



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE IPAMERI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A LAGARTA DO
CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE)**

LÍGIA ALVES DE PAIVA

Ipameri-GO
2015

**M
E
S
T
R
A
D
O**

LÍGIA ALVES DE PAIVA

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A LAGARTA DO
CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE)**

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-GO

2015

Paiva, Lígia Alves de.

Resistência de genótipos de milho à lagarta do cartucho *Spodoptera*
Frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) - 2015. 79 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Unidade
Universitária de Ipameri, 2015.

Bibliografia: 1. Produção Vegetal. 2. Agronomia. 3. Ueg. I. Título.



Unidade Universitária de Ipameri
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal
Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, 75780-000 Ipameri-GO
www.ppgpv.ueg.br e-mail: ppgpv.ipameri@gmail.com
Fone: (64)3491-5219



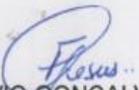
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

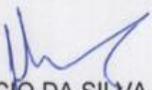
TÍTULO: “RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO À LAGARTA DO
CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)”

AUTORA: Lígia Alves de Paiva

ORIENTADOR: Flávio Gonçalves de Jesus

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM
PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO


Prof. Dr. MÁRCIO DA SILVA ARAÚJO
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO


Prof. Dr. PAULO CÉSAR RIBEIRO DA CUNHA
Instituto Federal Goiano/Urutaí-GO

Data da realização: 30 de junho de 2015.

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a **Deus**, que me proporcionou a realização de mais um sonho. Protegeu-me nas estradas e sempre que me senti fraca e desmotivada, mostrou-me o caminho da fé e da perseverança...

Aos meus pais **Dorismar** e **Marlene**, que são meus maiores exemplos de amor, honestidade e trabalho. E que jamais mediram esforços para que eu me tornasse uma boa profissional...
Minha eterna gratidão a vocês!

Ao meu querido marido e amigo **Paulo Sérgio**, que sempre esteve ao meu lado durante toda jornada acadêmica. Pela paciência nos dias mais difíceis, confiança, força, amor e por encher minha vida de alegria. Sem você nada teria sentido... Obrigada por acreditar que tudo que busco é para nossa felicidade.

Agradecimento em especial...

Ao meu orientador **Dr. Flávio Gonçalves de Jesus**. Pela compreensão, ensinamentos e paciência nos inúmeros momentos de dificuldades. Pessoa iluminada que motiva e contribui com todos que estão em sua volta. Obrigada pela amizade e por acreditar em meus esforços.

*“Nunca reze suplicando por cargas mais leves,
e sim por ombros mais fortes.”
Phillips Brooks.*

Agradecimentos

À Deus, meu grande Mestre, minha fonte de sabedoria, fortaleza e fé.

Ao corpo docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG-Ipameri) e ao Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade e por contribuírem na minha formação acadêmica. A todos os funcionários da Universidade, em especial a secretária Cidinha, por ser gentil e nos atender sempre com boa vontade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo no decorrer do curso.

A todos os colegas do mestrado e em especial a Camila, Fabrício, Alan kênio, Paulo Henrique, Rafael Benetti, Willany, Hellen e Fenelon que ao longo desses anos, tornaram grandes amigos, onde superamos todas as dificuldades, sofremos juntos, mas aprendemos muito e hoje compartilho a minha felicidade com vocês.

Ao Instituto Federal Goiano (Campus Urutaí) e Laboratório de Entomologia Agrícola, que proporcionaram a execução de toda a pesquisa, fornecendo materiais e área de implantação. E aos professores desta Instituição por ajudarem sempre que foi preciso.

A toda equipe do Laboratório de Entomologia, em especial a Fernanda, Alexandre, Tony, Franciele, Cinthia, Ana Paula, Jean e André, sem vocês não seria possível colher tantos resultados. Quando me lembro de tudo que passamos, me sinto aliviada e ao mesmo tempo com saudades, foram meses de dedicação, natal, ano novo, carnaval e tantas outras datas que vocês e as lagartas foram minhas melhores companhias! Essa vitória é nossa! Não poderia ter sido melhor...equipe unida pela entomologia!!!

A toda minha família que sempre acreditaram e se orgulharam do meu esforço. Pelas orações, velas queimadas, abraços de conforto, palavras de otimismo e amor. E em especial meus pais, Dorismar e Marlene, meu marido Paulo Sérgio e meu irmão Junim que contribuíram nas horas vagas, ajudando na implantação dos experimentos, e nos serviços mais pesados, vocês estavam presentes.

A todos os amigos que incentivaram meu retorno aos estudos. Pelo apoio, carinho, encorajamento e por tantas vezes terem suportado minha ausência para que eu pudesse concluir esse trabalho. E a todos aqueles que, em algum momento, contribuíram para a minha formação acadêmica.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT GERAL	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 A cultura do milho	1
1.2 Aspectos biológicos, morfológicos e importância de <i>Spodoptera frugiperda</i>	2
1.3 Resistência de plantas no controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
1.4 Plantas geneticamente modificadas resistentes a <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
1.5 Interação de plantas resistentes e controle biológico no MIP <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
CAPÍTULO 1 – RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO À LAGARTA DO CARTUCHO <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Genótipos de milho utilizados nos experimentos.....	18
3.2 Experimentos em condições de laboratório	18
3.2.1 Antibiose em <i>Spodoptera frugiperda</i> por genótipos de milho	20
3.2.2 Teste de não preferência para alimentação com chance de escolha.....	20
3.2.3 Teste de não preferência para alimentação sem chance de escolha	21
3.3 Experimentos em condições de campo.....	21
3.4 Análises estatísticas.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Aspectos biológicos de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com diferentes genótipos de milho	24
4.2 Teste de não preferência para alimentação com chance de escolha.....	26
4.3 Teste de não preferência para alimentação sem chance de escolha	28
4.4 Experimentos em condições de campo.....	30
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

CAPÍTULO 2 – INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS RESISTENTES DE MILHO E PARASITÓIDE NO CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).....	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO	44
2. OBJETIVOS.....	46
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.1 Criação <i>Trichogramma pretiosum</i>	47
3.2 Experimento de campo	48
3.2 Análises estatísticas	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5. CONCLUSÕES	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
2. CONCLUSÕES GERAIS	63
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

RESUMO GERAL

Dentre os fatores que contribuem para a redução da produtividade das lavouras de milho está a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) que danifica as plantas em todo ciclo fenológico. O objetivo deste trabalho foi avaliar mecanismos de resistência em genótipos de milho e a interação tritrófica com o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Adotaram-se os genótipos de milho (híbridos transgênicos: 30A91 PW, 20A78 HX, Impacto VIP 3, 20A55 HX, NS90 PRO2, Maximus VIP 3, BX 1293YG, RB 9004 PRO, Feroz VIP 3, LG 6036 PW e P3862 HX, híbrido convencional: AG 1051e BM 3061 e a variedade: AL Bandeirante). Para a condução dos experimentos adotaram os delineamentos experimentais em blocos casualizados (DBC) e inteiramente casualizados (DIC). Para o experimento da interação dos genótipos de milho com o parasitóide o experimento foi arranjado em parcelas sub-subdivididas. Avaliou-se a antibiose, atratividade e não preferência nos experimentos de mecanismo de resistência e número e dano de lagartas e parâmetros de produtividade nos experimentos de campo e interação com o parasitoide *T. pretiosum*. Os genótipos transgênicos 20A55 HX, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX e BR 9004 PRO possuem resistência moderada a *S. frugiperda*. Os genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante são altamente suscetíveis a *S. frugiperda* e o genótipo transgênico BX 1293 YG é suscetível a *S. frugiperda*. No experimento de campo as menores infestações foram em NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO, apresentando alto grau de resistência a *S. frugiperda*. O híbrido Herculex P3862 obteve infestação de lagartas e plantas danificadas semelhantes ao híbrido convencional BM 3061. O menor dano nas espigas foi no genótipo Impacto VIP 3. O genótipo Impacto VIP 3 foi o mais produtivo. O parasitoide de ovo *Trichogramma pretiosum* é uma alternativa eficaz no controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda*.

Palavras-chave: *Zea mays*; Resistência de plantas a insetos; Controle biológico; Interação tritrófica; Bt; MIP.

GENERAL ABSTRACT

Among the factors that contribute to reduced productivity of corn crops is the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) that cause damages in the plants in all phenological cycle. The objective this work was to evaluate the resistance mechanism of resistance in corn genotypes and the tritrophic interaction with egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Were adopted the corn genotypes (transgenic hybrid: 30A91 PW, 20A78 HX, Impacto VIP 3, 20A55 HX, NS90 PRO2, Maximus VIP 3, BX 1293YG, RB 9004 PRO, Feroz VIP 3, LG 6036 PW e P3862 HX, conventional hybrid: AG 1051e BM 3061 and the variety: AL Bandeirante). The experimental design adopted were randomized block and completely randomized. For the interaction between corn genotypes and parasitoid the experimental eschem adopted was in sub-subdivided splot design. We evaluated the antibiosis, attractiveness and no preference in the mechanism of resistance experiments and number and damage of fall armyworm and yield parameters in field experiments and interaction with the parasitoid *T. pretiosum*. The transgenic genotypes 20A55 HX, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX e BR 9004 PRO have moderate resitance to *S. frugiperda*. The conventional genotypes AG 1051 and AL Bandeirante are highly susceptible to *S. frugiperda* and transgenic genotype BX 1293 YG is susceptible to *S. frugiperda*. In the field experiment the less infestation were in NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO showing hight degree of resistance to *S. frugiperda*. The hybrid Herculex P3862 obtained fall warmworm infestation and damaged plants similar to conventional hybrid BM 3061. The less ear damage was on the Impacto VIP 3 genotype. The genotype Impacto VIP 3 was the most yield. The egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* is an effective alternative in the control of *Spodoptera frugiperda*.

Key-words: *Zea mays*; Plant resistance to insects; Biological control; Tritrophic interaction; Interação tritrofica; Bt; MIP.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 A cultura do milho

O milho é uma gramínea pertencente à família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Provavelmente originário das Américas, sendo domesticado pelos povos da América Central. É descendente do teosinto que é uma planta com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir grãos férteis (PATERNIANI e CAMPOS, 1999).

Possui ampla variabilidade genética sendo identificadas atualmente cerca de 300 raças, inúmeras variedades e híbridos. As plantas são adaptadas às diferentes condições climáticas, latitude, características agronômicas, tamanho e composição química de grãos, tipo de endosperma e qualidade das proteínas (PATERNIANI et al., 2000).

O milho é um cereal com grande importância econômica e social, sendo cultivado em praticamente todas as regiões agrícolas do mundo, e utilizado na alimentação humana, animal e recentemente, como fonte de biocombustível (GARCIA et al., 2006).

Para a safra mundial de milho 2014/15, o United States Department of Agriculture (USDA) prevê uma produção global de 988,1 milhões de toneladas, superando em cerca de 400 milhões toneladas o volume colhido em 2013/14 (FIESP, 2015).

No Brasil, a cultura do milho é explorada na maioria das áreas agrícolas, desde pequenas propriedades, com emprego de baixa tecnologia e caráter de subsistência, até grandes áreas, com uso de alta tecnologia e com elevada produtividade (SILOTO, 2002).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), a cultura do milho no Brasil, ocupa o segundo lugar em área e produção de grãos, superada apenas pela cultura da soja. A produção total (1º e 2º Safra) 2014/15 está estimada em 79.051,7 milhões de toneladas, com a área utilizada no plantio de 15.361,1 milhões de hectares e produtividade média de 5.146 Kg há⁻¹ de grãos. O Brasil é o terceiro maior produtor deste grão, sendo primeiro os Estados Unidos e seguido pela China (FIESP, 2015).

No ano agrícola de 2014/15, os Estados brasileiros que apresentaram as maiores produções em suas respectivas áreas cultivadas com milho foram: Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás, destacando-se este último com produção total estimada em 7.696,3 milhões de toneladas (1º e 2º safra), e com produtividade média de 6.579 kg há⁻¹ de grãos, sendo a terceira maior do País (CONAB, 2015).

É uma planta de ciclo vegetativo variado, desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência até aqueles com ciclo alcançando 300 dias (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

O conhecimento detalhado da fenologia do milho e como cada estágio interfere no rendimento final da lavoura é de fundamental importância para que se possa manejar a cultura da forma adequada e, assim, buscar elevada produtividade de grãos (VARGAS et al., 2006).

Os estágios fenológicos da cultura são compreendidos por cinco diferentes etapas de desenvolvimento, sendo estes: a germinação e emergência (período compreendido da sementeira até o aparecimento da plântula de milho), crescimento vegetativo (emissão da segunda folha definitiva até o início do florescimento), florescimento (período entre a polinização e início da frutificação de milho), frutificação (etapa entre fecundação até enchimento de grãos) e a maturação (período compreendido entre o fim da frutificação e a maturação fisiológica) (VARGAS et al., 2006).

Dentre os fatores bióticos que podem afetar o desenvolvimento das plantas de milho, limitando a produtividade e qualidade dos grãos, estão os insetos-pragas, que causam injúrias nas plantas, desde a emergência até a maturação fisiológica, com destaque para a lagarta *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) que danifica esta cultura nas fases vegetativa e reprodutiva.

1.2 Aspectos biológicos, morfológicos e importância de *Spodoptera frugiperda*

As espécies do gênero *Spodoptera* são amplamente distribuídas no mundo e das trinta espécies descritas, metade é considerada praga das principais culturas de importância agrícola (POGUE, 2002). Dentre elas, *S. frugiperda* é considerada praga importante de plantas da família Poaceae, como milho, arroz, trigo, entre outras (CRUZ, 1995; BUSATO et al., 2002; CAPINERA, 2008).

Nas regiões subtropicais e tropicais *S. frugiperda*, destaca-se como a principal praga na cultura do milho (JUÁREZ et al., 2012). No estágio larval é conhecida como lagarta-do-cartucho (GIOLO et al., 2002) e lagarta-militar (FRITZ et al., 2008). A lagarta *S. frugiperda* é um inseto holometabólico, que durante seu ciclo biológico passa por quatro fases distintas: ovo, lagarta (larva), pupa e adulto (LUGINBILL, 1928).

A cópula ocorre à noite e cada mariposa pode ovipositar mais de 2000 ovos por postura (PINTO et al., 2004; CRUZ et al., 2008). Os ovos geralmente são acinzentados e protegidos por escamas deixadas pelas fêmeas (PINTO et al., 2004; CRUZ et al., 2008), são

depositados em grupos, geralmente em duas camadas, sendo observado no máximo 13 posturas por fêmea (CRUZ, 1995). A duração dessa fase é de aproximadamente três dias à temperatura de 25° C (CRUZ, 1995). Busato et al. (2004), verificaram duração mínima da fase de pré-oviposição de 2,7 dias em arroz e duração máxima de 3,8 dias em milho.

Após a eclosão, as lagartas pequenas passam por um período de repouso de duas a dez horas, alimentando-se primeiramente do córion dos ovos (VIANA e POTENZA, 2000). A seguir, caminha para a região do cartucho e inicia sua alimentação raspando as folhas mais novas da planta. Nesta fase de raspagem, a lagarta se alimenta de apenas um lado da folha, característica típica desta espécie (PINTO et al., 2004).

Na fase larval ocorrem seis ínstaes e a duração de cada ínstar depende da temperatura, que quanto maior, menor será o período larval (CRUZ, 1995). A lagarta passa a fazer orifícios na folha, chegando a destruir o cartucho. Bem desenvolvida, a lagarta chega a ter cerca de 50 mm de comprimento, sendo a duração do período larval de 12 a 30 dias (PINTO et al., 2004), com coloração variável de pardo escura até quase preta e com o Y invertido na parte frontal da cabeça (CRUZ et al., 1983). Rosa et al. (2012) ressaltaram que em linhagens de milho a duração da fase larval de *S. frugiperda* variou de 10,7 a 21,7 dias, sendo que nas linhagens M89374 e M89287 apresentaram durações significativamente maiores que as demais. Nesse referido trabalho a viabilidade das lagartas variou de 11,0 a 46,0%.

Devido ao hábito de canibalismo é comum encontrar uma lagarta desenvolvida por cartucho, mas pode ser observadas lagartas em diferentes ínstaes numa mesma planta, separadas pelas lâminas das folhas (GALLO et al., 2002).

Ao fim do período larval, as lagartas penetram no solo e passam por um período denominado pré-pupa, construindo uma câmara, com teia e partículas de solo, para se protegerem (PINTO et al., 2004), e em seguida, transformam-se em pupas de coloração avermelhada, medindo em média 15 mm de comprimento. O período pupal pode variar de 8 dias no verão a 25 dias no inverno (GALLO et al., 2002). Busato et al. (2004) verificaram que *S. frugiperda* apresenta no estágio de pré-pupa, a duração média variando entre 1,2 e 1,5 dias, e Cunha et al. (2008) observaram viabilidade de pupas entre 49,9 a 91,4%.

O adulto é uma mariposa com 35 mm de envergadura, apresentando coloração pardo-escura nas asas anteriores e branco acinzentada nas asas posteriores (CRUZ et al., 1983). A diferença entre machos e fêmeas está na coloração do primeiro par de asas, sendo este mais escuro e com manchas no macho e, parda com cor de palha, na fêmea (ZENKER et al., 2007).

Durante o dia, a mariposa pode ser encontrada próxima ao solo ou nas folhas do cartucho do milho. A partir do terceiro ou quarto dia, após a emergência da fêmea, inicia-se a

oviposição. A longevidade do adulto é cerca de 10 dias. O ciclo completo de desenvolvimento do inseto de ovo a adulto, dura aproximadamente 30 dias no verão podendo chegar até 50 dias nos períodos frios (CRUZ, 1995). Rosa et al. (2012) verificaram que o ciclo biológico completo de *S. frugiperda* variou de 21,3 a 45,7 dias, estas alimentadas com diferentes genótipos de milho.

O número de gerações que ocorrem durante o ano esta diretamente relacionada com a latitude do habitat. Nas regiões onde o inseto tem condições de sobreviver o ano todo podem ter seis ou mais gerações da praga (CRUZ, 1995).

O ataque pode ocorrer em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, ocorrendo desde a emergência do milho até o pendramento e espigamento, quando propicia a entrada de patógenos e umidade, determinando o apodrecimento das espigas (ÁVILA et al., 1997).

No Brasil, pode-se encontrar este inseto em todas as regiões, isso se deve à grande disponibilidade e diversidade de alimento, provocando reduções na produtividade do milho que variam de 15 a 34% (CRUZ, 1995), podendo atingir 60% de danos, dependendo do cultivar e época do dano (CRUZ et al., 2008).

O plantio em áreas próximas de diferentes culturas com fenologias distintas, como soja, milho e algodão cultivados no verão, além de plantas de cobertura na entressafra, como milheto, pode favorecer a ocorrência de *S. frugiperda* entre os cultivos (NAGOSHI, 2009).

