases)	73	47	44	43
m (saturação por Al)	0	6	0	10
	dag kg⁻¹			
M.O (Matéria Orgânica)	3,8	2,3	1,8	1,6

*Análise realizada pelo Laboratório de Análises Ambientais e Agrícolas (LABRAS, Monte Carmelo/MG) em outubro de 2020

4.2 Instalação do experimento

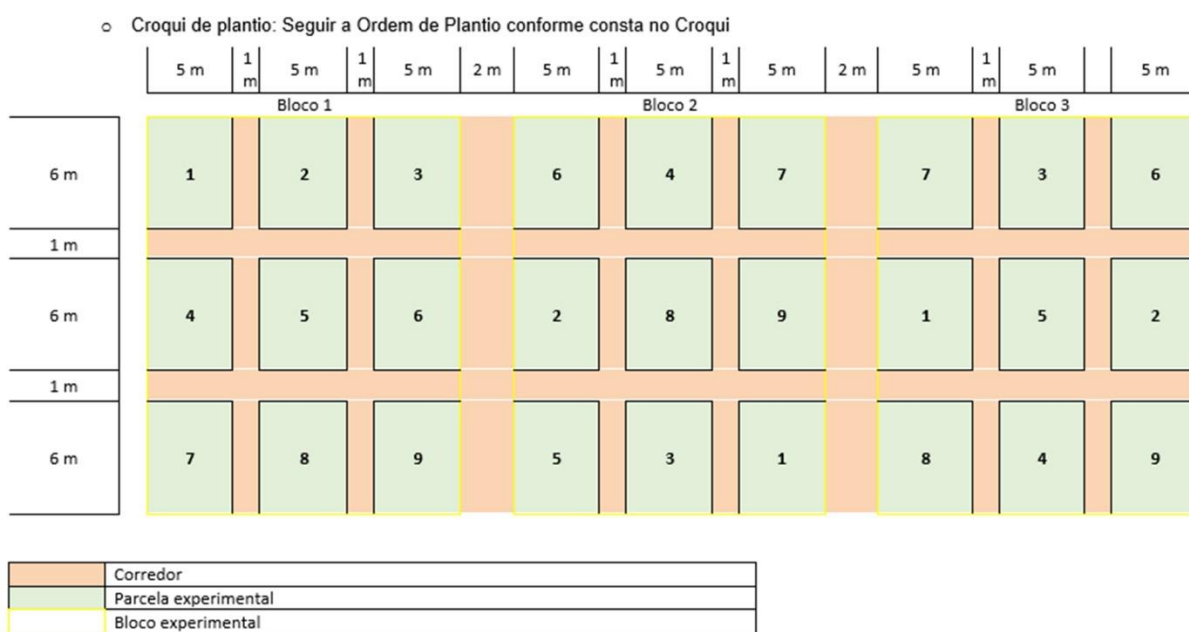
A cultura foi estabelecida sob sistema de plantio direto no dia 25/11/2020. A semeadura foi realizada manualmente com utilização de matraca, em espaçamento de 0,5 m (entre linhas) x 0,28 m (entre plantas na linha), resultando numa população de 70.000 plantas.ha⁻¹. Para a adubação de plantio foi utilizado 300 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (contendo 123 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (50 kg ha⁻¹ de K₂O). Para a adubação de cobertura foi aplicado 285 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia (120 kg ha⁻¹ de N) em duas aplicações, sendo a primeira no estágio fenológico V4 (quarta folha totalmente expandida formando a bainha) e a segunda no V7 (sétima folha).

Para o controle de plantas daninhas foram realizadas duas aplicações com pulverizador costal manual: a primeira em V4 (quarta folha), com o herbicida nicosulfuron na dose de 0,06 kg ha⁻¹ e a segunda em VT (pendoamento) com atrazina, na dose de 0,25 kg ha⁻¹ e glifosato na dose de 2,38 kg ha⁻¹.

4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos (híbridos de milho) e três repetições, totalizando 27 unidades experimentais (parcelas). Cada parcela foi constituída por 11 linhas de plantio, com 6 m de comprimento e 22 plantas. Como parcela útil para as avaliações da lagarta do cartucho e severidade da virose causada pelo MRFV foram consideradas as 2 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade (Figura 2).

Figura 2 - Croqui da área experimental na FESP, Unaí – MG



Fonte: Gustavo H.M. Fernandes

Os nove híbridos de milho comerciais avaliados são de dupla aptidão, ou seja, podem ser destinados à produção de silagem e grãos. Todos são transgênicos e expressam duas ou mais proteínas inseticidas provenientes da bactéria *B. thuringiensis*, (tecnologia *Bt*) e todos são resistentes ao herbicida glifosato (Roundup Ready®). As informações detalhadas de cada híbrido estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos híbridos comerciais de milho transgênico de dupla aptidão que foram avaliados no experimento Unai/MG, 2022

Híbrido	Ciclo	Tipo	Tecnologia	Proteínas
¹ B2782 PWU	Precoce	Triplo	⁶ PowerCore™ ULTRA	Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20
B2401 PWU	Superprecoce	Simples	PowerCore™ ULTRA	Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20
B2688 PWU	Precoce	Simples	PowerCore™ ULTRA	Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20
² BM3063	Precoce	Triplo	⁷ VT PRO 3	Cry1A105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1
³ FEROZ	Precoce	Duplo	⁸ VIP 3	Cry1Ab e Vip3Aa20
⁴ K9960	Precoce	Simples	VIP 3	Cry1Ab e Vip3Aa20
⁴ K9555	Médio	Simples	VIP3	Cry1Ab e Vip3Aa20
⁵ SHS7990	Precoce	Simples	⁹ VT PRO 2	Cry1A105 e Cry2Ab2
² BM709 PRO2	Precoce	Simples	VT PRO 2	Cry1A105 e Cry2Ab2

¹Marca comercial: ¹Brevant®; ²Sementes Biomatrix®; ³NK-Syngenta®; ⁴KWS®; ⁵Sementes Santa Helena. ⁶PowerCore™ ULTRA: que conferem controle dos principais lepidópteros da parte aérea do milho e de solo (lagarta-elasma e lagarta-rosca) e tecnologias CP4-EPSPS e PAT tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio. ⁷VT PRO 3: Tolerância a insetos da ordem lepidóptera e proteção da raiz do milho contra o ataque da *Diabrotica speciosa* (larva alfinete) e tecnologias CP4-EPSPS tolerância ao herbicida Glifosato. ⁸Viptera 3: Tolerância a insetos da ordem lepidópteros da parte aérea e de solo (lagarta-elasma) e tecnologias CP4-EPSPS tolerância ao herbicida glifosato. ⁹VT PRO 2™: Tolerância a insetos da ordem lepidóptera e tecnologias CP4-EPSPS tolerância ao herbicida Glifosato.

Fonte: Mapa: Registro Nacional de Cultivares-RNC

4.4 Avaliações

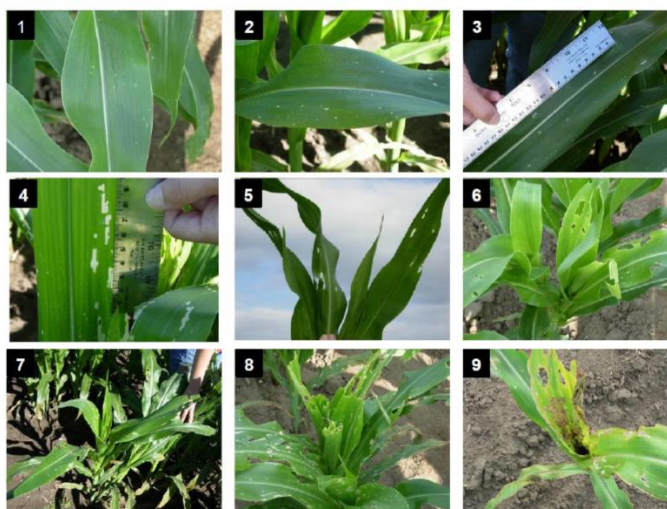
As avaliações foram realizadas desde a emergência da cultura, para acompanhar o início da infestação da lagarta-do-cartucho e da cigarrinha-do-milho na área experimental, principalmente nos estágios vegetativos, pré-pendoamento (emborrachamento) e início do estágio reprodutivo.

Para avaliação da infestação e injúrias causadas por *S. frugiperda*, foi realizada uma avaliação visual das plantas presentes nas 2 linhas centrais de cada parcela, escolhendo-se aleatoriamente 20 plantas da área útil da parcela e atribuindo-lhes notas visuais de 1 a 9, sendo 1 = a ausência total de injúrias e 9 = plantas totalmente destruídas,

de acordo com a metodologia de Fernandes *et al.* (2003) e com a escala adaptada de Davis *et al.* (1992) (Figuras 3.1-9).