Seus surtos têm ocasionado perdas significativas em outras culturas como algodão, soja e solanáceas (LATORRE, 1990; CAPINERA, 2002; POGUE, 2002; BASTOS e TORRES, 2004), além de utilizar hospedeiros alternativos para completar o ciclo biológico.

1.3 Resistência de plantas no controle de *Spodoptera frugiperda*

Planta resistente é uma tática de controle dentro do manejo integrado de pragas (MIP) e tem por definição como uma planta que devido à sua constituição genética é menos infestada ou danificada por inseto do que outra em igualdade de condições (LARA, 1991). É considerado um método ideal dentro do MIP por reduzir a densidade populacional das pragas abaixo do nível de dano econômico, sem custos adicionais ao agricultor e ser compatível com outros métodos de controle de pragas (LARA, 1991; EIGENBRODE e TRUMBLE, 1994).

O fenômeno da resistência que ocorre no campo, de acordo com Painter (1951), pode ser atribuído a três tipos inter-relacionados: a) não-preferência: planta que é menos utilizada por um inseto para oviposição, alimentação ou para refúgio, ou uma combinação das três; b) antibiose: são os efeitos adversos a uma ou mais fases do ciclo de vida do inseto que ocorrem

quando este utiliza uma determinada planta para sua alimentação. Os efeitos negativos podem ser na viabilidade ou alongamento da fase larval, da fase pupal, redução na fecundidade, menor tamanho e peso e incremento na mortalidade, entre outros; c) tolerância: é quando a planta demonstra capacidade para crescer e reproduzir ou para reparar em certa medida os danos, apesar de estar submetida a uma população de insetos aproximadamente igual àquela que causaria danos a um hospedeiro suscetível.

O uso de variedades resistentes é um método de controle que pode potencialmente diminuir as perdas causadas por *S. frugiperda*, e tanto a antibiose quanto a não-preferência são mecanismos de resistência encontrados em germoplasmas de milho (SILVEIRA et al., 1990). Neste contexto, a resistência de plantas a insetos é alternativa de controle no Manejo Integrado de *S. frugiperda* na cultura do milho (LARA, 1991), reduzindo e minimizando os efeitos adversos de produtos químicos no meio ambiente e podendo ser utilizada com outras táticas de controle (MELO e SILVA, 1987; LARA, 1991; SILOTO et al., 2002).

Em genótipos de milho já foram encontrados os três tipos de resistência à lagarta-do-cartucho, apresentando em diferentes combinações em cada material (WISEMAN e DAVIS, 1990). Os genótipos do grupo Antigua são destacados com resistência múltipla a várias espécies de lepidópteros praga desta cultura (VIANA e GAMA, 1988).

Viana e Potenza (2000) estudaram o mecanismos de resistência, não-preferência e antibiose, em genótipos de milho a *S. frugiperda* e constataram que, CMS 14C apresentou o tipo antibiose influenciando negativamente na biologia da praga. CMS 24 e CMS 23 apresentaram também esse mecanismo, porém em menor intensidade. Foi constatada não-preferência para alimentação as lagartas para Zapalote Chico e BR 201, e não preferência para oviposição em CMS 14C e Zapalote Chico.

Nos EUA e no México, variedades de milho têm sido identificadas como portadores de genes para resistência à *S. frugiperda* (SILVEIRA et al., 1997). Segundo Wiseman e Davis (1990), um total de 31 cultivares de milho foram registrados e disponibilizados para uso público no sudeste dos Estados Unidos, sendo 12 resistentes a *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), 10 resistentes a *S. frugiperda* e 9 resistentes a *Diatraea grandiosella* (Lepidoptera: Crambidae). De acordo com Videla et al. (1992), estes materiais foram testados em condições de campo, identificando sua capacidade de diminuir o peso e a viabilidade de lagartas de *S. frugiperda*.

Abel et al. (2000) avaliaram linhagens de milho proveniente do retro-cruzamento de acessos de milho do Peru, resistentes a *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Foram testados 15 linhagens, avaliando-se a resistência das mesmas a quatro importantes pragas do

milho, *H. zea*, *S. frugiperda*, *D. grandiosella* e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Os autores encontraram nas linhagens 100-R-3 e 116-B-10 o mesmo nível de resistência a *S. frugiperda* observado na testemunha resistente FAWCC-C5.

Viana et al. (2002) estudaram a ocorrência de antibiose em 51 genótipos de milho selecionados a partir de dois alelos (CMS23 e MIRT). Dos cruzamentos dialélicos entre as linhagens dessas populações, alguns dos genótipos afetaram negativamente a biologia de *S. frugiperda*, tanto do grupo CMS23 quanto do grupo MIRT.

O consumo de *S. frugiperda* foi maior na cultivar de milho P32R21 em relação a cultivar de sorgo P8419. A cultivar de milho P30F33 foi mais preferida por *S. frugiperda* em relação a cultivar de sorgo P8419 com tanino, apresentando o mecanismo de resistência do tipo não preferência para alimentação. A cultivar de sorgo P8419 apresentou resistência do tipo antibiose a *S. frugiperda* em relação a cultivar de milho P32R21, por proporcionar pupas com menor peso (COSTA et al., 2006).

Lima et al. (2006) verificaram que a variável consumo foliar por lagartas de *S. frugiperda* serviu apenas para indicar que a resistência observada é do tipo antibiose, visto que os acessos mais consumidos (AM 013, RO 009 e MA 002) foram aqueles que proporcionaram as menores viabilidades de lagartas.

A variedade de milho crioula BR da Várzea e o híbrido duplo SHS 4080 mostraram-se mais resistentes ao ataque de *S. frugiperda* em relação aos demais materiais testados, independente do sistema tecnológico de cultivo (ARAÚJO et al., 2013)

Antibiose e não preferência são os mecanismos de resistência observados em genótipos de milho à *S. frugiperda* (VIANA e POTENZA, 1992; DAVIS e WILLIAMS, 1997) e a principal causa da resistência tem sido o conteúdo de hemicelulose presente nestes genótipos (HEDIN et al., 1996; WILLIAMS et al., 1998).

1.4 Plantas geneticamente modificadas resistentes a *Spodoptera frugiperda*

Com o avanço da biotecnologia, foram desenvolvidas plantas geneticamente modificadas com introdução do gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) em plantas de milho (FERNANDES et al., 2003). Foi introgridido um dos genes Cry nas plantas, dando origem a uma série de híbridos de milho geneticamente modificados que conferem de moderado a alto grau de resistência da planta a algumas espécies de lepidópteros-praga (ARMSTRONG et al., 1995).

O modo de ação dessas toxinas Cry envolve a ligação aos receptores na membrana das células do intestino médio dos insetos suscetíveis, seguido pela formação dos poros, ruptura do epitélio do intestino médio, suspensão da alimentação e morte (BRAVO et al., 2007).

Estas plantas geneticamente modificadas são consideradas uma tática adicional no controle em programas de MIP na cultura do milho (MARTINELLI e OMOTO, 2005). Entre as principais espécies de insetos que causam danos à cultura do milho, e que podem ser controladas através da utilização do milho *Bt*, destacam-se os lepidópteros, lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae), lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, lagarta-da-espiga, *H. zea*, lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) e broca-da-cana-de-açúcar, *D. saccharalis*.

Dentre os benefícios atribuídos ao cultivo do milho *Bt*, podem citar: a redução das perdas e contaminação dos grãos com micotoxinas, redução da aplicação de inseticidas e consequentemente, uma menor exposição do trabalhador e ambiente a esses produtos e maior facilidade de execução nos tratos culturais (LEITE et al., 2011).

As larvas recém-eclodidas da lagarta-do-cartucho foram suscetíveis à toxina do *Bt* Cry 1A(b), presente nas folhas dos diferentes híbridos avaliados, e a sobrevivência de larvas, 48 horas após a eclosão, alimentadas em milho *Bt*, foi significativamente menor do que a observada nos respectivos isogênicos não *Bt* (MENDES et al., 2011). Foi observado por esses mesmos autores que as larvas recém-eclodidas apresentaram resistência do tipo não preferência para alimentação em milho *Bt*, com menor biomassa de larvas e pupas quando comparadas a larvas desenvolvidas em milho convencional.

As toxinas *Bt* são deterrentes para as larvas de lepidópteros, e essas larvas podem evitar plantas com toxinas quando existem áreas de refúgio próximas. Contudo, os primeiros instares das larvas são mais sensíveis aos efeitos da toxina, o que reduz a migração de larvas do milho *Bt* para o não *Bt* (DUTTON et al., 2005).

O cultivo do milho *Bt* de forma inadequada, com a não observação das regras de refúgio e a ausência de monitoramento de pragas pode levar à evolução de indivíduos resistentes a esta proteína como relatado em Costa Rica (LEITE et al., 2011). Mais recentemente, resistência a culturas *Bt*, em campo, resultando em falhas de controle, foi relatada em *Brusseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae), ao milho expressando Cry1Ab na África do Sul (VAN RENSBURG, 2007), e em *S. frugiperda* ao milho expressando Cry1F em Porto Rico (MATTEN et al., 2008).

Waquil et al. (2002) estudaram a eficiência de híbridos de milho geneticamente modificado com expressão das toxinas Cry 1A(b), Cry 1A(c), Cry 9C, Cry 1F. Esses autores

observaram diferentes níveis de resistência dos híbridos a *S. frugiperda*, e os que expressavam as toxinas Cry 1F, Cry 1A(b), Cry 1A(c) e Cry 9C foram considerados altamente resistente, resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente.

Zancanaro et al. (2012) verificaram a presença de *S. frugiperda* em plantas transgênicas e não transgênicas, em todos os tratamentos e híbridos. Contudo, lagartas grandes não foram visualizadas nas plantas transgênicas, o que pode ter sido efeito da mortalidade ou do atraso no desenvolvimento em razão da ingestão das toxinas *Bt* (BOKONON-GANTA et al., 2003).

Estudos em campo realizados por Moraes et al. (2015) na safra de 2010/2011 entre os materiais transgênicos, verificou-se a menor nota de dano nos híbridos contendo a tecnologia Viptera® (toxina *Bt* VIP 3 Aa20) e Herculex® (toxina *Bt* Cry 1F), em Campinas, e tecnologia Viptera® (toxina *Bt* VIP 3 Aa20) e YieldGard® (toxina *Bt* Cry 1Ab) em Mococa, SP.

Alguns insetos-alvo da tecnologia *Bt* podem desenvolver resistência e transmitir essa resistência para gerações futuras. O manejo da resistência de insetos (MRI) refere-se a um conjunto de práticas aplicadas nas áreas agrícolas, com vistas a evitar ou retardar a evolução da resistência das pragas aos métodos empregados no seu controle (MACHADO e FIUZA, 2011).

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), recomenda o plantio de áreas de refúgio, que são áreas com híbridos de milho convencional (não *Bt*) e nelas utiliza-se inseticidas químicos ou outro método no controle das pragas (WAQUIL, 2003; MARTINELLI e OMOTO, 2005; LEITE et al., 2011). A área de refúgio tem por objetivo sincronizar os cruzamentos de possíveis adultos sobreviventes à proteína inseticida com insetos ainda suscetíveis provenientes da área de refúgio, num esforço de preservar na descendência dos cruzamentos a suscetibilidade à proteína transgênica, com consequente manutenção dos benefícios da tecnologia *Bt* (BOURGUET et al., 2005).

Em 2014, dados do relatório do International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA) apontaram que 18 milhões de agricultores de todo mundo, dos quais, 90% eram pequenos, plantaram um recorde de 181 milhões de hectares de lavouras com sementes geneticamente modificadas (GM) em 28 países, destacando-se nesse ranking global os EUA com uma área cultivada de 73,1 milhões de ha e o Brasil, segundo maior produtor de transgênicos com 42,2 milhões de ha (JAMES, 2014). Nas contas da entidade, 93,2% da área plantada com soja no Brasil é transgênica, enquanto no milho o alcance é de 82,4%, e no algodão 65,1%.

Na safra Brasileira de 2013/2014, verificou-se que as cultivares geneticamente modificadas para o controle de lagartas no mercado são resultantes de seis eventos transgênicos: o evento TC 1507 (toxina *Bt* Cry 1F), marca Herculex I®; o evento MON 810 (toxina *Bt* Cry 1Ab), marca YieldGard®; o evento *Bt*11 (toxina *Bt* Cry 1Ab), marca Agrisure TL®; o evento MIR162 (toxina *Bt* VIP 3 Aa20), marca TL VIP® e dois eventos transgênicos que conferem resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência: o NK603, marca Roundup Ready®, e o GA 21 – TG (EMBRAPA, 2014).

Com o advento das plantas transgênicas que expressam genes da bactéria *Bt* as pesquisas e os trabalhos nessa área se tornaram cada vez mais importantes e são essenciais para a manutenção da produtividade destas culturas (LEMESLE et al., 2010).

1.5 Interações de plantas resistentes e controle biológico no MIP *Spodoptera frugiperda*

O desenvolvimento de cultivares de plantas resistentes a insetos-praga, nem sempre inclui uma avaliação da influência de fatores de resistência sobre os inimigos naturais das pragas (SCHUSTER et al., 1976). De acordo com TREACY et al. (1985), a interação tritrófica deve ser considerada para otimizar a resistência de plantas e estabelecer programas de proteção de plantas ecologicamente corretos.

O estudo das relações tritróficas é de grande importância para o entendimento e conhecimento básico da biodiversidade, permitindo as tomadas de decisões sobre o emprego de inimigos naturais para o controle eficiente das pragas (ANDORNO et al., 2007).

O entendimento das interações tritróficas deve ser empregado como ferramenta para o aprimoramento dos programas de manejo integrado de pragas (SILVA et al., 2012), buscando conservar as relações entre os organismos pertencentes ao sistema trófico, conferindo maior dinâmica ao agroecossistema, evitando que as pragas atinjam níveis altos, que venham a provocar danos à produção agrícola (FREITAS et al., 2007).

Nesse contexto, pesquisas têm sido conduzidas avaliando a interação entre plantas resistentes e predadores (ORR e BOETHEL, 1986; FARID et al., 1997; BOIÇA JUNIOR et al., 2002). No entanto, poucos trabalhos têm relacionado à associação de inimigos naturais e cultivares resistentes de milho no controle de *S. frugiperda*.

Na cultura do milho, *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitóide de ovos de Lepidoptera como *S. frugiperda*, têm sido o inimigo natural mais empregado (CRUZ, 2007), tornando se importante agente de controle biológico, para estudo

com interação de variedades resistentes no controle da lagarta do cartucho na cultura do milho.

Sá (1991) verificou que a taxa de parasitismo natural de *T. pretiosum* em *S. frugiperda* pode variar de 0,06 a 98%, sendo esses valores influenciados por características de postura, como camadas de ovos e presença de escamas.

No Brasil, Martinelli (2001), em condições de campo, comparou a porcentagem de parasitismo por *Trichogramma* sp. sobre ovos de *H. zea*, coletados em espigas de milho geneticamente modificados Bt11e ICP4 e respectivos híbridos convencionais. O autor relatou que o parasitismo ocorreu em índices similares entre os milhos transgênicos e convencionais, não afetando o comportamento e biologia do inimigo natural. Frizzas (2003) também não verificou efeitos adversos do milho geneticamente modificado sobre as pragas não alvo e organismos benéficos. Entretanto, as larvas de *S. frugiperda* sobreviventes no milho *Bt* são preferencialmente atacadas por *Orius insidiosus* e não apresentam efeito negativo sobre a sobrevivência e período de desenvolvimento das ninfas do predador (MENDES et al., 2009; MENDES et al., 2012).

Em estudo com *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Bezdenko, 1963) Lozzia e Manachini (2002) avaliaram o efeito de ovos de *O. nubilalis* coletados em milho *Bt* e convencional sobre o desenvolvimento deste parasitóide. Os bioensaios foram realizados por três gerações sucessivas do parasitoide e observou-se que não houve diferença estatística quanto ao parasitismo, longevidade, mortalidade, número de parasitóides e razão sexual de *T. brassicae* que emergiram de ovos coletados de milhos transgênicos e convencionais.

Fernandes (2003), avaliando o evento MON810 sobre *S. frugiperda* e no parasitóide *Trichogramma* sp., observou alta mortalidade da praga sem interferência negativa no parasitóide. Por outro lado, o milho *Bt* que expressa a toxina Cry1Ab, exibe um efeito negativo na espécie não alvo *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) e no seu parasitoide larval *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) (VOJTECH et al. 2005).

Com a associação da resistência de plantas e controle biológico e avaliação da influência de fatores de resistência sobre os inimigos naturais das pragas, avaliou-se a influência da presa *S. frugiperda* alimentada em diferentes cultivares de algodoeiro, sobre o comportamento e biologia do predador *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). Boiça Júnior et al. (2002) ao estudarem o desenvolvimento de ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) criadas em

folhas de diferentes genótipos de algodoeiro, com diferentes níveis de gossipol, observaram que nos genótipos resistentes, CNPA 9211-41 e CNPA 9211-31, o aleloquímico não influenciou a biologia do predador *P. nigrispinus*.

CAPÍTULO 1 - RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A LAGARTA DO CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

RESUMO: Dentre os fatores que contribuem para a redução da produtividade das lavouras de milho está a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) que danifica as plantas em todo ciclo fenológico. O objetivo deste trabalho foi avaliar mecanismos de resistência em 12 genótipos de milho (híbridos transgênicos: 30A91 PW, 20A78 HX, Impacto VIP3, 20A55 HX, NS90 PRO 2, Maximus VIP3, BX 1293YG, RB 9004 VTPRO, Feroz VIP3, LG 6036 PW, híbrido convencional: AG 1051 e a variedade: AL Bandeirante). O experimento foi instalado em campo, em cultivo safrinha no Município de Orizona no Estado de Goiás, Brasil (Latitude: 17° 1' 49" Sul e Longitude: 48° 17' 27" Oeste). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com 12 tratamentos (genótipos) e 4 repetições. O número e danos de *S. frugiperda* foram avaliados aos 7, 14 e 21 DAE. Os testes de atratividade, não preferência para alimentação com e sem chance de escolha e antibiose foram conduzidos em laboratório (temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa $60 \pm 10\%$ e fotofase 14 horas). A atratividade foi avaliada aos 1, 5, 10, 15 e 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas, contando o número de lagartas que se alimentaram nos genótipos. A não preferência para alimentação foi determinada pela área foliar consumida nos genótipos. A antibiose foi determinada pelos parâmetros biológicos da lagarta alimentada nos genótipos. As variáveis biológicas avaliadas foram: a) fase larval: viabilidade do estágio larval e peso das lagartas aos dez dias de idade; b) fase de pupa: viabilidade e peso com 24 horas de idade. Após a emergência, as mariposas foram alimentadas e avaliou-se a longevidade de adultos e o ciclo total. Os genótipos transgênicos NS90 PRO2, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3 e Maximus VIP 3 possuem resistência do tipo não preferência e/ou antibiose a *S. frugiperda*. Os genótipos transgênicos 20A55 HX, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX e BR 9004 PRO possuem resistência moderada a *S. frugiperda*. Os genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante são altamente suscetíveis a *S. frugiperda* e o genótipo transgênico BX 1293 YG é suscetível a *S. frugiperda*. No experimento de campo as menores infestação foram em NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO, apresentando alto grau de resistência a *S. frugiperda*. As maiores infestações de *S. frugiperda* foram nos genótipos transgênicos 20A55 HX, 20A78 HX, LG 6036 PRO, BX 1293 YG e nos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante.