As avaliações ocorreram aos 53 dias após o plantio (DAP) (17/01/2021), aos 58 DAP (22/01/2021) e aos 65 DAP (29/01/2021). Após a terceira avaliação, os híbridos entraram no estágio de florescimento.

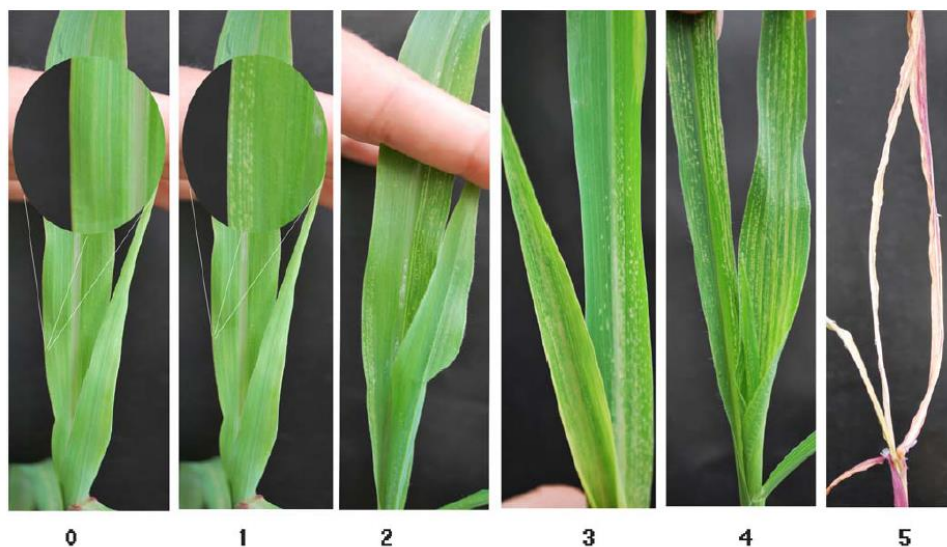
Figura 3 - Escala visual de injúrias provocadas pela lagarta-do-cartucho do milho, com notas de 1 a 9, conforme Davis *et al.* (1992)



Fonte: DuPont Pioneer, Brasil

A severidade da virose causada pelo MRFV foi avaliada nas duas folhas do ápice das mesmas 20 plantas avaliadas quanto à infestação pela lagarta-d-cartucho. Neste caso, utilizou-se uma escala de notas proposta por Zambrano *et al.* (2013) como se segue: 0 = sem sintomas; 1 = manchas cloróticas cobrindo até 25% da superfície da folha; 2 = manchas cloróticas brilhantes e listras curtas cobrindo 25 a 50% da superfície foliar; 3 = manchas e listras cloróticas brilhantes em 50 a 75% da superfície da folha; 4 = manchas e listras cloróticas brilhantes cobrindo mais de 75% da superfície da folha; e 5 = planta previamente sintomática que morreu. Os sintomas são demonstrados na Figura 4. As avaliações ocorreram nas mesmas datas de avaliações da lagarta-do-cartucho, conforme mencionado anteriormente. Em seguida, foi calculado o índice de severidade da doença, conforme a fórmula apresentada na Figura 5.

Figura 4 - Escala visual para avaliação da severidade da virose causada pelo MRFV em folhas de milho (ZAMBRANO *et al.*, 2013)



Fonte: DuPont Pioneer, Brasil

Figura 5 - Índice de severidade da doença

$$ID (\%) = \frac{\sum (\text{valor da nota} \times \text{N}^\circ \text{ de plantas com esta nota})}{(\text{N}^\circ \text{ total de plantas} \times \text{valor máximo da escala de notas})} \times 100$$

4.5 Análise dos dados

Os dados foram primeiramente submetidos aos testes de normalidade de distribuição dos resíduos de Shapiro Wilk, e homogeneidade das variâncias de Levene. Em seguida, após a realização da análise de variância, procedeu-se a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os únicos híbridos que apresentaram injúrias pela lagarta-do-cartucho foram os que possuem a tecnologia VTPRO 2 e VTPRO 3, com nota média de aproximadamente 5,0. Os híbridos PWU e VIP3 foram significativamente mais resistentes, sem lesões ou furos nas folhas e cartuchos (Tabela 3).