Palavras-chave: *Zea mays*; Resistência de plantas a insetos; Bt; MIP.

CHAPTER 1 - CORN GENOTYPES RESISTANCE TO FALL ARMYWORM

Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ABSTRACT: Among the factors contributing to the reduced yield of corn crops is the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) that damages plants throughout phenological cycle. The objective of this study was to evaluate resistance mechanisms in 12 corn genotypes (transgenic hibridy: 30A91 PW, 20A78 HX, Impacto, 20A55 HX, NS90 PRO 2, Maximus, BX 1293YG, RB 9004 VTPRO, Feroz, LG 6036 PW, conventional: AG 1051 and variety: AL Bandeitante). The experiment was installed in the field conditions, in the second growing season in Orizona municipality in Goias State, Brazil (17 ° 1 '49' 'South and 48 ° 17' 27 " West). The experimental adopted was randomized blocks design with 12 treatments (genotypes) and four replications. The number and damage of *S. frugiperda* were evaluated at 7, 14 and 21 DAE. The Attractiveness, no preference for feeding in free and no choice tests and antibiosis were conducted in the laboratory (temperature 25 ± 2 °C, relative humidity 60 ± 10% and photophase 14 hours). The attractiveness was evaluated at 1, 5, 10, 15 and 30 minutes and 1, 2, 6, 12 and 24 hours, counting the number of larvae that fed on each genotype. The no preference for feeding was determined by leaf area consumed in each genotype. The antibiosis was determined by biological parameters fed caterpillar in each genotype. The biological parameters evaluated were: a) larval stage: viability of the larval stage and weight of larvae at ten days old; b) pupal stage: viability and weight 24 hours of age. After emergence, the moths were fed and evaluated the longevity of adults and the total life cycle. The transgenic genotypes NS90 PRO2, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3 and Maximus VIP 3 have no preference and/or antibiosis to *S. frugiperda*. The transgenic genotypes HX 20A55, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX and BR 9004 PRO have moderate resistance to *S. frugiperda*. The conventional genotypes AG 1051 and AL Bandeirante are highly susceptible to *S. frugiperda* and the transgenic genotype BX 1293 YG is susceptible to *S. frugiperda*. In the field trial the smallest infestation were in NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impact VIP 3 and RB 9004 PRO, with high degree of resistance to *S. frugiperda*. The largest infestations of *S. frugiperda* were found in the transgenic genotypes 20A55 HX, 20A78 HX, LG 6036 PRO, BX 1293 YG and conventional AG 1051 and AL Bandeirante.

Key-words: *Zea mays*; Plant resistance to insects; Bt; IPM.

1. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por milho vem aumentando nos últimos anos, impulsionada pelo crescimento econômico dos países asiáticos e pela utilização do cereal nos Estados Unidos para a produção de etanol. Além disso, o consumo interno no Brasil também tem aumentado de forma considerável em decorrência do crescimento do setor de carnes, especificamente, de aves e suínos (PAVÃO e FERREIRA FILHO, 2011).

O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de milho no mundo (USDA, 2013). O milho é produzido em todo o território nacional, ocupando posição de destaque entre as atividades agrícolas, sendo cultivado sob diversos sistemas de produção e diferentes níveis tecnológicos, e a maior parte da produção nacional é consumida no mercado interno. (CAMPANHA et al., 2012).

A produção brasileira de milho nesta safra foi estimada em 79.051,7 milhões de toneladas do grão, em uma área de aproximadamente 15.361,5 milhões de hectares, referente a produção nas duas safras (CONAB, 2015).

Muitos insetos estão associados à cultura do milho, que danificam toda planta desde raízes e até parte aérea (CRUZ, 1995). O plantio contínuo de milho têm promovido gerações sucessivas da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), uma espécie polífaga considerada praga-chave desta cultura (OTA et al., 2011).

O ataque da praga é comum no período vegetativo da planta, quando provoca injúrias foliares, porém tem sido observado também no pendoamento e formação da espiga no estágio reprodutivo (GALLO et al., 2002). A queda na produtividade, devido ao dano da praga, pode atingir até 60%, dependendo do genótipo e estágio fenológico da planta que o dano foi ocasionado (CRUZ et al., 2008).

O manejo de *S. frugiperda* tem sido realizado principalmente com o uso de produtos químicos que, além de afetar o meio ambiente, também podem promover resistência dos insetos aos inseticidas (LIMA et al., 2006).

Em virtude da necessidade de controle deste inseto, alguns produtores buscam técnicas alternativas. Assim, a resistência de plantas a insetos é uma tática de desejável, uma vez que é compatível com outros métodos e frequentemente exhibe efeitos sinérgicos com inseticidas e inimigos naturais (KOGAN, 1986; FERREIRA e LARA, 1999; SANTOS e BOIÇA JUNIOR, 2001; AZEVEDO et al., 2002).

Há registro de várias fontes de resistência genética de milho a *S. frugiperda*. São destacados os genótipos do grupo Antigua com resistência múltipla a várias espécies de Lepidoptera praga desta cultura como: 2D-118, MpSWCB-4, Pio X304C, Zapalote Chico 2451, MP 701 a 707, Zapalote Chico e TL 87-A-1855-7. CMS 23, CMS14C e CMS 24 foram os menos danificados por *S. frugiperda* em uma coleção de 64 genótipos avaliados em Sete Lagoas, MG (VIANA e GAMA, 1988). Antibiose e não-preferência são os mecanismos de resistência observados nestes genótipos (VIANA e POTENZA, 1992; DAVIS e WILLIAMS, 1997). O conteúdo de hemicelulose nestes genótipos tem sido relacionado com a resistência à *S. frugiperda* (HEDIN et al., 1996; WILLIAMS et al., 1998).

Nos últimos 32 anos, mais de 30 cultivares de milho resistentes à *S. frugiperda* e a outras pragas foram registradas, entretanto, a maioria dessas fontes de resistência é proveniente do grupo Antigua e tem a base genética muito estreita e grande são as dificuldades para se encontrar outras fontes com alto nível de resistência à lagarta-do-cartucho (WILLIAMS et al., 1997).

A combinação dos conhecimentos e avanços tecnológicos da engenharia genética e da biotecnologia resultou nas plantas geneticamente modificadas, as quais podem ser consideradas como tática adicional de controle em programas de Manejo Integrado de Pragas – MIP, em diversos ecossistemas (MARTINELLI e OMOTO, 2005) e grande potencial de proteção contra as perdas causadas por insetos-praga (SCHULER et al., 1998; HILDER e BOULTER, 1999; BETZ et al., 2000).

Genes que codificam proteínas com propriedades inseticidas foram isolados de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). O milho contendo o gene *Bt* expresso pela proteína Cry confere resistência contra os principais lepidópteros pragas que atacam esta cultura, como a lagarta-do-cartucho, a broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) (Lepidoptera: Crambidae) e lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) (Lepidoptera: Noctuidae) (CRUZ, 2008).

O uso de plantas geneticamente modificada está se tornando a principal tática de controle de insetos na cultura do milho. Para que seja uma opção sustentável é necessário atentar para o impacto dessa tecnologia no ecossistema, avaliando sua real eficiência (MICHELOTTO et al., 2011). Além disso, o nível de controle obtido nas plantas *Bt* é maior do que os obtidos por métodos convencionais, reduzindo ou eliminando a demanda pelo controle químico, o qual pode apresentar falhas frequentes, gerar resíduos tóxicos nos produtos obtidos e causar contaminações ambientais com riscos para agricultores e consumidores (WAQUIL, 2003).

Entretanto, o maior risco está na sua utilização inadequada, pois a não observação das regras de refúgio e a ausência de monitoramento de pragas pode levar à evolução de indivíduos resistentes (LEITE et al., 2011).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi identificar genótipos convencionais com fonte de resistência natural e avaliar o desempenho de híbridos comerciais que expressam o gene *Bt* pela proteína Cry no controle da lagarta do cartucho do milho – *S. frugiperda*, visando à utilização efetiva como componente de sistemas de MIP do inseto na cultura do milho.

Gerar informações que permitam contribuir com o MIP em sistemas produtivos na cultura do milho. Consolidar os conceitos teóricos e práticos do MIP na cultura do milho e avaliar métodos alternativos no controle de pragas nesta cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Genótipos de milho utilizados nos experimentos

Foram utilizados nos experimentos em condições de laboratório e campo, 12 genótipos de milho, sendo híbridos simples, duplos, triplos e variedades (Tabela 1 e 2). As sementes dos genótipos foram fornecidas por representantes comerciais de empresas deste seguimento e pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

Tabela 1. Características dos genótipos de milho utilizados nos experimentos com *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae), Urutaí, Goiás, Brasil.

Genótipos	Tipo *	Textura	Cor do Grão **	Transgênica/Convencional	Ciclo ***	Uso
20A55 HX	HT	Semiduro	AL	Transgênica	P	G/S
20A28 HX	HT	Semidentado	AM/AL	Transgênica	SP	G/S
30A91 PW	HSM	Semiduro	AM/AL	Transgênica	P	G/S
AG 1051	HD	Dentado	AM	Convencional	SMP	G/S
AL Bandeirante	V	Semiduro	AL	Convencional	SMP	G/S
BX 1293 YG	HS	Duro	L	Transgênica	P	G/S
Feroz Vip. 3	HD	Duro	AM/AL	Transgênica	P	G
Impacto Vip. 3	HS	Duro	AM/AL	Transgênica	P	G/S
LG 6036 PRO	HS	Semiduro	AM/AL	Transgênica	P	G/S
Maximus Vip. 3	HS	Duro	AM/AL	Transgênica	P	G/S
NS 90 PRO 2	HS	Semiduro	L	Transgênica	P	G/S
RB 9004 PRO	HS	Dentado	AM	Transgênica	P	G/S

*Tipo: V - variedade; HD - Híbrido duplo; HT - Híbrido triplo; HS - Híbrido simples; HSM – Híbrido Simples Modificado; **Cor do Grão: AL - Alaranjado; LR - Laranja; AV - Avermelhado; AM – Amarela; ***Ciclo: HP - hiperprecoce; SP - superprecoce; P - Precoce; SMP - Semiprecoce; N – Normal; G – Grãos; G/S – Grãos e silagem.

3.2 Experimentos em condições de laboratório

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Agrícola no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí – GO, (temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa $60 \pm 10\%$ e fotofase 14 horas), no período de outubro de 2014 a março de 2015.

Para a condução dos experimentos, sementes de milho transgênicas e convencionais foram semeadas em vasos de 5 litros com substrato na proporção de 3:1 de terra e composto orgânico, em casa de vegetação, com a finalidade de obtenção de folhas para a manutenção e elaboração dos testes em laboratório.

Foi realizada a adubação de plantio e cobertura, conforme exigência da cultura do milho e não se aplicou inseticida e fungicida nas plantas para controle de pragas e doenças.

Tabela 2. Caracteres agronômicos dos genótipos transgênicos utilizados nos experimentos de campo e laboratório. Urutaí, Goiás, Brasil.

Genótipos	Marca comercial	Eventos	Características*	Proteína
20A78	Herculex	TC1507	RI e TH	Cry1F, PAT
20A55	Herculex	TC1507	RI e TH	Cry1F, PAT
30A91	Power Core PW/Dow	MON89034 e TC1507 e NK603	RI e TH	Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry1F, PAT, CP4-EPSPS
BX 1293	YieldGard	MON810	RI	Cry1Ab
Feroz	TL TG Viptera	BT11 e MIR162 e GA21	RI e TH	Cry1Ab, VIP 3Aa20, PAT, mEPSPS
Impacto	TL TG Viptera	BT11 e MIR162 e GA21	RI e TH	Cry1Ab, VIP 3Aa20, PAT, mEPSPS
LG 6036	PRO	MON89034	RI	Cry1A.105, Cry2Ab2
Maximus	TL TG Viptera	BT11 e MIR162 e GA21	RI e TH	Cry1Ab, VIP 3Aa20, PAT, mEPSPS
NS 90	PRO 2	MON89034 e NK603	RI e TH	Cry1A.105, Cry2Ab2, CP4-EPSPS
RB 9004	PRO	MON89034	RI	Cry1A.105, Cry2Ab2

*RI: resistência a inseto; TH: tolerância a herbicida.

Para obter as lagartas de *S. frugiperda* foi utilizada a metodologia proposta por CRUZ (2000), com algumas adequações. Casais de mariposas foram mantidos em gaiolas de tubos de policloreto de vinila (PVC), com 10 cm de diâmetro e 21,5 cm de altura. Essas gaiolas foram revestidas internamente com folhas de papel sulfite para propiciar a oviposição e, na parte superior, cobertas com “voiale”. Chumaços de algodão, embebidos com solução de mel a 10%, que foram mantidos sobre as gaiolas para alimentação das mariposas. Estes chumaços foram trocados a cada dois dias. As folhas de sulfite, contendo as posturas, foram retiradas diariamente, individualizadas através de recorte com tesoura e acondicionadas em recipientes plásticos de 100 mL contendo 5 g de dieta artificial. Esses recipientes estavam tampados e mantidos em sala climatizada descrita anteriormente. A dieta artificial foi preparada de acordo com Kasten Junior et al. (1978).

As lagartas foram individualizadas a partir do segundo ínstar (cerca de 4 mm), devido ao hábito canibal. Elas foram colocadas individualmente em copos plásticos de 50 mL com 5 g de dieta artificial. Estes copos foram fechados com tampas de acrílico, colocados em suportes de isopor perfurados de acordo com o diâmetro do copo e mantidos em sala climatizada até a formação das pupas. As pupas foram separadas por sexo (LUGINBILL, 1928) e montadas novamente gaiolas de casais de mariposas, mantendo-se uma densidade de sete casais por gaiola.

3.2.1 Antibiose em *Spodoptera frugiperda* por genótipos de milho

Lagartas recém-eclodidas provenientes da criação estoque, foram individualizadas em placa de Petri de 6 cm de diâmetro, forrada com papel filtro umedecido, vedadas com filme de polietileno. No interior da placa, foram colocados pedaços de folhas da região do cartucho do milho. A manutenção do experimento foi realizada diariamente, oferecendo alimento fresco as lagartas e estas foram mantidas nestes recipientes até a fase de pupa.

As plantas cujas folhas foram utilizadas na alimentação das lagartas tinham aproximadamente 30 dias de emergência. As folhas foram coletadas na casa de vegetação, conduzidas ao laboratório, lavadas em solução de hipoclorito de sódio a 1% e água destilada.

Os seguintes parâmetros biológicos foram avaliados: a) fase larval: viabilidade do estágio larval e peso de lagartas aos 10 dias de idade; b) fase de pupa: viabilidade e peso com 24 horas de idade. Após a emergência, as mariposas não foram alimentadas, avaliando a longevidade dos adultos.

Este experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com 20 repetições para cada genótipo de milho.

3.2.2 Teste de não preferência para alimentação com chance de escolha

O ensaio com lagartas de *S. frugiperda* de 2º instar foi iniciado quando os genótipos de milho completaram 25 dias após a emergência, em seguida, foram cortados os discos foliares de 2,5 cm de diâmetro e distribuídos de forma circular, em placa de Petri de 14 cm de diâmetro, sobre papel filtro umedecido.

Das folhas coletadas foram retirados dois discos foliares equidistantes, sendo um oferecido para o inseto e, outro, denominado alíquota, levado para secar em estufa, a 60 °C, durante 48 horas e posteriormente, por diferença entre esta alíquota e a sobra do disco consumido, foi determinada a massa seca consumida pelo inseto.

No teste de atratividade e consumo com chance de escolha, foram liberadas 12 lagartas de 2º instar no centro da placa, vedando-se em seguida a arena com uma tampa de vidro. Foi anotado o número de lagartas que se estabeleceu em cada genótipo aos 1, 3, 5, 10, 15 e 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas após a liberação das lagartas ou quando pelo menos um dos discos foliares dos genótipos avaliados foram consumidos em 80% da sua área foliar, o experimento foi encerrado. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com dez repetições.

3.2.3 Teste de não preferência para alimentação sem chance de escolha

O ensaio referente à atratividade e consumo sem chance de escolha com lagartas de 2º instar, foi iniciado com a mesma idade dos genótipos e nas mesmas condições do experimento anterior, em delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições.

Cada arena (uma parcela) foi formada por uma placa de Petri de 6 cm de diâmetro com papel filtro umedecido no fundo. Os discos foliares foram dispostos nas arenas e liberada uma lagarta de 2º instar, vedando-se em seguida com a tampa da placa de Petri. Foi anotado o número de lagartas que se estabeleceram em cada tratamento, conforme metodologia adotada anteriormente.

3.3 Experimentos em condições de campo

O experimento foi instalado no Município de Orizona no Estado de Goiás, (Latitude: 17° 1' 49" Sul e Longitude: 48° 17' 27" Oeste) em condições de campo, em área comercial de produção de milho. O local de instalação dos experimentos foi selecionado em função da ocorrência de média a alta infestação natural da lagarta-do-cartucho, em genótipos de milhos convencionais e transgênicos.

O preparo do solo da área consistiu-se apenas na nivelção para controle das plantas daninhas remanescentes da primeira safra. As adubações de plantio e cobertura foram realizadas com base nas análises de solo e na exigência da cultura. A semeadura manual foi realizada no dia 22 de fevereiro de 2014, com espaçamento entre linhas de 0,5 m colocando-se três sementes por metro com estande final de 60.000 plantas ha⁻¹.

Para a adubação de plantio foi utilizado 400 kg ha⁻¹ do fertilizante 08-20-18, correspondendo 32 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ de Fósforo (P₂O₅) e 72 kg ha⁻¹ de Potássio (K₂O). A adubação de cobertura foi realizada em aplicação única no estágio V1 com

90 kg de N ha⁻¹, utilizando-se a ureia. Durante a condução do experimento, os tratamentos culturais foram realizados de modo a manter a área livre de plantas daninhas, por meio da capina manual. Não foram utilizados inseticidas e fungicidas na área.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso. Cada um com 12 tratamentos (genótipos) e 4 repetições, num total de 48 parcelas. As parcelas foram formadas por sete linhas de 4,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,33 m entre plantas, totalizando 84 plantas por parcela.

Os danos provocados pela *S. frugiperda* foram avaliados durante a fase vegetativa da cultura, em três idades das plantas. As avaliações ocorreram nos dias 10, 17 e 24 de março de 2014, correspondendo respectivamente, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE) das plantas. As avaliações foram realizadas nas quatro linhas centrais de cada parcela (área útil). Para cada avaliação foram coletadas aleatoriamente cinco plantas por parcela e acondicionadas em embalagens plásticas e encaminhadas ao Laboratório de Entomologia Agrícola.

No laboratório, as plantas de milho foram analisadas, contando-se o número de lagartas de *S. frugiperda* por cartucho e determinando a nota de danos, utilizando-se a escala visual adaptada de Davis et. al. (1992) (Tabela 3).

Tabela 3. Escala de notas (0 a 9) utilizadas na avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) no cartucho do milho. Orizona, GO, Brasil.

Nota	Descrição
0	Planta sem injúria
1	Planta com pontuações
2	Planta com pontuações, 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm)
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5cm)
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (entre 1,5 e 3,0 cm); mais pequenos furos circulares (até 0,5 cm)
5	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (>3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais 1 a 5 furos ou lesões alongadas (até 1,5 cm)
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (>3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais 1 a 3 furos grandes (> 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grande (>3,5 cm) em 2 ou mais folhas, mais 3 a 5 furos grandes (> 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais de 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais de 5) maiores que 3,0 cm em muitas folhas
9	Planta com folhas quase totalmente destruídas

Adaptada de Davis et al. (1992).

A colheita do milho foi realizada aos 150 dias após o plantio, quando os grãos apresentavam teor de umidade em torno de 18 a 20%. Foram colhidas as espigas de uma fileira de cada parcela. As amostras foram levadas ao laboratório e debulhadas, em seguida

realizou-se o teste do teor de umidade dos grãos, considerando a umidade padrão de 13%. A partir da conversão da umidade foi avaliado o peso de 100 grãos, peso das amostras de grãos de cada fileira e os dados foi extrapolado para produção por hectare.

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Fisher e quando verificou-se efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Adotou para análise o software ASSISTAT versão 7.7 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos biológicos de *S. frugiperda* alimentadas com diferentes genótipos de milho

Com base nos dados obtidos dos parâmetros biológicos de *S. frugiperda* avaliados, pode-se verificar que houve influência dos genótipos de milho no desenvolvimento do inseto (Tabela 4). Para todos os parâmetros avaliados houve diferença significativa, exceto para os valores de longevidade de adultos.

Tabela 4. Massa de lagartas com 10 dias (g) e pupas com 24 horas (g), viabilidade larval e

Genótipos	Eventos	Larva		Pupa		Adulto
		Peso ¹	Viabilidade	Peso ¹	Viabilidade	Longevidade
20A55 HX	TC1507	0,03 b	10,0 c	0,12 ab	5,00 c	-
20A78 HX	TC1507	0,01 b	0,00 c	-	0,00 c	-
30A91 PW	MON89034, TC1507	0,01 b	5,00 c	-	5,00 c	-
AG 1051	Convencional	0,27 a	85,0 a	0,18 a	85,0 a	4,06
AL Bandeirante	Convencional	0,25 a	90,0 a	0,16 ab	90,0 a	4,12
BX 1293 YG	MON810	0,06 b	45,0 b	0,16 ab	45,0 b	4,00
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	-	0,00 c	-	0,00 c	-
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	-	0,00 c	-	0,00 c	-
LG 6036 PRO	MON89034	0,03 b	0,00 c	-	0,00 c	-
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	-	0,00 c	-	0,00 c	-
NS90 PRO 2	MON89034	-	0,00 c	-	0,00 c	-
RB 9004 PRO	MON89034	0,02 b	10,0 c	0,12 b	10,0 c	3,0
Teste F	-	18,74*	37,63**	4,12**	40,49**	0,42 ^{NS}
P valor	-	<0,00	0,0000	0,0064	0,0000	0,7375

pupal (%), longevidade de adultos e ciclo total (dias) de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes genótipos de milho. Urutaí, GO. Brasil, 2015.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott e Tukey, a 5% de probabilidade. NS não significativo, ** significativo a 1%, *significativo a 5%. ¹Para análise foi utilizado o teste de Tukey.

Em relação à massa média de lagartas aos 10 dias de idade, detectou-se diferença significativa, onde as lagartas provenientes dos genótipos AG1051(0,27 g) e AL Bandeirante (0,25 g) apresentaram as maiores pesos corporais. Lagartas alimentadas com folhas dos genótipos 30A91 PW (0,01g) 20A78 HX (0,01 g), 20A55 HX (0,03 g), LG 6036 PRO (0,03 g), BX 1293 YG (0,06 g) e RB 9004 PRO (0,02 g), apresentaram os menores pesos. Os genótipos NS90 PRO 2, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 comportaram-se de forma contrária sendo menos adequados para o desenvolvimento de *S. frugiperda*, apresentando 100% de mortalidade antes dos 10 dias após a eclosão. De acordo com os dados

obtidos, pode-se observar que lagartas alimentadas com os genótipos convencionais foram as que apresentaram maiores massas, sendo este alimento favorável para a biologia do inseto.

As lagartas alimentadas com genótipos transgênicos foram prejudicadas em seu desenvolvimento com baixo peso de massa larval. Isto pode ser uma indicação de um efeito prejudicial cumulativo sobre a *S. frugiperda*, o que levou a morte da maioria das lagartas antes dos 10 dias. Esses dados coincidem com aqueles relatados por Williams et. al. (1997), Meyers et. al. (1997) e Buntin et. al. (2001), os quais observaram que o peso de lagartas de lepidópteros, como *S. frugiperda*, alimentadas com genótipos de milho transgênicos, foi menor do que aqueles alimentados em milho convencional. Os mesmos autores observaram que lagartas alimentadas com milho geneticamente modificado também apresentaram prolongamento no desenvolvimento larval, quando comparado com lagartas provenientes de milho convencional.

Mendes et al. (2011) verificaram que mesmo nos híbridos *Bt* em que a sobrevivência larval foi significativamente maior, em comparação aos outros híbridos de milho *Bt*, a biomassa média das larvas foi significativamente reduzida em comparação à do milho não *Bt*. Assim, as larvas que não morreram, ao se alimentar do milho *Bt*, tiveram o seu desenvolvimento comprometido.

A viabilidade larval de *S. frugiperda* também foi influenciada pelos genótipos de milho. Quando alimentadas com folhas dos genótipos AG1051 e AL Bandeirante apresentaram os maiores índices de viabilidade, 85 e 90%, respectivamente. Já as lagartas que alimentaram-se dos genótipos NS90 PRO 2, Maximus VIP 3, LG 6036 PRO, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e 20A78 HX não proporcionaram sobrevivência larval de *S. frugiperda*. Os híbridos transgênicos BX 1293 YG (45,00) 20A55 HX (10,00), 30A91 PW (5,00) e RB 9004 PRO (10,00) proporcionaram a sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda*, sugerindo que esta praga possa estar se adaptando a estes materiais.

Tal resistência nos híbridos transgênicos pode ser do tipo antibiose e/ou não preferência, devido a presença das proteínas tóxicas Cry1A.105 e Cry2Ab2 (PRO e PRO 2), Cry1F (HX), Cry1Ab e VIP 3Aa20 (VIP 3) que causaram efeito deletério sobre as lagartas. Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes et al. (2003) e Michelotto et al. (2009) que concluíram que genótipos de milho *Bt* são menos atacados por *S. frugiperda*.

As lagartas alimentadas com o genótipo AG 1051 apresentaram a maior peso pupal (0,18 g) e RB 9004 PRO, proporcionou o menor ganho de peso de pupa (0,12 g), porém os genótipos 20A55 HX, BX 1293 YG e AL Bandeirante não diferiram significativamente de AG 1051 e RB 9004 PRO. Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por

Craig et al. (2000) que observaram peso de pupas de 0,1377g em insetos alimentados com diferentes genótipos de milho.

O menor peso pupal e a menor viabilidade foram constatados em lagartas alimentadas em genótipos transgênicos, isto possivelmente se deve a presença do gene *Bt* que expressa proteínas tóxicas a *S. frugiperda*. Estes dados coincidem com os de Fernandes (2003), onde o peso das pupas de *S. frugiperda* em milho convencional foi significativamente maior do que aquele obtido pelas pupas alimentadas no milho MON810.

Os genótipos influenciaram significativamente na viabilidade pupal de *S. frugiperda*, sendo que as lagartas alimentadas nos genótipos convencionais AL Bandeirante (90%) e AG 1051(85%) obtiveram as maiores viabilidades pupal e a menor viabilidade pupal foi nos genótipos 20A55 HX (5%), 30A91 PW (5%) e RB 9004 PRO (10%). Com resultado intermediário, o genótipo BX 1293 YG (45%) foi o material transgênico com maior viabilidade pupal. Lagartas alimentadas nos genótipos NS90 PRO 2, Maximus VIP 3, LG6036 PRO, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3, 20A78 HX, não obtiveram valores de viabilidade pois não concluíram o estágio larval. Boiça Júnior et al. (2005), testando genótipos de milho resistentes a *S. frugiperda*, detectaram influência dos materiais no período pupal e peso de pupas.

Com relação à longevidade de adultos de *S. frugiperda*, detectou-se que as médias não foram significativas. Os genótipos AG 1051, BX 1293 YG, AL Bandeirante e RB9004 PRO, apresentaram os valores de 4,06, 4,00, 4,12, 3,00 dias, respectivamente. NS90 PRO 2, 20A55 HX, 30A91 PW, Maximus VIP 3, LG6036 PRO, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3, 20A78 HX, foram os genótipos em que a *S. frugiperda* não alcançou a fase de adulto.

A longevidade dos adultos não diferiu significativamente entre os genótipos. Esse resultado sugere que o alimento ingerido na fase larval teve pouco efeito na longevidade dos indivíduos. Melo e Silva (1987), da mesma forma, não observaram efeito significativo na longevidade de adultos de *S. frugiperda* em três cultivares de milho.

4.2 Teste de não preferência para alimentação com chance de escolha

Os resultados obtidos no teste de não preferência para alimentação com chance de escolha, observa-se que houve diferença significativa na atratividade de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* nos genótipos de milho, nos tempos de 1, 5, 10, 15 e 30 minutos e 2, 6,12 e 24 horas após a liberação. Os valores referentes à massa foliar consumida (M.F.C) em g, não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Número médio de lagartas de 3º instar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) atraídas em genótipos de milho e massa foliar consumida, em teste com chance de escolha. Urutaí, GO, Brasil. 2015.

Genótipos	Eventos	Tempo em minutos					
		1	3	5	10	15	30
20A55 HX	TC1507	0,00 b	0,00	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
20A78 HX	TC1507	0,60 b	0,60	0,60 a	0,60 a	0,20 b	0,00 b
30A91 PW	MON89034, TC1507	0,20 b	0,20	0,10 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
AG 1051	Convencional	0,20 b	0,10	0,30 b	0,10 b	0,30 a	0,10 b
AL Bandeirante	Convencional	0,50 b	0,50	0,30 b	0,20 b	0,40 b	0,20 a
BX 1293 YG	MON810	0,20 b	0,20	0,30 b	0,30 b	0,40 a	0,40 a
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,50 b	0,50	0,50 a	0,50 a	0,30 a	0,40 a
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,50 b	0,40	0,60 a	0,80 a	0,70 a	0,30 a
LG 6036 PRO	MON89034	1,10 a	0,70	1,20 a	1,10 a	0,70 a	0,40 a
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,40 b	0,40	0,70 a	0,80 a	0,50 a	0,40 a
NS90 PRO 2	MON89034	0,20 b	0,20	0,20 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
RB 9004 PRO	MON89034	0,30 b	0,30	0,40 b	0,10 b	0,00 b	0,00 b
Teste F	-	2,47**	1,54 ^{NS}	2,42*	3,82**	3,05**	2,38*
P valor	-	0,0087	0,1281	0,0099	<0,0001	0,0013	0,0115

Genótipos	Eventos	Tempo em horas					M.F.C
		1	2	6	12	24	
20A55HX	TC1507	0,10	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,30 b	0,00104
20A78 HX	TC1507	0,20	0,00 b	0,30 a	0,20 b	0,30 b	0,00099
30A91 PW	MON89034, TC1507	0,00	0,00 b	0,00 b	0,10 b	0,20 b	0,00097
AG 1051	Convencional	0,30	0,60 a	0,40 a	0,70 a	1,60 a	0,01110
AL Bandeirante	Convencional	0,10	0,30 b	0,40 a	0,40 a	0,90 a	0,00078
BX 1293 YG	MON810	0,00	0,00 b	0,00 b	0,10 b	0,30 b	0,00091
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,20	0,20 b	0,50 a	0,20 b	0,20 b	0,00063
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,20	0,70 a	0,20 b	0,30 b	0,30 b	0,00041
LG 6036 PRO	MON89034	0,30	0,20 b	0,50 a	0,30 b	1,20 a	0,00061
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,20	0,30 b	0,30 a	0,20 b	0,50 b	0,00036
NS90 PRO 2	MON89034	0,00	0,00 b	0,00 b	0,10 b	0,10 b	0,00054
RB 9004 PRO	MON89034	0,00	0,10 b	0,10 b	0,00 b	0,40 b	0,00070
Teste F	-	1,09 ^{NS}	3,33**	2,29*	2,29*	4,98**	1,53 ^{NS}
P valor	-	0,3717	0,0004	0,0148	0,0149	<0,0001	0,132

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo, **significativo a 1%, *significativo a 5%.

O genótipo mais atrativo no tempo de um minuto foi LG 6036 PRO (1,10 lagartas) e o genótipo 20A55 HX não atraiu lagartas neste tempo. Aos cinco minutos, LG 6036 PRO foi o mais atrativo (1,20 lagartas) e o menos foi o genótipo 20A55 HX. Na avaliação de 15 minutos o genótipo LG6036 PRO continuou sendo o mais atrativo (1,10 lagartas) e os genótipos NS90

PRO 2, 20A55 HX, 30A91 PW e RB 9004 PRO não apresentaram larvas de *S. frugiperda* neste tempo. Aos 30 minutos os genótipos Maximus VIP 3, LG 60336 PRO, Feroz VIP 3, BX1293 YG (0,4 lagarta) foram os mais atrativos a *S. frugiperda* e os menos atrativos NS90 PRO 2, 20A55 HX, 30A91 PW, 20A78 HX e RB 9004 PRO.

Nas avaliações da atratividade em horas, em todos os tempos os genótipos diferiram estatisticamente entre si, exceto na avaliação de uma hora. De maneira geral ao longo dos tempos avaliados os genótipos AG 1051 e AL Bandeirante foram os mais atrativos. Os demais não diferiram entre si apresentando as menores atratividades.

Esta menor preferência de lagartas de *S. frugiperda* pelos genótipos transgênicos pode estar associado à percepção do inseto a proteína *Bt* na alimentação. Berdegué et al., 1996; Stapel et al., 1998 estudando a alimentação de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas com ou sem adição de proteína Cry 1A(b) observaram maior preferência da lagarta por dietas sem a toxina, o que evidencia que a não-preferência está relacionado com a presença ou não da toxina.

Observando os valores referentes à massa seca consumida, visualiza-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos, mas em termos absolutos, o genótipo mais consumido foi AG 1051 e o menos foi o genótipo Maximus VIP 3 (Tabela 5).

Os menores índices de consumo nos híbridos transgênicos podem ser explicados pela presença das diferentes toxinas da bactéria *B. thuringiensis* que induz a formação de endotoxinas nestes genótipos (WAQUIL et al., 2002). Estas endotoxinas são tóxicas aos insetos, principalmente aos lepidópteros. Os polipeptídeos associam-se aos receptores nas microvilosidades das células do intestino dos insetos, causando lise osmótica, o que resulta na morte dos insetos (SCHNEPF et al., 1998; BOBROWSKI et al., 2003).

4.3 Teste de não preferência para alimentação sem chance de escolha

A atratividade de lagartas de *S. frugiperda* nos genótipos no teste sem chance de escolha diferiu estatisticamente aos 1, 3, 5, 10, 15 e 30 minutos e 24 horas após a liberação dos insetos. Em relação a não preferência para alimentação, não se observaram diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 6).

Tabela 6. Número médio de lagartas de 3º instar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) atraídas em genótipos de milho e massa foliar consumida, em teste sem chance de escolha. Urutaí, GO, Brasil, 2015.

Genótipos	Eventos	Tempo em minutos					
		1	3	5	10	15	30
20 A 55 HX	TC1507	0,25 b	0,15 c	0,15 b	0,30 b	0,25 b	0,15 b
20 A 78 HX	TC1507	0,60 a	0,20 c	0,25 b	0,20 c	0,20 b	0,20 b
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	0,30 b	0,00 c	0,25 b	0,35 b	0,45 a	0,50 a
AG 1051	Convencional	0,80 a	0,80 a	0,45 a	0,80 a	0,75 a	0,75 a
AL Bandeirante	Convencional	0,45 a	0,50 b	0,55 b	0,65 a	0,60 a	0,60 a
BX 1293 YG	MON810	0,40 b	0,30 c	0,30 b	0,40 b	0,40 a	0,30 b
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,50 a	0,30 c	0,75 a	0,80 a	0,55 a	0,45 a
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,60 a	0,30 c	0,50 a	0,55 a	0,45 a	0,45 a
LG 6036 PRO	MON89034	0,20 b	0,15 c	0,05 b	0,00 c	0,10 b	0,10 b
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,35 b	0,25 c	0,45 a	0,40 b	0,40 a	0,35 b
NS90 PRO 2	MON89034	0,15 b	0,20 c	0,10 b	0,05 c	0,20 b	0,25 b
RB 9004 PRO	MON89034	0,55 a	0,40 c	0,60 a	0,50 a	0,35 b	0,30 b
Teste F	-	3,28**	4,64**	4,71**	7,13**	3,21**	3,49**
P valor	-	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0002

Genótipos	Eventos	Tempo em horas					M.F.C
		1	2	6	12	24	
20 A 55 HX	TC1507	0,10	0,10	0,25	0,25	0,20 b	0,01045
20 A 78 HX	TC1507	0,15	0,20	0,30	0,15	0,35 b	0,00096
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	0,20	0,20	0,25	0,25	0,35 b	0,01164
AG 1051	Convencional	0,35	0,45	0,25	0,40	0,70 a	0,01410
AL Bandeirante	Convencional	0,20	0,20	0,10	0,25	0,70 a	0,00108
BX 1293 YG	MON810	0,10	0,10	0,35	0,10	0,40 b	0,00077
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,20	0,30	0,20	0,05	0,40 b	0,00075
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,30	0,15	0,30	0,10	0,20 b	0,00089
LG 6036 PRO	MON89034	0,15	0,15	0,40	0,15	0,45 b	0,00064
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,15	0,25	0,25	0,10	0,35 b	0,00079
NS90 PRO 2	MON89034	0,05	0,20	0,10	0,05	0,05 b	0,00090
RB 9004 PRO	MON89034	0,20	0,15	0,35	0,35	0,40 b	0,00134
Teste F	-	0,94 ^{NS}	1,14 ^{NS}	0,88 ^{NS}	1,73 ^{NS}	3,29**	0,9377 ^{NS}
P valor	-	0,4939	0,3254	0,5556	0,0665	0,0003	0,5049

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. NS= não significativo, **= significativo a 1%, *=significativo a 5%

Nas avaliações nos tempos em minutos, os genótipos mais atrativos foram AG 1051, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3, AL Bandeirante e RB 9004 PRO. Os demais comportaram de forma contrária com as menores atratividades. Com o decorrer das avaliações e 24 horas após a liberação das lagartas, os genótipos mais atrativos as lagartas de *S. frugiperda* foram os

híbridos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante, enquanto os híbridos transgênicos os menos atrativos.