Tabela 3 - Notas visuais das injúrias causadas por (*Spodoptera frugiperda*) em híbridos de milho

Híbrido	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
SHS7990 PRO2	4,77 a *	4,83 a *	5,23 a *
BM3063 PRO3	4,75 a	5,08 a	5,37 a
BM709 PRO2	4,40 a	4,73 a	5,08 a
B2688 PWU	0,10 b	0,00 b	0,00 b
B2782 PWU	0,00 b	0,00 b	0,00 b
B2401 PWU	0,00 b	0,00 b	0,00 b
FEROZ VIP3	0,00 b	0,00 b	0,00 b
K9960 VIP3	0,00 b	0,00 b	0,00 b
K9555 VIP3	0,00 b	0,00 b	0,00 b
P-valor	0,000	0,000	0,000
Erro padrão médio	0,431	0,454	0,486

* Notas médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%). Avaliações: primeira 53 (DAP), segunda 58 (DAP), terceira 65 (DAP)

Os híbridos contendo as tecnologias VTPRO2 e VTPRO3 com as proteínas Cry1A105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1 não foram resistentes à lagarta-do-cartucho, demonstrando a capacidade da lagarta de superar a resistência genética de híbridos que expressam mais de uma proteína Cry (FARIAS *et al.*, 2014). Ao avaliarem o controle da lagarta-do-cartucho em sete híbridos de milho, a saber: Convencional, Bt - Cry 1Ab, VTPro, VTPro 3, VTPro 2, Powercore e Viptera, Michelotto *et al.* (2016) obtiveram as notas de danos 7,0, 6,5, 4,0, 3,3, 3,0, 2,7 e 1,0, respectivamente. Isso demonstra que a proteína Cry1Ab, uma das proteínas expressas nos híbridos com tecnologia VIP3 avaliados no presente trabalho, não possui a eficiência de controle da lagarta-do-cartucho desejada comparado aos demais híbridos transgênicos (MICHELOTTO *et al.*, 2016).

No presente trabalho com híbridos testados nas condições de Unai (MG), resultados semelhantes aos obtidos por Michelotto *et al.* (2016) podem ser observados, pois as tecnologias Powercore e Viptera apresentam maior eficiência no controle da lagarta-do-cartucho. Também é possível comparar a eficiência das tecnologias Cry, onde os híbridos com lesões causadas pela lagarta (SHS7990 PRO2, BM709 PRO2 e BM3063 PRO3) expressam as proteínas Cry1A105 e Cry2Ab2 (híbridos VTPRO 2), e as proteínas Cry1A105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1 (híbrido VTPRO 3). Uma possível causa pode ser a

resistência da população de lagartas da área experimental às toxinas expressas pelas tecnologias VTPRO 2 e VTPRO 3.

Em contraste, as tecnologias PowerCore™ ULTRA e VIP 3, expressando as proteínas Cry1F + Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Vip3Aa20 e Cry1Ab + Vip3Aa20, respectivamente, demonstraram resistência à mesma população de *S. frugiperda*. Os híbridos resistentes à lagarta possuem a tecnologia Vip3Aa20 em comum entre eles, sendo efetivos no controle de lagartas, provavelmente representado pela maior piramidação ou acumulação de genes de resistência nestas linhagens.

Oderlei Bernard *et al.*, (2015) realizaram um estudo com o objetivo de estimar e monitorar a frequência de resistência à toxina Vip3Aa20 de *B. thuringiensis* em populações de *S. frugiperda*. Todas as populações foram coletadas em plantios comerciais de milho não *Bt*, em diferentes regiões do Brasil, e tratadas em laboratório até a fase adulta, onde foram condicionadas a uma alimentação com um material de milho transgênico Agrisure® Víptera™ que expressa a toxina Vip3Aa20. Os autores do trabalho utilizaram o método de bioensaios com a toxina Vip3Aa20 sobreposta em dieta artificial, avaliando a frequência inicial de alelos genotípicos para resistência à toxina Vip3Aa20 para *S. frugiperda*. Ao final, alelos de resistência foram detectados em uma família de lagartas coletadas em Rio Verde (GO), que apresentou oito larvas sobreviventes, aos sete dias. Quando transferido para folhas de Agrisure® Víptera™, apenas três larvas atingiram a fase adulta. Em contraste, em uma dieta sem toxina Vip3Aa20, a sobrevivência de lagartas foi próxima de 95%, mas quando transferida para folhas de Agrisure® Víptera™ não houve sobreviventes (ODERLEI BERNARD *et al.*, 2015).