Este comportamento das lagartas de *S. frugiperda* mostra que, com o passar do tempo, os insetos conseguem identificar os genótipos portadores de toxinas *Bt* e evita tais genótipos para alimentação.

Ainda na Tabela 6, visualizam-se os dados referentes à massa seca média consumida por lagartas de *S. frugiperda*, cujos genótipos não diferiram significativas entre si. Isto comprova que híbridos com expressão do gene *Bt* proporcionaram características de alta resistência à *S. frugiperda*. Williams et al. (1997) verificaram que a área foliar destruída por *S. frugiperda* em milho foram significativamente menores nos híbridos transgênicos. Waquil et al. (2002) observaram que o híbrido 2722 IMI, expressando a toxina Cry 1F, foi o mais resistente, possuindo o grau de resistência imunidade e os híbridos expressando a toxina Cry 1A(b) e resistência natural foram moderadamente resistentes a lagartas de *S. frugiperda*.

Williams e Davis (1997) conduziram ensaios para determinar os mecanismos de resistência de milho à *S. frugiperda*, e ressaltaram que características morfológicas como dureza dos grãos e das folhas, são fatores envolvidos na expressão da resistência. Talvez estes híbridos estudados também tenham tais características que contribuíssem na manifestação da resistência à *S. frugiperda*.

4.4 Experimentos em condições de campo

Foram verificadas diferenças significativas entre os genótipos quanto ao número médio de lagartas de *S. frugiperda*, em cinco plantas por parcela (Tabela 7), sendo NS90 PRO 2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO as menores infestações desta praga. Os genótipos que apresentaram maiores infestações de lagartas foram 20A55 HX, AG 1051, LG 6036 PRO, BX 1293 YG, AL Bandeirante e 20A78 HX. Em relação ao período de avaliação com maior infestação de lagartas na cultura do milho, observa-se uma maior preferência aos 14 DAE.

Tabela 7: Número médio e danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cinco plantas, em genótipos de milho, em três períodos de avaliações. Orizona, GO, Brasil, 2014.

Genótipos (G)	Eventos	Variáveis avaliadas	
		Número de Lagartas	Dano de lagartas
20 A 55 HX	TC1507	2,46 a	4,70 b
20 A 78 HX	TC1507	2,26 a	5,03 b
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	0,80 b	2,21 c
AG 1051	Convencional	2,60 a	5,85 a
AL Bandeirante	Convencional	1,86 a	5,40 a
BX 1293 YG	MON810	2,00 a	4,76 b
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,38 b	0,40 d
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,78 b	0,78 d
LG 6036 PRO	MON89034	1,56 a	2,46 c
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,33 b	0,70 d
NS90 PRO 2	MON89034	0,90 b	2,53 c
RB 9004 PRO	MON89034	1,01 b	2,18 c
Teste F		7,05**	64,98**
P valor		<0,001	<0,001
Período de avaliação (P.A)			
7 DAE		1,06 b	1,93 c
14 DAE		2,24 a	3,84 a
21 DAE		0,93 b	3,47 b
Teste F		46,37**	65,51**
P valor		<0,001	<0,001
Interação			
Teste F (G x P.A)		1,72*	1,90*
P valor		0,0434	0,0216

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo, ** significativo a 1%, * significativo a 5%. DAE dias após emergência.

Os genótipos NS90 PRO 2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO, sobressaíram com a menor infestação de lagartas de *S. frugiperda*. Esta menor infestação possivelmente está relacionado a presença de diferentes tipos de toxinas *Bt* nestes genótipos.

Analisando os resultados da infestação de *S. frugiperda* nos genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante, observa-se que estes não diferenciaram dos híbridos 20A55 HX, LG 6036 PRO, BX 1293 YG e 20A78 HX, quanto ao número de lagartas por planta. Isto demonstra que as toxinas expressas nestes híbridos transgênicos podem estar sendo ineficientes no controle da lagarta do cartucho. Storer et al. (2012) confirmaram resistência de lagartas de *S. frugiperda* ao híbrido de milho TC1507 portador da proteína Cry 1F. Farias et al. (2014) também relata a dificuldade no controle de *S. frugiperda* alimentada em TC1507 (Cry 1F) em lavouras de milho no estado da Bahia, Brasil.

Waquil et al. (2002) verificaram interações entre eventos e genótipos, nos quais uma mesma toxina expressada em híbridos diferentes produziu resultados significativamente

diferentes quanto a sobrevivência e desenvolvimento de *S. frugiperda*, o que foi observado no presente trabalho. O genótipo RB 9004 PRO apresentou baixa infestação e LG 6036 PRO alta infestação de lagartas, e ambos, expressam a mesma proteína *Bt*.

Foram verificadas diferenças significativas para a nota de danos de lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 7). Os genótipos AG 1051 e AL Bandeirante apresentaram as maiores notas de danos. Os genótipos com os menores danos de lagartas foram Maximus VIP 3, Feroz VIP 3 e Impacto VIP 3. O período de avaliação que se observou o maior dano provocado por lagarta do cartucho foi aos 14 DAE do milho.

Os genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante foram os mais danificados em relação aos demais, nas três avaliações realizadas, isto evidencia a maior suscetibilidade destes genótipos a *S. frugiperda* quando comparados aos transgênicos. Resultados semelhantes aos de Michelotto et al. (2011) que observaram que híbridos transgênicos foram menos danificados pela lagarta-do-cartucho em relação aos híbridos convencionais. Buntin et al. (2001) e Fernandes et al. (2003) também observaram menores infestações de lagartas de *S. frugiperda* em milho geneticamente modificado em relação aos híbridos não *Bt*.

Os genótipos Maximus, Impacto e Feroz com tecnologia Viptera 3, foram os que apresentaram menor dano foliar e menor consumo pela lagarta do cartucho, evidenciando, assim, a eficiência das toxinas (Cry1Ab e VIP3Aa20) presentes nestes híbridos, expressando resistência do tipo não-preferência para alimentação.

Os demais genótipos transgênicos apresentaram nota de danos entre 2,18 a 4,76, sendo estas médias mais altas quando comparadas aos genótipos menos danificados, podendo ser observado uma redução da resistência a *S. frugiperda*. Resultado semelhante foram encontrado Waquil et al. (2002), avaliando diferentes híbridos e diferentes proteínas, onde as notas dos danos foliares variaram entre 0,1 (Híbrido 2722 IMI – Cry1F) a 8,8 (Híbridos Max 454R176 - Cry1Ac e Garst 8539 - Cry9C). Lourenção et al. (2009) também verificam diferenças significativas quanto aos danos ocasionados por *S. frugiperda* entre os híbridos *Bt*, inclusive com a presença de lagartas de 3º estágio alimentando-se em plantas de híbridos transgênicos.

Pelo desdobramento da interação genótipos de milho *versus* período de avaliação, verificam-se diferenças significativas referentes ao número médio de lagartas por planta em todos os períodos de avaliação (Tabela 8).

Tabela 8: Valores da análise de desdobramento da interação entre genótipos de milho versus período de avaliação, referente ao número médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) em cinco plantas de milho. Orizona, GO, Brasil, 2014.

Genótipos	Eventos	Período de avaliação (P)		
		7 DAE	14 DAE	21 DAE
20 A 55 HX	TC1507	2,30 aB	3,40 aA	1,70 aB
20 A 78 HX	TC1507	2,60 aA	2,65 aA	1,55 aB
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	0,15 bB	1,75 bA	0,50 bB
AG 1051	Convencional	2,95 aA	2,95 aA	1,90 aA
AL Bandeirante	Convencional	1,95 aA	2,35 aA	1,30 aA
BX 1293 YG	MON810	1,55 aB	2,80 aA	1,65 aB
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,05 bA	0,95 bA	0,15 bB
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,15 bA	1,45 bA	0,75 bA
LG 6036 PRO	MON89034	0,65 bB	3,50 aA	0,55 bA
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,05 bA	0,85 bA	0,10 bB
NS90 PRO 2	MON89034	0,20 bB	2,05 bA	0,45 bB
RB 9004 PRO	MON89034	0,20 bB	2,25 aA	0,60 bB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Aos 7 DAE os genótipos AG1051, 20A78 HX, 20A55 HX, AL Bandeirante e BX1293 YG apresentaram as maiores infestações de lagartas e Maximus VIP 3, Feroz VIP 3 e Impacto VIP 3, os menores números de lagartas de *S. frugiperda* por planta. No período de avaliação de 14 DAE os genótipos LG 6036 PRO, 20A55 HX, AG 1051, BX1293 YG, 20A78 HX, AL Bandeirante e RB 9004 PRO obtiveram as maiores infestações, e as menores médias nos genótipos Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3, 30A91 PW e NS90 PRO 2. O genótipo AG 1051 apresentou o maior número de lagartas e, os genótipos Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, NS90 PRO 2, 30A91 PW e RB 9004 PRO as menores infestações aos 21 DAE.

No desdobramento da interação genótipos de milho *versus* período de avaliação, verificaram-se diferenças significativas no dano médio de lagartas por planta em todos os períodos de avaliação (Tabela 9).

Aos 7 DAE, os genótipos com maior dano médio de lagartas de *S. frugiperda* foram AG 1051 e AL Bandeirante, e com menores valores Impacto VIP 3, Feroz VIP 3 e Maximus VIP 3. Para 14 DAE, verifica-se menor dano em Feroz VIP 3 e Maximus VIP 3, Impacto VIP 3, enquanto AG 1051, 20A78 HX, 20A55 HX, AL Bandeirante e BX1293 YG os maiores valores. Aos 21 DAE, AG 1051, AL Bandeirante, 20A78 HX e BX1293 YG com os maiores danos e, os menores, em Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e Maximus VIP 3.

Tabela 9: Valores da análise de desdobramento da interação entre genótipos de milho versus período de avaliação, referente ao dano médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cinco plantas de milho. Orizona, GO, Brasil, 2014.

Genótipos	Eventos	Época de avaliação		
		7 DAE	14 DAE	21 DAE
20 A 55 HX	TC1507	3,65 bB	6,10 aA	4,35 bB
20 A 78 HX	TC1507	3,10 bB	6,50 aA	5,50 aA
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	0,50 cB	2,85 bA	3,30 bA
AG 1051	Convencional	4,65 aB	6,70 aA	6,20 aA
AL Bandeirante	Convencional	4,55 aB	5,95 aA	5,70 aA
BX 1293 YG	MON810	3,70 bB	5,80 aA	4,80 aA
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	0,15 cA	0,50 cA	0,55 cA
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	0,05 cA	1,60 cA	0,70 cA
LG 6036 PRO	MON89034	0,95 cB	3,30 bA	3,15 bA
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	0,25 cA	0,90 cA	0,95 cA
NS90 PRO 2	MON89034	0,45 cB	3,55 bA	3,60 bA
RB 9004 PRO	MON89034	1,25 cB	2,40 bA	2,90 bA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Nas análises de desdobramento dos genótipos *versus* período de avaliação, para infestação e danos de lagartas, a interação foi altamente significativa e observou-se que aos 14 DAE, de ambas as avaliações, os genótipos foram mais infestados e atacados por lagartas de *S. frugiperda*, destacando os híbridos de milhos transgênicos com tecnologia Viptera e Power Core, aqueles que sofreram menores injúrias, mesmo quando expostas à pressão de alta infestação da praga. Isto se deve a alta resistência desempenhada pela proteína *Bt* presente nestes genótipos.

Os resultados obtidos no presente estudo são semelhantes aos das pesquisas de Fernandes et al. (2003) e Castro et al. (2009), que comprovaram que genótipos de milho *Bt* são menos atacados por *S. frugiperda*, principalmente na fase inicial de desenvolvimento do milho.

Os demais milhos transgênicos que expressam diferentes proteínas Cry, obtiveram valores de infestação e danos próximos aos milhos convencionais, demonstrando redução da eficiência da toxina no controle de *S. frugiperda*. Mendes e Waquil (2009) também observaram em condições de campo, respostas diferenciadas em relação à infestação de *S. frugiperda* com a utilização de diferentes tipos de proteína Cry. Houve maior sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* nas proteínas Cry 9C e Cry 1AC em relação a Cry 1F e Cry 1AB.

Os valores médios da produção total em kg ha⁻¹ e pesos de 100 grãos, referentes aos genótipos de milho, não diferiram estatisticamente (Tabela 10). Mas em termo absoluto, o

genótipo mais produtivo foi o Maximus VIP 3 com 5.076 kg ha⁻¹ e NS90 PRO 2 a menor produtividade com 3.376 kg ha⁻¹. Isto possivelmente se deve, ao fato do genótipo Maximus VIP 3 ser menos preferido para alimentação e menos danificado, conseqüentemente sofrendo menos perdas na produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Moraes et al. (2015), que avaliaram a produtividade de grãos de milho, na safra de 2010/2011 e 2011/2012, onde destacaram-se os híbridos transgênicos com tecnologia Viptera com as maiores produtividades de grãos.

Tabela 10: Valores médios da produção total em kg ha⁻¹ e peso de amostras de 100 sementes (g), referentes aos 12 genótipos de milho. Orizona, GO, 2014.

Genótipos	Eventos	Dados de produtividade	
		Produção (kg há ⁻¹)	Peso de 100 grãos (g)
20 A 55 HX	TC1507	4.035,00	21,24
20 A 78 HX	TC1507	3.918,75	22,13
30 A 91 PW	MON89034, TC1507	4.413,75	21,98
AG 1051	Convencional	3.953,75	21,84
AL Bandeirante	Convencional	4.447,50	26,47
BX 1293 YG	MON810	4.856,25	21,40
Feroz VIP 3	BT11, MIR162	4.158,75	21,94
Impacto VIP 3	BT11, MIR162	3.847,50	19,23
LG 6036 PRO	MON89034	4.460,00	23,67
Maximus VIP 3	BT11, MIR162	5.076,25	23,42
NS90 PRO 2	MON89034	3.376,25	19,82
RB 9004 PRO	MON89034	4.103,75	25,43
Teste F	-	1,07 ^{NS}	1,84 ^{NS}
P valor	-	0,4101	0,0863

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo, ^{**} significativo a 1%, ^{*} significativo a 5%.

Dessa forma, é possível inferir que plantas de milho *Bt* apresentam maior resistência a *S. frugiperda*, proporcionando menores danos nas folhas, que são de extrema importância para a realização dos processos fotossintéticos e de evapotranspiração, conseqüentemente com melhor potencial produtivo (SANGOI et al., 2007).

5. CONCLUSÕES

Os genótipos transgênicos NS90 PRO2, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3 e Maximus VIP 3 possuem resistência do tipo não preferência e antibiose a *S. frugiperda*.

Os genótipos transgênicos 20A55 HX, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX e BR 9004 PRO possuem resistência moderada à *S. frugiperda*.

Os genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante são altamente suscetíveis a *S. frugiperda* e o genótipo transgênico BX 1293 YG é suscetível a *S. frugiperda*.

No experimento de campo as menores infestação foram em NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO, apresentando alto grau de resistência a *S. frugiperda*.

As maiores infestações e danos foram encontrados nos genótipos transgênicos 20A55 HX, 20A78 HX, LG 6036 PRO, BX 1293 YG e nos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante. Os menores danos de *S. frugiperda* foram em Maximus, Feroz e Impacto, genótipos estes, com tecnologia Viptera 3.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, F.R.; MATTOS, K.O.; VIEIRA, F.V. Comportamento alimentar de *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Ciência Agrônômica**, v.33, p.5-9, 2002.
- BERDEGUÉ, M.; TRUMBLE, J. T.; MOAR, W. J. Effect of Cry1C toxin from *Bacillus thuringiensis* on larval feeding behavior of *Spodoptera exigua*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.80, p.389-401, 1996.
- BETZ, F. S.; HAMMOND, B. G; FUCHS, R.L. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. **Regulatory, Toxicology and Pharmacology**, v.32, p.156-173, 2000.
- BOIÇA JUNIOR, A. L.; SANTOS, T. M.; TOLEDO, M. A. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em genótipos de milho. **Revista de Agricultura**, v.80, p.148-158, 2005.
- BOBROWSKI, V. L.; FIÚZA, L. M.; PASQUALI, G. e BODANESE-ZANETTINI, M. H.. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v.34, p.843-850, 2003.
- BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, v.84, n.1, p.37-42, 2001.
- CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; NETO, M. M. G.; VIANA, P. A.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. Sistema de produção integrada de milho para Região Central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Documentos**, 148, p.74, 2012.
- CASTRO, A. L. G; CRUZ, I.; SILVA, I. F.; PAULA, C. de S.; LEAO, M. L.; FERREIRA, T. E.; MENEZES, A. P.de J. Flutuação populacional do parasitóide *Eiphosoma vitticole* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) em milho convencional e transgênico (*Bt*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.4341-4344, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO DE GRÃOS. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA (CONAB): grãos, quarto levantamento. Brasília: p.95, 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf. Acesso em: 30 de jan. 2015.
- CRAIG, A. A.; RICHARD, L. W.; BILLY, R.; WISEMAN, WILLIAM, H. W.; FRANK, M. D. Conventional resistance of experimental maize lines to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), *fall armyworm* (Lepidoptera: Noctuidae), *southwestern corn borer* (Lepidoptera:

Crambidae), and *sugarcane borer* (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.3, p.982-988, 2000.

CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). In: __. BUENO, V. H. P. (Ed). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, p.112-114, 2000.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo **Circular Técnica**, 21, p.45, 1995.

CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, cap.12, p.303-362, 2008.

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, **Technical Bulletin**, 186, p.9, 1992.

DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm. In: International Symposium of Insect Resistant Maize: Recent advances and utilization, 1994. Mexico. **Proceedings**. México: CIMMYT, p101-108, 1997.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; 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.; FERREIRA NETO, A.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*(J.E.SMITH, 19797) (Lepidoptera: Noctuidae). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.25-35, 2003.

FERREIRA, A.; LARA, F. M. Tipos de resistência a *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) envolvidos em genótipos de algodoeiro: II – Antibiose. **Bragantia**, v.58, n 2, p.287-292, 1999.

FIESP. Safra Mundial de Milho 2014/15 - 9º Levantamento do USDA. Elaboração: Departamento do Agronegócio - DEAGRO/FIESP. Informativo DEAGRO, Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 30 de jan. 2015.

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

HEDIN, P. A.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P.; HICKS, R. P.; FISHER, T. H. Hemicellulose is an important leaf-feeding resistance factor in corn to the fall armyworm. **Journal of Chemical Ecology**, v. 22, p.1655-1668, 1996.

HILDER, V. A.; BOULTER, D. Genetic engineering of crop plants for insect resistance: a critical review. **Crop Protection**, v.18, p.177-191, 1999.

KASTEN JUNIOR, A. A.; PRECETTI, C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, v.53, n.1-2, p.68-78, 1978.

KOGAN M. Natural chemical in plant resistance to insects. **Iowa State Journal Research**, v.60, p.501-527, 1986.

LEITE, N. A.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; PEREIRA, E. J. G. O Milho Bt no Brasil: a Situação e a Evolução da Resistência de Insetos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Documentos**, 133, p.46, 2011.

LIMA, F. W. N; OHASHI, O. S.; SOUZA, F. R. S.; GOMES, F. S. Avaliação de acessos de milho para a resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazônica**, v.32, p.147-150, 2006.

LOURENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. de. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: *Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno*. **Fundação MS**, p.79-89, 2009.

LUGINBILL, P. H. The fall armyworm. USDA. **Technical Bulletin**, n.34, p.73, 1928.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.34, p.67-77, 2005.

MELO, M.; SILVA, R.F.P. Influência de três cultivares de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*(J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.16, n.1, p.37-49, 1987.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M. Uso do milho Bt no manejo integrado de lepidópteros-praga: recomendações de uso. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Comunicado técnico**, 170, 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**, v.46, p.239-244, 2011.

MEYERS, H. B., JOHNSON, D. R.; SINGER, T.L.; PAGE, L. M. Survival of *Helicoverpa zea* Boddie on Bollgard® cotton. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. v.2, p.1269-1271.

MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; MARTINS, A. L. M.; CAREGA, W. C.; NETTO, J. C.; DUARTE, A. P. Efeito do milho Bt no controle de pragas em híbridos de milho safrinha 2008. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, Rio Verde, 2009. **Anais...** FESURV: Universidade de Rio Verde, 2009, p. 393-399.

- MICHELOTTO, M. D.; PEREIRA, A. D.; FINOTO, E. L.; FREITAS, R. S de. Controle de pragas em híbridos de milho geneticamente modificados. **Revista Cultivar**, nº145, p.36-38, 2011.
- MORAES, A. R. A; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistance of conventional and isogenic transgenic maize hybrids. **Bragantia**, v.74, n.1, p.50-57, 2015.
- OTA, E. C.; LOURENÇÃO, A. L.; DUARTE, A. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; ITO, M. A. Desempenho de cultivares de milho em relação à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, v.70, n.4, p.850-859, 2011.
- PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.49, n.1, p.81-108, 2011.
- SANTOS, T. M.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Resistência de genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) a *Alabama argilacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.30, p.297-303, 2001.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, G. C. Área foliar e rendimentos de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3 p.263-271, 2007.
- SCHNEPF, H. E.; CRICMORE, N.; VANRIE, J.; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; ZFIDER, D. R. and DEAN. D.H. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.62, n.3, p.775-806, 1998.
- SCHULER, T. H.; POPPY, G. M.; KERRY, B. R.; DENHOLM, I. Insect-resistant transgenic plants. **Trends in Biotechnology**, v.16, p.168-174, 1998.
- STAPEL, J. O.; WATERS, D. J.; RUBERSON, J. R.; LEWIS, W. J. Development and behavior of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in choice tests with food substrates containing toxins of *Bacillus thuringiensis*. **Biological Control**, v.11, p.29-37, 1998.
- STORER, N. P.; KUBISZAK, M. E.; ED KING, J.; THOMPSON, G. D.; SANTOS, A. C. Status of resistance to Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: lessons from Puerto Rico. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.110, p.294-300, 2012
- VIANA, P. A.; GAMA, E. E. G. Avaliação de genótipos de milho para a resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17, 1988, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ, 1988.p. 60.
- VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Estudos dos mecanismos de resistência em populações de milho selecionadas como fontes de resistência à *Spodoptera frugiperda*. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1988-91**, Sete Lagoas, v.5, p.94-95, 1992.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (*Bt.*) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.1-11, 2002.

WAQUIL, J. M. Manejo da resistência em insetos-praga. In: PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas**: o algodão resistente a insetos como estudo de caso. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.238, 2003.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M. Mechanisms and bases of resistance in maize to southwestern corn borer and fall armyworm. In: International Symposium Held at the International Maize and Wheat Improvement Center. 1994, Mexico. **Proceedings...** Mexico: CIMMYT, 1997. p.29-36.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M.; HEDIN, P. A.; BAKER, G. T.; LUTHE, D. S. Factors associated with resistance to fall armyworm. (Lepidoptera: Noctuidae), and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in corn at different vegetative stage. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.1471-1480, 1998.

WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. **Crop Science**, v.37, p.957-962, 1997.

CAPÍTULO 2 - INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS RESISTENTES DE MILHO E PARASITÓIDE NO CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

RESUMO: Avaliou-se o comportamento de genótipo de milho convencional e transgênico com diferentes toxinas *Bt*, sob a infestação natural de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em condições campo, na safra de verão 2014/2015. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas (3x4x3), com três genótipos (BM 3061, P3862 HX e Impacto VIP 3), quatro estratégias de controle (Testemunha/ausência de controle, Manejo químico, MIP/inseticida biológico e controle biológico - *Trichogramma pretiosum*) e três períodos de avaliações (22, 29 e 36 DAE). A colheita foi realizada aos 150 dias após a semeadura e a umidade foi corrigida para 13%. Foram realizadas avaliações de danos nas espigas e número e danos de lagartas. As variáveis de produção foram massa de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹). O menor dano nas espigas foi no genótipo Impacto VIP 3. O genótipo Impacto VIP 3 foi o mais produtivo com 10.045,27 kg ha⁻¹. No híbrido Herculex P3862 observou-se infestação de lagartas e plantas danificadas semelhantes ao híbrido convencional BM 3061. O parasitoide de ovo *Trichogramma pretiosum* é uma alternativa eficaz no controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda*.

Palavras-chave: Resistência de planta a insetos; Controle biológico; Interação tritrófica; *Trichogramma pretiosum*

CHAPTER 2 - INTERACTION OF RESISTANT CORN GENOTYPES AND PARASITOID ON THE CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ABSTRACT: Evaluated the behavior of conventional and transgenic corn genotype with different *Bt* toxins, upon natural infestation of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in field conditions. The experimental was arranged in randomized blocks design (DBC) in sub-divided plots scheme (3x4x3) with three genotypes (BM 3061, P3862 HX and Impacto VIP 3), four growing system - untreated (absence of control), Famer system (practice that has been increasingly adopted by corn growers in Brazil), IPM (integrated pest management) and Biological control (*Trichogramma pretiosum*) and three evaluation periods (22, 29 and 36 DAE). Plants were harvested at 150 days after planted and the humidity was adjusted to 13%. Evaluations were conducted to determine the ear damage and number and damage caused by *S. frugiperda*. The yield parameters evaluated were mass of 100 grains (g) and yield (kg ha⁻¹). The less damage in the ears was in genotype Impacto VIP 3. The genotype Impacto VIP 3 was the most yielded (10.045,27 kg ha⁻¹). The hybrid Herculex P3862 obtained infestation of larvae and damaged plants similar to conventional hybrid BM 306. The egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* is an effective alternative in the control of *Spodoptera frugiperda*.

Key-words: Plant resistance to insects; Biological control; Tritrophic interaction; *Trichogramma pretiosum*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o milho tem sido cultivado em aproximadamente 15.361,1 milhões de hectares, com produção aproximada de 79 milhões de toneladas (CONAB, 2015). É um produto agrícola de grande utilização na alimentação animal e humana, constituindo-se em matéria prima de expressiva importância para o uso industrial. Todavia, dentre os fatores que podem comprometer o rendimento e a qualidade da produção, tem-se a incidência de pragas, as quais podem causar prejuízos econômicos (FERNANDES, 2003).

Dentre os insetos que causa danos econômicos, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma praga polífaga, podendo estar associada a 23 famílias de plantas (BUSATO et al. 2005). No Brasil, é considerada praga chave na cultura do milho (CRUZ et al., 2008) causando severos danos no estágio vegetativo, reprodutivo, durante a formação da espiga e dos grãos (CRUZ, 1995; CRUZ, 1999).

Para reduzir a população da praga abaixo do nível de dano econômico, o produtor utiliza o controle químico de forma frequente e intensa. No entanto, a eficiência do controle químico tem sido reduzida em consequência da seleção de populações de insetos resistentes, sendo este fato constatado para alguns piretróides e organofosforados (OMOTO et al., 2000; DIEZ-RODRIGUES e OMOTO, 2001; YU, et al., 2003; CRUZ et al., 2006).

O emprego de estratégias de manejo integrado deve ser inserido nos programas de controle da lagarta do cartucho do milho, com a finalidade de obtenção de resultados econômicos e ambientalmente corretos. Dentre essas estratégias, a utilização de plantas resistentes é conhecida pelas vantagens biológicas e ambientais (HAMM e WISEMAN, 1986).

A resistência de plantas a insetos é uma alternativa de controle, a qual busca a redução da população dos insetos-praga, minimizando os efeitos adversos de produtos químicos no meio ambiente, podendo ser utilizada com outras táticas de controle, contribuindo com os princípios do manejo integrado de pragas (LARA, 1991).

Viana e Potenza (2000) mostraram que as plantas resistentes interferem no desenvolvimento e no comportamento da praga, promovendo a possibilidade do uso racional dos produtos químicos, melhorando consequentemente a produtividade e reduzindo os custos médios dos produtores.

Na literatura, há registro de várias fontes de resistência genética do milho a pragas. Destacam-se, como fontes de resistência à *S. frugiperda*, os genótipos do grupo Antigua com

resistência múltipla a várias espécies de Lepidóptera (VIANA e GAMA, 1988), apresentando mecanismos de resistência como antibiose e não preferência (VIANA e POTENZA, 1992; DAVIS e WILLIAMS, 1997).

Lima et al., (2006) avaliaram acessos de milho para resistência a *S. frugiperda* em laboratório e observaram que os acessos AM 013, RO 009 e MA 002 promoveram a menor percentagem de viabilidade de lagartas, enquanto RR 168 e PA 110 foram os menos consumidos pelas lagartas de *S. frugiperda*.

Através de técnicas da biotecnologia, o gene de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) foi introduzido em plantas de milho, conferindo alto nível de resistência a algumas espécies de lepidópteros-praga (ARMSTRONG et al., 1995). O gene introduzido codifica a expressão de proteínas *Bt*, com ação inseticida, efetiva no controle de lepidópteros como *S. frugiperda* (LYNCH et al., 1999; BARRY et al., 2000; BUNTIN et al., 2001; HUANG et al., 2002).

Os estudos de interações tritróficas entre plantas, seus herbívoros e inimigos naturais (predadores e parasitóides) têm tido grandes avanços nos últimos anos (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012).

O conhecimento da resposta do inimigo natural às características de resistência da planta é importante para o sucesso na integração controle biológico e cultivares resistentes a insetos em programas de MIP (BARBOUR et al., 1997; SANTOS et al., 2003). Dentre os agentes utilizados no controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) apresenta grande importância no parasitismo de ovos dessa praga (CRUZ et al., 1999; CRUZ e MONTEIRO, 2004; CRUZ, 2008).

O gênero *Trichogramma* parasitam ovos de várias pragas agrícolas e florestais e são utilizadas em programas de MIP no Brasil, China, França, Estados Unidos, Rússia, Nicarágua, Colômbia e outros países (PEREIRA et al. 2004; FONSECA et al., 2005; PASTORI et al. 2008).

Estudos realizados por Fernandes (2003) verificaram que o parasitismo natural por *Trichogramma* spp. sobre ovos de *S. frugiperda* é semelhante em milho transgênico e convencional. Martinazzo et al. (2007) avaliaram as liberações de *T. pretiosum* no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho e observaram redução no número de plantas danificadas por *S. frugiperda*.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes estratégias no controle de *S. frugiperda*, em genótipos de milho convencional e transgênicos com tecnologia Herculex e Viptera 3.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área de Pivô Central no Instituto Federal Goiano, no Campus de Urutaí, no estado de Goiás em área para produção de grãos e desenvolvimento de pesquisas agrônômicas do próprio Instituto. Foram utilizados três genótipos de milho, sendo um convencional e dois transgênicos, fornecidos pelos representantes das empresas Biomatrix, Dupont Pioneer e Syngenta (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos genótipos de milho utilizados nos experimentos com *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), Urutaí, Goiás, Brasil. 2015.

Genótipo	Tipo*	Tecnologia	Proteína <i>Bt</i>	Ciclo**	Uso***
BM 3061	HS	Convencional	-	P	SPI/MV
P3862 HX	HS	Transgênica	Cry1F	P	G/SPI
Impacto VIP3	HT	Transgênica	Cry1Ab e VIP3Aa20	P	G/SPI

*TipoHT - Híbrido triplo; HS - Híbrido simples; **Ciclo:P - Precoce; ***Uso: G – Grãos; SPI – Silagem de planta inteira; MV – Milho verde

Para a realização do experimento foram adquiridos inseticidas químicos em revenda no município de Orizona Goiás. O inseticida biológico e a vespinha *T. pretiosum* foram disponibilizados pelo Laboratório de Entomologia Agrícola do Instituto Federal Goiano do Campus de Urutaí.

3.1 Criação *Trichogramma pretiosum*

Na manutenção e multiplicação do parasitóide *T. pretiosum*, empregou-se o hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), que foi criado obedecendo à metodologia desenvolvida por Parra (1997), utilizando uma dieta à base de farinha de trigo integral (70%), farinha integral de milho (27%) e levedura de cerveja (3%). Foram utilizados ovos de *A. kuehniella* colados em retângulos de cartolina (10,0 x 6,0 cm), por meio de goma arábica a 10%, e inviabilizados pela exposição à lâmpada de radiação germicida, durante 45 minutos (PARRA, 1997). As cartelas foram acondicionadas em potes de vidro (12,0 x 6,0 cm) contendo outra cartela semelhante à anterior, porém com os parasitóides prestes a emergir. Os recipientes foram lacrados com filme de PVC contendo em sua parede interna uma gotícula de mel puro, para alimentação dos parasitóides. Os vidros

foram mantidos em sala climatizada em temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

3.2 Experimento de Campo

O preparo do solo foi realizado com gradagem e nivelção da área para eliminação das plantas daninhas. As linhas de semeadura foram realizadas por meio de um sulcador. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 m, semeando 3,3 sementes por metro, com estande final de 66.000 plantas ha^{-1} .

A adubação foi calculada com base na interpretação da análise de solo e exigência da cultura. Foram utilizados 500 kg ha^{-1} do fertilizante 08-20-20, correspondendo 40 kg ha^{-1} de Nitrogênio (N), 100 kg ha^{-1} de Fósforo (P_2O_5) e 100 kg ha^{-1} de Potássio (K_2O).

Para o controle das plantas daninhas foi utilizado o herbicida pré-emergente Primestra Gold (ingrediente ativo Atrazina + S-Metolacoloro), com dosagem de $4,5 \text{ L ha}^{-1}$, sendo aplicado antes da emergência das plantas, com pulverizador costal. A adubação de cobertura foi realizada no estádio V3, aproximadamente duas semanas após a emergência das plantas, utilizando 350 kg ha^{-1} da fórmula 36-00-12, sendo 126 kg ha^{-1} de N e 42 kg ha^{-1} de K_2O .

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, sendo representadas pelos três genótipos de milho, em quatro sistemas de cultivo: Testemunha (ausência de controle), Manejo químico, MIP/inseticida biológico e controle biológico/ *T. pretiosum* e três períodos de avaliações. Cada parcela constituiu-se de uma área de 4,0 m de largura x 10 m de comprimento (40 m^2) com 8 linhas. Obteve-se uma área total com 1.920 m^2 .

As pulverizações de inseticidas nas subparcelas foram realizadas quando aproximadamente 10% das plantas apresentaram sintomas de folhas raspadas (CRUZ, 1999). Isto ocorreu aos 10 DAE para a primeira e 15 DAE na segunda.

Na subparcela do tratamento manejo químico, utilizaram-se o inseticida fisiológico Dimilin (Diflubenzurom 250 g kg^{-1}) na dose de 100 g ha^{-1} ou 25 g i.a ha^{-1} e o inseticida Brilhante BR (Metomil 215 g L^{-1}) $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ ou 129 g ha^{-1} do i.a. Para a subparcela MIP foi aplicado o inseticida biológico Tracer (Spinosade 480 g L^{-1}) $0,08 \text{ L ha}^{-1}$ ou $38,4 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a. O volume da calda de aplicação foi de 200 L ha^{-1} . A pulverização foi realizada com auxílio de um equipamento costal com capacidade de 20 L.

A liberação de *T. pretiosum* no tratamento controle biológico iniciou-se quando foi realizado a primeira aplicação dos inseticidas químicos e biológico nos demais tratamentos.

Foram realizadas três liberações com aproximadamente 40.000 vespinhas, sendo a primeira quando foi observada a presença de adultos de *S. frugiperda* no local e folhas raspadas por larvas de primeiro ínstares. As liberações seguintes ocorreram com intervalo de sete dias.

O método de distribuição empregado na liberação de *T. pretiosum* foi através do uso de cartelas parasitadas antes da emergência do adulto do parasitoide. Após o recorte da cartela, distribuíram-se as pequenas quadrículas nas bainhas das plantas de milho. Na terceira liberação (última), houve a antecipação da emergência dos adultos no laboratório, e por essa razão foi realizado a soltura de vespinhas adultas já emergidas na área. O método empregado foi segundo Cruz e Monteiro (2004), levando os recipientes de vidro contendo os adultos até o campo, percorrendo toda a área do experimento, liberando-as próximo as plantas. Próximo à área do tratamento com *T. pretiosum*.

Durante a fase vegetativa da cultura do milho foram realizadas três avaliações de infestação e danos de *S. frugiperda*, aos 22, 29 e 36 DAE. Cinco plantas de cada parcela foram coletas e acondicionadas em embalagens plásticas. No laboratório, essas plantas foram avaliadas, contando-se o número de lagartas em folhas novas e em seguida, determinou-se a nota de danos, utilizando-se a escala visual, com variação de 0 a 9 (Tabela 2), adaptada por Davis et al. (1992).

Tabela 2. Escala de notas (0 a 9) utilizadas para avaliação de danos de *S. frugiperda* no cartucho do milho.

Nota	Descrição
0	Planta sem injúria
1	Planta com pontuações
2	Planta com pontuações, 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm)
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5cm)
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (entre 1,5 e 3,0 cm); mais pequenos furos circulares (até 0,5 cm)
5	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (>3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais 1 a 5 furos ou lesões alongadas (até 1,5 cm)
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (>3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais 1 a 3 furos grandes (> 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grande (>3,5 cm) em 2 ou mais folhas, mais 3 a 5 furos grandes (> 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais de 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais de 5) maiores que 3,0 cm em muitas folhas
9	Planta com folhas quase totalmente destruídas

Adaptada de Davis et al. (1992).