Uma melhoria para os híbridos de milho é a piramidação de mais genes de resistência à lagarta. Segundo José Magid *et al.*, (2013), uma pesquisa foi realizada utilizando híbrido convencional e com o evento *Bt* piramidado expressando proteínas Cry1A.105 e Cry2Ab2, além do evento expressando apenas uma proteína Cry1A (b). Os pesquisadores observaram que o híbrido com evento piramidado apresentou os menores níveis de injúria em três locais estudados, sendo a nota média próxima a 1,0, equivalente à raspagem de folhas.

Quanto à análise da virose causada pelo MRFV, observou-se diferença entre alguns híbridos na primeira e terceira avaliação (Tabela 4). Na primeira, os genótipos K9555 VIP3, B2688 PWU e FERROZ VIP3 diferiram de BM3063 PRO3, SHS7990 PRO2 e K9960 VIP3, com índices de severidade (%) de aproximadamente 30, 27, 27, 14, 13 e 11, respectivamente. Esses seis genótipos foram iguais aos outros híbridos. Nessa

avaliação, os materiais BM3063 PRO3 e SHS7990 PRO2 apresentavam danos pela *S. frugiperda*, e acredita-se que com menor presença de cigarrinhas nessas plantas. O híbrido K9960 VIP3 embora iguais aos outros cinco genótipos, teve o menor valor de severidade, com 11,33%.

Tabela 4 - Índice de severidade (%) de *Maize rayado fino virus* em híbridos de milho

Híbrido	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação
K9555 VIP3	30,00 a *	20,50 a *	21,00 ab *
B2688 PWU	27,00 a	27,50 a	26,83 a
FEROZ VIP3	26,83 a	24,17 a	23,83 ab
B2401 PWU	22,83 ab	25,83 a	23,00 ab
BM709 PRO2	22,00 ab	16,83 a	20,17 ab
B2782 PWU	21,67 ab	20,50 a	19,83 ab
BM3063 PRO3	13,67 b	17,33 a	14,00 b
SHS7990 PRO2	13,00 b	14,00 a	12,50 b
K9960 VIP3	11,33 b	15,67 a	17,00 ab
P-valor	0,001	0,114 ns	0,008
Erro padrão médio	1,48	1,27	1,13

* Índices médios de severidade (%) da doença seguidos pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%). ^{ns} não-significativo

Avaliações: primeira 53 (DAP), segunda 58 (DAP), terceira 65 (DAP)

Na terceira avaliação, o híbrido B2688 PWU teve o maior índice de severidade dos sintomas (26,83%), diferente dos híbridos BM3063 PRO3 (14,00%) e SHS7990 PRO2 (12,50%), com os menores índices de severidade. Esses três híbridos foram iguais aos demais utilizados no experimento. O híbrido K9960 VIP3 acompanhou estatisticamente o BM3063 PRO3 e SHS7990 PRO2, com 17% de severidade (Tabela 4). Esse vírus é transmitido pela cigarrinha *D. maidis*, e como existe uma provável competição na folha do milho entre a cigarrinha e a lagarta *S. frugiperda*, uma justificativa para o menor índice da severidade da virose nos híbridos PRO2 e PRO3 é a presença da lagarta nesses híbridos.

De modo geral, esses nove híbridos não apresentaram uma resistência desejável ao MRFV. Os genótipos Ki11, INIAP-180 e Oh1V1 se destacaram-se como resistentes por apresentarem índice de severidade menor que 2,8, além dos outros genótipos como o CML287, CML459, Cuba e Saint Croix livres de sintomas dessa virose (ZAMBRANO *et al.*, 2013). Nesse mesmo trabalho, a herança da resistência no genótipo

Oh1V1 foi estudada, considerando como resistente as plantas livres de sintomas. Foram identificadas duas proporções de plantas resistentes: suscetíveis, sendo 3:1 (resistência monogênica dominante) e 13:3 (dois genes de resistência, um dominante e outro recessivo) (ZAMBRANO *et al.*, 2013). O mapeamento genético mostrou que a resistência em Oh1V1 e Ki11 está localizada no cromossomo 10 desses genótipos, explicando 23% da variação fenotípica (ZAMBRANO *et al.*, 2014).