Aos 150 dias após a semeadura foi realizada a colheita manual das espigas de milho com umidade dos grãos variando de 18 a 20%. Para a produtividade de grãos, obteve-se a massa em kg ha⁻¹ dos grãos em uma linha central de cada parcela, sendo os valores obtidos corrigidos para 13% de base úmida. A massa de 100 grãos (g) foi obtida através da contagem

e posterior pesagem dos grãos ao acaso. O rendimento de grãos de cada parcela foi extrapolado para kg ha^{-1} . Foram avaliadas 30 espigas por parcela quanto à existência de danos provocados por lagartas.

3.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Fisher e no caso de efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Adotou para análise, o software ASSISTAT versão 7.7 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferenças significativas foram verificadas para o número médio de lagartas de *S. frugiperda* nos três genótipos de milho nos três períodos de avaliações e nas quatro estratégias de controle (Tabela 3).

Tabela 3: Número médio e danos de *Spodoptera frugiperda*, por cinco plantas, obtidos em três genótipos de milho, em quatro estratégias de controle e três períodos de avaliações. Urutaí, GO, Brasil, 2015.

Genótipos (G)	Variáveis avaliadas	
	Número de lagartas	Dano de lagartas
BM 3061	2,16 a	5,04 a
P 3862 HX	1,83 a	4,84 a
Impacto VIP 3	0,13 b	0,54 b
Teste F	61,44**	184,25**
P valor	<0,0001	<0,0001
Estratégias de Controle (E.C)		
Testemunha	1,31	4,09 a
Manejo Químico	1,20	3,66 b
MIP/ Inseticida biológico	1,21	3,03 c
Biológico/ <i>T. pretiosum</i>	1,78	3,11 c
Teste F	3,2 ^{NS}	15,42**
P valor	0,0762	0,0006
Período de Avaliação (P.A)		
22 DAE	0,92 b	2,36 c
29 DAE	1,92 a	3,74 b
36 DAE	1,29 c	4,32 a
Teste F	10,96**	36,49**
P valor	<0,0001	<0,0001
Interação		
Teste F (E.C x G)	1,98 ^{NS}	0,7096 ^{NS}
P valor	0,01071	0,6451
Teste F (E.C x P.A)	2,61*	3,13**
P valor	0,0238	0,0088
Teste F (G x P.A)	2,47*	10,32**
P valor	0,0347	<0,0001
Teste F (E.C x G x P.A)	2,52**	0,70 ^{NS}
P valor	0,0077	0,1878

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo, ** significativo a 1%, * significativo a 5%. DAE dias após emergência.

Os genótipos BM 3061 e P3862 HX obtiveram as maiores médias de lagartas por plantas e o genótipo Impacto VIP 3 foi o menos infestado. Não houve diferença significativa para o número de lagartas nas estratégias de controle, porém em termos absolutos, observou-

se que o biológico (*T. pretiosum*) apresentou a maior média de infestação com lagartas. Esta maior infestação neste tratamento, provavelmente se deve a primeira liberação de *T. pretiosum* ter sido realizada quando já havia a incidência de lagartas na área. Segundo Cruz e Monteiro (2004) a distribuição do *T. pretiosum* em campo deve ser sincronizada com o aparecimento de ovos e/ou adultos da praga para a maior eficiência no controle de *S. frugiperda*.

De acordo com os resultados da infestação de lagartas de *S. frugiperda*, observa-se que o genótipo P3862 HX, não se diferiu do híbrido convencional, podendo ser um caso de resistência adquirida de *S. frugiperda* à proteína Cry1F, conforme descrito por Storer et al. (2012) que confirmaram resistência de lagartas de *S. frugiperda* ao híbrido de milho TC1507 portador da proteína Cry1F em Porto Rico. Este comportamento de *S. frugiperda* possivelmente esteja relacionado ao fato do evento não expressar a proteína Cry1F em alta dose para *S. frugiperda* ou elevada pressão populacional da praga (STORER et al., 2010).

Ainda na Tabela 3, a época de avaliação que apresentou a maior infestação de lagartas nas plantas de milho foi aos 29 DAE e aos 22 DAE a menor infestação. Esses resultados estão relacionados aos períodos de aplicação dos inseticidas nas áreas, observando que a menor infestação foi encontrada doze dias após a primeira aplicação dos inseticidas químicos e biológico, coincidindo em seu período residual no controle das lagartas.

Quanto aos danos provocados por lagartas de *S. frugiperda* na cultura do milho, foi constatada diferença significativa e o genótipo Impacto VIP 3 foi o menos danificado. Os genótipos que apresentaram maiores danos foram BM3061 e P3862 HX, respectivamente (Tabela 3). Avaliando danos de lagartas nas estratégias de controle, pode-se observar que a testemunha foi o mais danificado e os sistemas que apresentaram menores danos foram MIP e Biológico (*T. pretiosum*). Em relação às épocas de avaliações, o período que se constatou maior danos de lagartas foi aos 29 DAE e o menor em 22 DAE.

O genótipo Impacto VIP 3 apresentou eficiência elevada no controle das lagartas, sendo observado ao longo das três avaliações a baixa infestação e baixos danos de lagartas. Fato este que pode estar ligado a alta dose da proteína VIP3Aa20 expresso neste genótipo (BERNARDI, 2014).

O híbrido convencional BM 3061 e Herculex P 3862 HX, comportaram-se de maneira semelhante, apresentando danos segundo a escala visual acima de 4,8, confirmando a resistência adquirida pela lagarta do cartucho à proteína Cry1F no genótipo Herculex. Estes resultados corroboram com os de Michelotto et al. (2011), que observaram que genótipos convencionais pulverizados com inseticidas não diferiram dos materiais *Bt* não pulverizados,

com relação à nota de danos da lagarta. Segundo estes autores alguns híbridos *Bt* apresentam a mesma eficiência no controle que híbridos convencionais pulverizados com inseticidas.

Os danos da lagarta de *S. frugiperda* foram crescentes ao longo das avaliações, sendo que aos 36 DAE, as injúrias foram relativamente maiores, e isto, implicou na ineficiência das pulverizações com inseticidas químicos e/ou possível resistência da praga aos produtos utilizados. Os menores danos foram visualizados nas estratégias de controle empregando o MIP (inseticida biológico) e biológicos (*T. pretiosum*).

Estes dados estão de acordo com os realizados por Chaves et al. (2012) que utilizaram tratamento de sementes com inseticida à base de imidacloprido + tiodicarbe (Cropstar) e controle biológico com *T. Pretiosum*. Esses autores observaram, que em três liberações de 100.000 parasitóides ha⁻¹, ocorreram redução na porcentagem de plantas atacadas por *S. frugiperda* e este valor ficou abaixo do nível de dano econômico estabelecido pela cultura. Confirmaram também, a eficiência do inseticida biológico a base de espinosade, reduzindo a porcentagem de plantas atacadas por lagartas de *S. frugiperda*.

Para o desdobramento da interação estratégias de controle *versus* período de avaliação (Tabela 4), constataram-se diferenças significativas apenas aos 36 DAE, onde o biológico (*T. Pretiosum*) obteve a maior infestação de lagartas e MIP a menor média de lagartas. Essa maior infestação na estratégia com uso de controle biológico pode ser explicado pela alta densidade da praga na fase larval e que aos 36 DAE do milho já haviam se passado 12 dias da última liberação de *T. pretiosum* na área.

Tabela 4: Valores da análise de desdobramento da interação entre estratégias de controle *versus* período de avaliação, referente ao número médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, por cinco plantas. Urutaí, GO, 2015.

Estratégias de Controle	Período de avaliação		
	22 DAE	29 DAE	36 DAE
Testemunha	0,85 aA	1,86	1,23 bA
Manejo Químico	0,98 aA	1,55	1,08 bA
MIP/ Inseticida biológico	0,58 aB	2,45	0,60 bB
Biológico/ <i>T. pretiosum</i>	1,28 aA	1,81	2,25 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Com base nos valores de desdobramento da interação genótipos de milho *versus* período de avaliação, referente ao número médio de lagartas (Tabela 5), observam-se diferenças significativas nas avaliações aos 22, 29 e 36 DAE.

Tabela 5: Valores da análise de desdobramento da interação entre genótipos de milho versus período de avaliação, referente ao número médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, por cinco plantas. Urutaí, GO, 2015.

Genótipos	Período de avaliação		
	22 DAE	29 DAE	36 DAE
BM 3061	1,66 aB	2,56 aA	2,26 aA
P 3862 HX	1,05 aB	2,90 aA	1,56 aB
Impacto VIP 3	0,06 bA	0,30 bA	0,05 bA

¹Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Aos 22 DAE, os genótipos BM 3061 e P3862 HX apresentaram as maiores infestações de lagartas. Com 29 DAE os genótipos que tiveram as maiores infestações foram BM 3061 e P3862 HX e aos 36 DAE, BM 3061 e P3862 HX, o maior número de lagartas. Nas três avaliações aos 22, 29 e 36 DAE, o híbrido Impacto VIP 3 apresentou a menor infestação de *S. frugiperda*.

Para o desdobramento da interação estratégias de controle versus período de avaliação verificaram-se diferenças significativas (Tabela 6).

Tabela 6: Valores da análise de desdobramento da interação entre sistemas de cultivo versus período de avaliação, referente ao dano médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, em cinco plantas de milho. Urutaí, GO, Brasil.

Estratégia de Controle	Período de avaliação		
	22 DAE	29 DAE	36 DAE
Tratamento	2,71 aB	4,56 aA	5,00 aA
Produtor/Químico	1,90 aB	4,51 aA	4,56 aA
MIP/Inseticida biológico	2,00 aB	3,20 bA	3,91 bA
Biológico/ <i>T. pretiosum</i>	2,83 aB	2,70 bB	3,80 bA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Analisando a interação estratégias de controle versus período de avaliação, observa-se que os danos de lagartas de *S. frugiperda* foram significativos nos períodos de 29 e 36 DAE. Aos 29 DAE, o sistema biológico (*T. pretiosum*) apresentou o menor dano de lagartas, enquanto a testemunha e manejo químico os maiores danos. Aos 36 DAE, constatou-se que os menores danos nas plantas ocorreram nos tratamentos MIP e biológico (*T. pretiosum*) e os maiores danos foram observados na testemunha e manejo químico.

As estratégias de controle que apresentaram os menores danos de lagartas foram o MIP e biológico (*T. pretiosum*), mostrando eficiência no controle das lagartas de *S. frugiperda*. Pelo uso de inseticida biológico e a liberação do parasitoide de ovos *T. pretiosum*,

e considerando o tempo em que a área não recebe nenhuma aplicação de inseticidas, o agroecossistema estabelece a maior biodiversidade, incluindo a ação de outros inimigos naturais no controle das pragas (CHAVES et al., 2012).

Nos valores da análise de desdobramento da interação entre genótipos de milho *versus* período de avaliação, para os danos de lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 7), observam-se diferenças significativas aos 22, 29 e 36 DAE. Na avaliação de 22 DAE, os genótipos BM 3061 e P3862 HX apresentaram os maiores danos. Aos 29 DAE, BM 3061 e P3862 HX foram os mais danificados e aos 36 DAE, BM 3061 e P3862 HX também obtiveram maiores danos de lagartas de *S. frugiperda*. O híbrido transgênico Impacto VIP 3 apresentou o menor dano em todas as avaliações.

Tabela 7: Valores da análise de desdobramento da interação entre genótipos de milho *versus* período de avaliação, referente ao dano médio de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, em cinco plantas de milho. Urutaí, GO, Brasil.

Genótipos	Período de avaliação		
	22 DAE	29 DAE	36 DAE
BM 3061	3,63 aB	5,66 aA	5,82 aA
P 3862 HX	2,87 aC	5,27 aB	6,38 aA
Impacto VIP 3	0,57 bA	0,30 bA	0,75 bA

¹Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. DAE: Dias após a emergência.

Na Tabela 8, foram visualizadas diferenças significativas para o número de espigas danificadas por lagartas, onde o genótipo Impacto VIP 3 foi o menos danificado e as espigas provenientes dos genótipos BM 3061 e P3862 HX as mais danificadas. Resultados estes que corroboram com os de Michelotto et al. (2013). Esses autores verificaram que genótipo com a tecnologia Viptera3 foi a que apresentou a maior eficiência de controle, não apresentando espigas com sintomas de danos e lagartas presentes. Pirotta et al. (2012) observaram alta percentagem de espigas danificadas por lagartas, mesmo nos materiais transgênicos, exceto o híbrido Maximus VIP 3, que apresentou a menor percentagem de danos.

Tabela 8: Número médio de espigas danificadas por lagartas, peso de 100 grãos (g) e produção de grãos por hectare (kg ha⁻¹), obtidos em 3 genótipos de milho, em quatro estratégias de controle. Urutaí, GO, Brasil, 2015.

Genótipos (G)	Nº espigas danificadas	Peso de 100 sementes	Produção de grãos
BM 3061	20,56 a	36,19 a	9.515,93 b
P 3862 HX	19,75 a	37,00 a	9.436,13 b
Impacto VIP 3	6,43 b	29,64 b	10.045,27 a
Teste F	47,34**	51,50**	5,26*
P valor	<0,0001	<0,0001	0,0127
Estratégias de controle (E.C)			
Testemunha	16,58	32,10	8964,00
Manejo químico	14,08	35,91	10082,43
MIP/Inseticida biológico	16,66	34,52	9484,83
Biológico/ <i>T. pretiosum</i>	15,00	34,57	10131,86
Teste F	1,17 ^{NS}	2,41 ^{NS}	2,65 ^{NS}
P valor	0,3724	0,1333	0,1122
Interação			
Teste F (E.C x G)	1,04 ^{NS}	2,06 ^{NS}	2,03 ^{NS}
P valor	0,4197	0,0957	0,0999

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. NS não significativo, ** significativo a 1%, * significativo a 5%.

Para os parâmetros de produtividade, quando analisado amostras de 100 sementes, houve diferença significativa, onde o genótipo Impacto VIP3 (29,64) obteve o menor peso de amostra, e BM 3061(36,19) e P3862 HX (37,00) com os maiores pesos. Não havendo diferença significativa do peso de 100 sementes nas diferentes estratégias de controle. Para a produção total de grãos, constatou-se que o genótipo Impacto VIP 3 foi o mais produtivo com 10.045,27 kg ha⁻¹, e os menos produtivos foram BM 3061 e P3862 HX com 9.515,93 e 9.436,13 kg ha⁻¹, respectivamente.

Para a produção total de grãos dos genótipos nas diferentes estratégias de controle, não houve diferença significativa, mas pode-se observar que os genótipos mais produtivos foram obtidos nos sistemas biológicos (10.131,86 kg ha⁻¹) e produtor (10.082,43 kg ha⁻¹) e os menos produtivos MIP (9.484,83 kg ha⁻¹) e testemunha (8.964,00 kg ha⁻¹). Não havendo interação significativa entre sistema de cultivo versus genótipos.

Estudos realizados por Moraes et al. (2015) mostraram que as maiores produtividades foram obtidas nos híbridos com a tecnologia Viptera e as menores no híbrido convencional DKB390. Michelotto et al. (2011, 2013) destacaram que plantas geneticamente modificadas não aumentam a produtividade, mas tem por finalidade minimizar os danos das pragas, para que elas possam expressar ao máximo seu potencial produtivo. Segundo Moraes et al. (2015), quanto maior o ataque das lagartas, maior será sua resposta em relação aos híbridos

convencionais e, em casos de não ocorrência da praga, os híbridos transgênicos terão a mesma produtividade de seus respectivos híbridos convencionais.

5. CONCLUSÕES

A tecnologia Viptera 3 proporcionou eficiência no controle e redução dos danos ocasionados por *S. frugiperda* e o acréscimo na produtividade quando comparado ao híbrido convencional.

O híbrido de milho Herculex P3862, obteve resultados semelhantes ao híbrido convencional BM 3061, quanto à infestação de lagartas e plantas danificadas, sugerindo a resistência adquirida pela *S. frugiperda* a toxina Cry1F.

O controle de lagartas de *S. frugiperda* com inseticida biológico à base de espinosade (80 mL há⁻¹ p.c) apresentou boa eficiência, sendo uma opção no controle de lagartas remanescentes dos cultivos *Bt*.

A utilização do parasitoide de ovo *T. pretiosum* é uma alternativa eficaz para o controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, podendo ser empregado em conjunto com cultivos com a toxina *Bt*.

A resistência de plantas a insetos seja ela natural ou geneticamente modificada é uma importante ferramenta no MIP e, pode ser utilizada concomitante com outras estratégias de controle de pragas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; BROWN, S. M.; SANDERS, P. R.; DUNCAN, D. R.; STONE, T.; DEAN, D. A.; DeBOER, D. L.; HART, J.; HOWE, A. R.; MORRISH, F. M.; PAJEAU, M. E.; PETERSEN, W. L.; REICH, B. J.; RODRIGUEZ, R.; SANTINO, C. G.; SATO, S. J.; SCHULER, W.; SIMS, S. R.; STEHLING, S.; TAROCHIONE, L. J.; FROMM, M. E. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, v.35, p. 550-557. 1995.
- BARRY, B. D.; DARRAH, L. L.; HUCKLA, D. L.; ANTONIO, A. Q.; SMITH, G. S.; O'DAY, M. H. Performance of transgenic corn hybrids in Missouri for insect control and yield. **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.3, p.991-999, 2000.
- BERNARDI, O. Análise de risco de evolução da resistência à proteína Vip3Aa20em populações de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 25, 2014. **Resumos...**Goiânia, 2014. Londrina-PR : Sociedade Entomológica do Brasil, 2014. v.1. p.1-1.
- BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R.M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, v.84, n.1, p. 37-42, 2001.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, v.34, n.5, p.743-750, 2005.
- CHAVES, F. F.; CALSAVARA, LEONARDO H. F.; SOBRINHO, J. B. G.; OLIVEIRA, A. C. de; NOCE, M. A.; CARVALHO, D. O; PESSOA, S. T. Manejo Integrado da Lagarta-do-Cartucho (*Spodoptera frugiperda*) do Milho em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29, 2012 **Resumos...**Águas de Lindóia, 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA (CONAB): grãos, quarto levantamento. Brasília:, 2015. 95p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf> Acesso em: 30 de jan. 2015.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 21, 45p. 1995.
- CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho: enfrente o principal inimigo do milho. **Revista Cultivar**, n.21, 68p. 1999.

CRUZ, I. **Manejo de pragas da cultura do milho.** In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). A Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, cap.12, p.303-362, 2008.

CRUZ, I; FIGUEIREDO, M. L. C; MATOSO, M. J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma*.** Embrapa, CNPMS, 40 p. Circular Técnica, 30. 1999.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; VIANA, P. A.; PAULA, L. A. Suscetibilidade de diferentes populações de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas químicos. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26, 2006, **Anais...** Belo Horizonte, p.234, 2006.

CRUZ, I; MONTEIRO, M. A. R. Controle biológico da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum*. Embrapa, Sete Lagoas, **Comunicado Técnico**, 98, 4 p., 2004.