Portanto, o monitoramento da população de cigarrinhas deve ser realizado nos plantios de milho e a aplicação de inseticidas pode ser necessária para controlar o vetor do MRFV, auxiliando no manejo integrado dessa virose. O presente trabalho reforça a importância de avaliações de pragas e doenças a nível de campo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lagarta *S. frugiperda* foi efetivamente controlada pelos híbridos transgênicos B2688 PWU, B2782 PWU, B2401 PWU, FERROZ VIP3, K9960 VIP3 e K9555 VIP3.

Os híbridos não tiveram nível de resistência desejável ao MRFV, no entanto, os menores índices de severidade foram identificados em BM3063 PRO3 e SHS7990 PRO2.

7 REFERÊNCIAS

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 6, p. 996- 1001, 2010.

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

BERTACCINI, A. Identificação, taxonomia e comportamento biológico de fitoplasmas. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 215-223.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. *Melhoramento de plantas*. 6. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523 p.

BRAVO, A.; GILL, S.S.; SOBERÓN, M. *Bacillus thuringiensis* mechanisms and use in: comprehensive molecular insect science. Amsterdam: elsevier BV, 2005 p. 175-206.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Milho/Cepea: Menor oferta mantém preços em alta. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>. Acesso em: 14, fevereiro de 2022.

CEPEA_MENSURAÇÃOECONÔMICA DA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS NO BRASIL: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão parte 1 maio 2019: Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>: Acesso em: 09 fev. 2022

COELHO, A. M.; LANDAU, E. C.; SABATO, E. O. Época de semeadura do milho e incidência de doenças causadas por mollicutes. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.). Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 199-213.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Análise mensal, Milho – janeiro de 2022. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29, janeiro de 2022.

COSTA, R. V. da; COSTA, L.V.; SILVA, D.D. Doenças. In: CRUZ, J.C. (Ed.). Cultivo de Milho. 8. Ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa milho e Sorgo – Sistema de produção,2).

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Pragas: pragas da fase vegetativa e reprodutiva. CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A BORGHI, E.; SIMÃO, E.P. Quatrocentos e Setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2015/2016. Sete lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p. (Documento Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277;184)

CTNBIO – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Tabela de Plantas Aprovadas para comercialização. Disponível em: http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/SqhWdohU4BvU/view/1684467;jsessionid=2EDD3DC75D56C190497322F4C6DD3210.columba#/liberacao-comercial/consultar-processo. Acesso em: 10 fevereiro 2022.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992. 9p. (Technical Bulletin, 186).

EMBRAPA MILHO E SORGO Noticias produção vegetal. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/38672729/lagartas-do-cartucho-resistentes-transferem-proteina-bt-para-seus-descendentes>. Acesso em: 29 nov. 2021.

Emygdio BM, Rosa APS, Teixeira MCC (2013) Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2013/14 e 2014/15. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 124p.

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

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

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; NETO, A. F.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; CLARICE G. B.; DEMÉTRIO, C. G. B. 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, Sete Lagoas*, v.2, n.2, p.25-35, 2003.

FRANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 24 v. 1. 360p., 2004.

JACKSON, R.E.; MARCUS, M.A.; GOULD, F.; BRADLEY JUNIOR, J.R.; VANDUYN, J.W. Cross-resistance responses of CryIac-selected *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* protein VIP3A. **Journal of Economic Entomology**, n. 100, p. 180-186, 2007.

José Magid Waquil et al., Manejo de pragas de lepidópteros na cultura do milho utilizando o Bt evento piramidal Cry1A.105 e Cry2Ab2. *Pesquisa. Agropecuária. Brasília*, v.48, n.12, p.1529-1537, dez. 2013

Leon P, Gamez R (1981) Algumas propriedades físico-químicas de Vírus rayado fino do milho. *J Gen Virol* 56: 67–75 Louie R, Jones MW, Anderson RJ, Redinbaugh MG (2002).

LOURENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. D. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: TECNOLOGIA e produção: milho safrinha e culturas de inverno 2009. 5. ed. Maracaju: Fundação MS, 2009. 120 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.html. Acesso em fev. 2022.

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.

MENESES, A. R.; QUERINO, R. B.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, A. H. N.; SILVA, P. R. R. Seasonal and vertical distributive of *Dalbulus maidis* (hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. *Florida Entomologist*, v. 99, n. 4, p. 750-754, 2016.

MICHELOTTO, M. D.; DUARTE, A. P.; CROSARIOL NETTO, J.; SILVA, L. C. R.; MARTINS, A. L. M.; FREITAAS, R. S., Eficiência de diferentes eventos transgênicos no controle da lagarta-docartucho em milho. XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, Pindorama, 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.

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.

NAKANO, O. Entomologia econômica. Piracicaba: ESALQ/USP, 2011. 464 p.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; QUERINO, R. B. Técnicas de criação da cigarrinha-do-milho para estudos de transmissão e de controle biológico. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Ed.): insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p.155-179.

ODERLEI BERNARDI et al. **Frequência de resistência à toxina Vip3Aa20 de *Bacillus thuringiensis* dentro *Spodoptera frugiperda*** (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil, (2015). Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/crop-protection>. Acesso em: 09 fevereiro 2022.

OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. Estratégias de manejo de *Dalbulus maidis*, para controle de enfezamentos e virose na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e**

OLIVEIRA, C. M.; SILVA, R. Q. B. da; FRIZZAS, M. R. Cigarrinhas na cultura do milho no Brasil. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Org.). Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 71-96.

OLIVEIRA, E. de; TERNES, S.; VILAMIU, R.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. Abundance of the insect vector of two diferente mollicutesplant pathogens in the vegetative maize cycle. *Phytopathogenic Mollicutes*, New Delhi, v. 5, S117-S118, 2015.

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.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, Göttingen, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PURCINO, A. C.; WAQUI, J.M.; CRUZ, J.C.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; MENDES, S.M.; Milho Bt: Vantagens para a cadeia produtiva e a viabilidade da coexistência. **Grão em Grão**, Sete Lagoas, MG, v. 3, n. 15, 2009. Disponível em. <[Http://www.cnpms.Embrapa.br/grão/15_edicao_em_grao_artigo_01.htm](http://www.cnpms.Embrapa.br/grão/15_edicao_em_grao_artigo_01.htm)>. Acesso em 20 nov. 2021.

ROSA, A. P. S. A. Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 2 p. Folder.

SABATO, E. O.; TEIXEIRA, F. F. Circular Técnica 210: processos para avaliação da resistência genética de genótipos de milho aos enfezamentos causados por mollicutes. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. 8 p.

SILVA, D. D.; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: MEDEIROS, F. H. V.; PEDROSO, L. A.; GUIMARÃES, M. R. F.; SILVA, B. A. A. S.; ALMEIDA, L. G. F.; SILVA, F. J.; SILVA, R. L. M.; FERREIRA, L. C.; PEREIRA, A. K. M.; COUTO, T. B. R.; GOMES, V. A.; MEDEIROS, R. M.; VEIGA, C. M. O.; SILVA, M. F.; FIGUEIREDO, Y. F.; GATTI, G. V. N.; NICOLLI, C. P. (Ed.). Novos sistemas de produção. Lavras: Universidade Federal de Lavras, cap. 4, p. 32-52, 2017.

Sorgo no Brasil: livro de palestras. 32. ed. Lavras: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. Cap. 25. p. 749-778, 2018.

SOUSA, F. F.; MENDES, S. M.; SANTOS-AMAYA, O. F.; ARAÚJO, O. G.; OLIVEIRA, E. E.; PEREIRA, E. J. Life-history traits of *Spodoptera frugiperda* populations exposed to low-dose Bt maize. *PloS One*, v. 11, n. 5, e0156608, 2016.

TEODORO, A. V.; PROCÓPIO, S. O.; BUENO, A. F.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; CARVALHO, H. W. L.; BARBOSA NEGRISOLI, C. R. C.; BRITO, L. F.; GUZZO, E. C. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): novas pragas de cultivos da região Nordeste. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 131).

ZAMBRANO, J. L., FRANCIS, D. M., AND REDINBAUGH, M. G. 2013. Identification of resistance to *Maize rayado fino virus* in maize inbred lines. *Plant Disease*. 97:1418-1423.

ZAMBRANO, J.L., JONES, M.W., FRANCIS, D.M., TOMAS, A., REDINBAUGH, M.G. Quantitative trait loci for resistance to *Maize rayado fino virus*. *Mol Breeding*, 34: 989-996, 2014.