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, **Technical Bulletin**, 186. 1992. 9p.

DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF INSECT RESISTANT MAIZE: Recent advances and utilization, 1994. Mexico. **Proceedings...** México: CIMMYT, 1997. p 101-108. Edited by J. A. Mihm.

DIEZ-RODRIGUES, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) à lambda-cialotrina. **Neotropical Entomology**, v.30, p.311-316, 2001.

FERNANDES, O. D. **Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) e no parasitoide de ovos *Trichogramma spp.*** 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

FONSECA, F. L.; COVALESKI, A.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae). **Neotropical Entomology**, v.34, p.945-949, 2005.

HAMM, J. J.; WISEMAN, B. R. Plant resistance and nuclear polyhedrosis virus for suppression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v.69, p.541-549, 1986.

HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, v.95, n.3, p.614-621, 2002.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos.** São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LIMA, F. W. N.; OHASHI, O. S.; SOUZA, F. R. S.; GOMES, F. S. Avaliação de acessos de milho para a resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazônica**, v.32, p.147-150, 2006.

LYNCH, R. E.; WISEMAN, B. R.; SUMNER, H. R. PLAISTED, D.; WARNICK, D. Management of corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) injury on a sweet corn hybrid expressing a Cry1A(b) gene. **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.5, p.1217-1222, 1999.

MARTINAZZO, T.; PIETROWSKI, V.; CORDEIRO, E.; ECKSTEIN, B.; GRISA, S. Liberação de *Trichogramma pretiosum* para controle biológico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p.1657-1660, 2007.

MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL NETTO, J.; FREITAS, R. S.; DUARTE, A. P.; BUSOLI, A. C. Milho transgênico (*Bt*): efeito sobre pragas alvo e não alvo. **Nucleus**, v.10, n.3, p.67-82, 2013.

MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; MARTINS, A. L. M.; DUARTE, A. P. Interação entre transgênicos *Bt* e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho safrinha. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.1, p.71-79, 2011.

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

OMOTO, C.; SCHIMIDT, F. B.; SILVA, R. B.; ZUCCHI, T. D.; RISCO, M. D. M. Bases for insecticides resistance management of *Spodoptera frugiperda* in corn in Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21, 2000. Foz do Iguaçu. **Abstracts...** Londrina: Embrapa Soja, 2000. v.1, p.347. (Embrapa Soja. Documentos, 143)

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: Fealq, 1997. p.121-150.

PASTORI, P. L., MONTEIRO, L. B. E BOTTON, M. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) “linhagem bonagota” criado em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera, Tortricidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.52, p.1-14, 2008.

PEREIRA, F. F., BARROS, R., D. PRATISSOLI e J. R. P. PARRA. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criados em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**, v.33, p.231-236, 2004.

PIROTTA, M. Z.; MICHELOTTO, M. D.; PEREIRA, A. D.; FREITAS, R. S. de; MARTINS, A. L. M. **Eficiência de Diferentes Tecnologias *Bt* no Controle de pragas na Safrinha: II. Controle da Broca-da-Cana e de Lagartas na Espiga**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia, **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo 2012.

RODRÍGUEZ-SAONA, C. La Ecología Química de Interacciones Tri-Troficas, *In.*: ROJAS, J. C.; MALO, E. A. (Eds.). **Temas selectos en ecología química de insectos**. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur, 2012. p. 315-342, 2012.

SANTOS, T. M.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOARES, J. J. Influência de tricomas do algodoeiro sobre os aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentada com *Aphis gossypii* Glover. **Bragantia**, v.62, n.2, p.243-254, 2003.

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**, v.103, p.1031-1038, 2010.

VIANA, P. A.; GAMA, E. E. G. Avaliação de genótipos de milho para a resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17, 1988, Piracicaba. **Resumos...**Piracicaba: ESALQ, 1988.p.60.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, v.59, p.27-33, 2000.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. **Estudos dos mecanismos de resistência em populações de milho selecionadas como fontes de resistência à *Spodoptera frugiperda***. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1988-91, Sete Lagoas, v.5, p.94-95, 1992.

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

2. CONCLUSÕES GERAIS

Os genótipos transgênicos 20A55 HX, 30A91 PW, LG 6036 PRO, 20A78 HX e BR 9004 PRO possuem resistência moderada a *S. frugiperda*.

Os genótipos convencionais AG 1051 e AL Bandeirante são altamente suscetíveis a *S. frugiperda* e o genótipo transgênico BX 1293 YG é suscetível a *S. frugiperda*.

No experimento de campo as menores infestações foram em NS90 PRO2, 30A91 PW, Maximus VIP 3, Feroz VIP 3, Impacto VIP 3 e RB 9004 PRO, apresentando alto grau de resistência a *S. frugiperda*.

O híbrido Herculex P3862 obteve infestação de lagartas e plantas danificadas semelhantes ao híbrido convencional BM 3061.

O menor dano nas espigas foi no genótipo Impacto VIP 3. O genótipo Impacto VIP 3 foi o mais produtivo.

O parasitóide de ovo *T. pretiosum* é uma alternativa eficaz no controle de lagartas de *S. frugiperda*.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, C. A.; WILSON, R. L.; WISEMAN, B. R.; WHITE, W. H.; DAVIS, F. M. Conventional resistance of experimental maize lines to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae), and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.3, p.982-987, 2000.

ANDORNO, A. V.; LÓPEZ, S. N.; BOTTO, E. N. Asociaciones áfido-parasitoide (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) en cultivos hortícolas orgánicos en Los Cardales, Buenos Aires, Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.66, n.1/2, p.171-175, 2007.

ARAUJO, A. V. de; BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; FERREIRA, I. C. P. V.; COSTA, C. A. da; PORTO, B. B. A. Desempenho agrônômico de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, 2013.

ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; BROWN, S. M.; SANDERS, P. R.; DUNCAN, D. R.; STONE, T.; DEAN, D. A.; DeBOER, D. L.; HART, J.; HOWE, A. R.; MORRISH, F. M.; PAJEAU, M. E.; PETERSEN, W. L.; REICH, B. J.; RODRIGUEZ, R.; SANTINO, C. G.; SATO, S. J.; SCHULER, W.; SIMS, S. R.; STEHLING, S.; TAROCHIONE, L. J.; FROMM, M. E. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, v.35, p. 550-557. 1995.

ÁVILA, C.J.; DEGRANDE, P.E.; GOMEZ, S.A. **Insetos-pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle**. In: Milho: Informações Técnicas. Dourados: Embrapa. Circular Técnica 5, p.168-180, 1997.

BASTOS, C. S; TORRES, J. B. Os perigos às escondidas. **Revista Cultivar**, v.60, p.10-13, 2004.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SANTOS, T. M.; SOARES, J. J. Influência de genótipos de algodoeiro sobre o desenvolvimento e capacidade predatória de ninfas de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, p.75-80, 2002.

BOKONON-GANTA, A.H.; BERNAL, J.S.; PIETRANTONIO P.V.; SÉTAMOU, M. Survivorship and development of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), on conventional and transgenic maize cultivars expressing *Bacillus thuringiensis* Cry9C and Cry1A(b) endotoxins. **International Journal of Pest Management**, v.49, p.169-175, 2003.

BOURGUET, D.; DESQUILBET, M.; LEMARIE, S. Regulating insect resistance management: the case of non-Bt corn refuges in the US. **Journal of Environmental Management**, v.76, p.210-220, 2005.

BRAVO, A.; GILL, S.S.; SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, v.49, p.423-435, 2007.

BUSATO, G. R; GRUTZMACHER, A. D; GARCIA, M. S; GIOLO, F. P; MARTINS, A. F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, v.31, p.525-529, 2002.

BUSATO, G.R.; GRÜTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; GIOLO, F.P.; ZOTTI, M.J.; MAGALHÃES, T.R. Tabela de vida de fertilidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.4, p.449-455, 2004.

CAPINERA, J. L. **Handbook of vegetable pests**. San Diego, Academic Press, 2700p, 2002.

CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of entomology**. 2nd ed., Springer, Dordrecht, The Netherlands. v.1-4, 4346p, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA (CONAB): grãos, quarto levantamento. Brasília, 2015. 95p. **Disponível em:** <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf> Acesso em 30 de jan. 2015.

COSTA, M. A. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; ZOTTI, M. J.; HÄRTER, W. da R.; NEVES, M. B. das. Consumo Foliar e Preferência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) por cultivares de Milho e Sorgo. **Revista Brasileira Agrociência**, v.12, n.4, p.415-421, 2006.

CRUZ, I. **Controle biológico de pragas na cultura de milho para produção de conservas (minimilho), por meio de parasitóides e predadores**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 90, 16p, 2007.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Circular Técnica**, 21, 45p., 1995.

CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, cap.12, p.303-362, 2008.

CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, A.C. Competição de inseticidas visando o controle químico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.12, n.2, p.235-242, 1983.

CUNHA, U. S.; MARTINS, J. F. S.; PORTO, P. M.; GARCIA, S. M.; BERNARDI, O.; TRECHA, O. C.; BERNARDI, D.; JARDIM, O. E.; BACK, U. C. E. Resistência de milho para cultivo em várzeas subtropicais à lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1125-1128, 2008.

DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm. In:

INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF INSECT RESISTANT MAIZE: Recent advances and utilization, 1994. Mexico. **Proceedings...** México: CIMMYT, 1997. p.101-108. Edited by J. A. Mihm.

DUTTON, A.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Effects of Bt maize expressing Cry1Ab and Bt spray on *Spodoptera littoralis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.114, p.161-169, 2005.

EIGENBRODE, S.D.; TRUMBLE, J.T. Fruit based tolerance to damage by beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato. **Environmental Entomology**, v.23, n.4, p.937-942, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. (2014). Milho-cultivares para 2013/2014. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso: 30 de jan. 2015.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 360p, 2000.

FARID, A.; JOHNSON, J. B.; QUISENBERRY, S. S. Compatibility of a coccinellid predator with a Russian wheat aphid resistant wheat. **Journal of the Kansas Entomology Society**, v.70, p.114-119, 1997.

FERNANDES, O. D. **Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) e no parasitoide de ovos *Trichogramma* spp.** 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

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

FIESP. Safra Mundial de Milho 2014/15 - 9º Levantamento do USDA. Elaboração: Departamento do Agronegócio - DEAGRO/FIESP. Informativo DEAGRO – 2015. **Disponível em:** <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 30 de jan. 2015

FREITAS, J. M. S.; CLERY-SANTOS, M. P.; PÉREZ-MALUF, R. Abundância de himenópteros parasitoides em diferentes perfis de paisagens. *In*: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, p.1-2, 2007.

FRITZ, L. L., HEINRICHS, E. A., PANDOLFO M., SALLES, S.M., OLIVEIRA, J. V., FIUZA, L. M. Agroecossistemas orizícolas irrigados: Insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, p.720-732, 2008.

FRIZZAS, M. R. **Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a comunidade insetos.** 2003. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BATISTA FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. 10 ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, J. M.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção e utilização do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 74, 12p., 2006.

GIOLLO, F.P.; GRUTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; BUSATO, G.R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, p.221-224, 2002.

HEDIN, P. A.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P.; HICKS, R. P.; FISHER, T. H. Hemicellulose is na important leaf-feeding resistance factor in corn to the fall armyworm. **Journal of Chemical Ecology**, v. 22, p.1655-1668, 1996.

JAMES, C. **Situação Global das Lavouras Biotecnológicas / GM Comercializadas: 2014 ISAAA Brief**, ISAAA: Ithaca, NY n. 49, 2014.

JUÁREZ, M. L.; MURÚA, M. G.; GARCÍA, M. G.; ONTIVERO, M.; VERA, M. T.; VILARDI, J. C.; GROOT, A. T.; CASTAGNARO, A. P.; GASTAMINZA, G.; WILLINK, E. Hostassociation of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains in Argentina, Brazil, and Paraguay. **Journal of Economic Entomology**, v.105, p.573-582, 2012.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo; Ícone, 336p., 1991.

LATORRE, B. A. **Plagas de las hortalizas**. Santiago: FAO, 520p., 1990.

LEITE, N.A.; MENDES, S.M.; WAQUIL, J.M.; PEREIRA, E.J.G. O Milho Bt no Brasil: a Situação e a Evolução da Resistência de Insetos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, **Documentos**, 133, 46 p., 2011

LEMESLE, V.; MAILLERET, L.; VAISSAYRE, M. Role of spatial and temporal refuges in the evolution of pest resistance to toxic crops. **Acta Biotheoretica**, v.58, p.89-102, 2010.

LIMA, F. W. N.; OHASHI, O. S.; SOUZA, F. R. S.; GOMES, F. S. Avaliação de acessos de milho para resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazonica**, v.36, n.2, p.147-150, 2006.

LOZZIA, G. C.; MANACHINI, B. Effects of transgenic corn on egg parasitismo os *Ostrinia nubilalis* Hubner, (Lepidoptera: Crambidae) by *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) In: Egg Parasitoids for Biocontrol of Insect Pests. International Symposium, 6., 2002, Italia. **Abstract...** Italy: University of Perugia, p.41-42, 2002.

LUGINBILL, P. H. The fall armyworm. USDA. **Technical Bulletin**, n.34. 73p. 1928.

MACHADO, V.; FIUZA, L. M. Manejo da resistência: na era das plantas transgênicas. **Oecologia Australis**, v.15, p.291-302, 2011.

MARTINELLI, S. **Efeito de híbridos de milho Bt expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis* Berlier sobre insetos herbívoros e agentes de controle biológico em condições de campo.** Ribeirão Preto, 2001. 139p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas: relevância da implantação de estratégias proativas de manejo da resistência. **Biociência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 67-77, 2005.

MATTEN, S. R.; HEAD, G. P.; QUEMADA, H. D. How governmental regulation can help or hinder the integration of Bt crops into IPM programs. In: ROMEIS, J.; SHELTON, A. M.; KENNEDY, G. G. (Ed.). Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM program. New York: **Springer**, p. 27-39, 2008.

MELO, M.; SILVA, R. F. P. Influência de três cultivares de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 16/1, p.37-49, 1987.

MENDES, S. M.; BRASIL, K. G. B.; WAQUIL, M. S.; MARUCCI, R. C.; WAQUIL, J.M. Biologia e comportamento do percevejo predador, *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthracoridae) em milho Bt e não Bt. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 753-761, 2012.

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**, v.46, p.239-244, 2011.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; FERMINO, T. C.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M.; CARVALHO, T. M. F.; WAQUIL, J. M. Efeito do milho Bt em variáveis biológicas e comportamentais do percevejo predador *Orius insidiosus* (Say, 1832). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: Universidade de Rio Verde, p. 386-392, 2009.

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

NAGOSHI, R. N. Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? **Journal of Economic Entomology**, v.102, p.210-218, 2009.

ORR, D. B.; BOETHEL, D. J. Influence of plant antibiosis through four trophic levels. **Oecologia**, v.70, p.242-249, 1986.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants.** New York: McMillian, p.520, 1951.

PARTENIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil – uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C.V;

DUARTE, W. (Org.). **Uma história do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Ed. Paralelo 15, p.11-41, 2000.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, [s.n.], p.429-485. 1999.

PINTO, A. de S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. de. **Guia Ilustrado de Pragas e Insetos Benéficos do Milho e Sorgo**. Piracicaba: PLD, 108P., 2004.

POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Mem Am Entomol Soc**, v.43, p.1-202, 2002.

ROSA, A. P. A da; TRECHA, C. O., ALVES, A. C.; GARCIA, L., GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *spodoptera frugiperda* (j.e. Smith) em linhagens de milho. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, RS, Brasil, **Arquivo Instituto Biológico**, v.79, n.1, p.39-45, 2012.

SÁ, L. A. M. **Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 visando avaliar o seu potencial para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho**. 1991. 89 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SCHUSTER, M. F.; LUKEFAHR, M. J.; MAXWELL, F. G. Impact of nectariless cotton on plant bug and natural enemies. **Journal of Economic Entomology**, v.69, p.400-402, 1976.

SILOTO, R. C.; VENDRAMIM, J. D.; E BUFALO, N. E. Desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho em condições de laboratório. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., 2002, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2002. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo: Epagri, 2002. 1 CD.

SILVA, A. G.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; BOTTEGA, D. B.; BOIÇA JUNIOR, A. L. Interação tritrófica: aspectos gerais e suas implicações no manejo integrado de pragas. **Nucleus**, v.9, n.1, p.35-48, 2012.

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D.; ROSSETO, J. C. Não preferência para alimentação da lagarta-do-cartucho em milho. **Bragantia**, v.57, p.105-111, 1990.

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, L. D.; ROSSETTO, C. J. Efeito de genótipos de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.26, n.2, p.291-298, 1997.

TREACY, M. F.; ZUMMO, G. R.; BENEDICT, J. H. Interactions of host-plant resistance in cotton with predator and parasites. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.13, p.151-157, 1985.

VAN RENSBURG, J. B. J. First report of field resistance by stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt - transgenic maize. **South African Journal of Plant and Soil**, v.24, p.147-151, 2007.

- VARGAS, L.; PEIXOTO, C.M.; ROMAN, E.S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos online, 61, 20p., 2006.
- VIANA, P. A.; GAMA, E. E. G. Avaliação de genótipos de milho para a resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 17. 1988, Piracicaba. **Resumos...**Piracicaba: ESALQ, p.60, 1988.
- VIANA, P. A.; GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P. Avaliação de antibiose em dialelos de milho selecionados para resistência a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*. IN: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS Embrapa Milho e Sorgo; EPAGRI, p.21, 2002.
- VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, v.59, n.1, p.27-33, 2000.
- VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Estudos dos mecanismos de resistência em populações de milho selecionadas como fontes de resistência à *Spodoptera frugiperda*. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1988-91**, Sete Lagoas, v.5, p.94-95, 1992.
- VIDELA, G. W.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P.; NG, S. S. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval growth and survivorship on susceptible and resistant corn at diferente vegetative growth stages. **Journal Economic Entomology**, v.85, p.2486-91, 1992.
- VOJTECH, E., MEISSLE, M., POPPY, G. M. Effects of *Bt* maize on the herbivore *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasitoid *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Transgenic Research**, v.14, p.133-144, 2005.
- WAQUIL, J. M.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.1-11, 2002.
- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M.; HEDIN, P. A.; BAKER, G. T.; LUTHE, D. S. Factors associated with resistance to fall armyworm. (Lepidoptera: Noctuidae), and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in corn at different vegetative stage. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.1471-1480, 1998.
- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M. Plant resistance to insects attacking corn and grain sorghum. **Florida Entomologist**, v.73, n.3, p.446-458, 1990.
- ZANCANARO, P. O; BUCHWEITZ, E. D.; BOIÇA JUNIOR, A. L; JOSÉ ROBERTO MORO, J. R. Avaliação de tecnologias de refúgio no cultivo de milho transgênico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, 2012.
- ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, L. E. Estágios imaturos de *Spodoptera cosmoniodes* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae) **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.1, p.99-107, 2007.