

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM MILHO *Bt* OU
INSETICIDAS

HALLISON VERNISIO VERTUAN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal

Passo Fundo, abril de 2013

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM MILHO *Bt* OU
INSETICIDAS

HALLISON VERNISIO VERTUAN

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Salvadori

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal

Passo Fundo, abril de 2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força e fé para alcançar meus objetivos.

À minha esposa Eciane, pela compreensão, amor e carinho durante este período do mestrado.

Ao meu pai Osvaldo, que me ensinou o amor a agricultura e me incentivou em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe Cidinha, pelo amor durante minha formação humana e profissional.

Ao meu irmão Márcio, que me ensinou a cultivar a terra e a amar pequenas coisas da vida.

À minha irmã Marcela, uma pessoa na qual me espelho, pela liderança, competência e alegria de viver.

À minha sobrinha Bruna, pela alegria que proporciona ao nosso lar.

Ao meu cunhado Herbert, por sempre me incentivar a me desenvolver pessoalmente e profissionalmente.

À família Oliveira, por toda a força e motivação para conclusão deste trabalho.

À Monsanto do Brasil, pelo suporte técnico e incentivo.

Ao meu gestor Wladecir S. de Oliveira, pela orientação, apoio, compreensão e incentivo no desenvolvimento do mestrado.

Ao diretor do Departamento de Regulamentação da Monsanto do Brasil, Geraldo U. Berger, pelo apoio e incentivo ao longo destes anos.

Ao meu orientador Dr. José Roberto Salvadori, pelos ensinamentos científicos e amizade nestes três anos de Mestrado.

Aos colegas das estações experimentais, Elvio Uzuele, Diogo Miranda, Daniel Soares, Patrick Dourado, Wagner Motomyia, Daniel Sordi e Gláucia Malvestiti, pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade e companheirismo.

Ao gestor Fábio S. Tagliaferro, pelo suporte e incentivo para realização da pós-graduação.

Aos colegas, Leandro Silva, Antônio Sérgio Ferreira Filho e Wilson Higashi, pelo companheirismo na empresa e no mestrado.

A todo o Departamento de Regulamentação da Monsanto do Brasil, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

À colega de curso Wanessa Scopel, pela ajuda na condução dos experimentos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Importância da cultura do milho e suas pragas.....	6
2.2 Praga-alvo: <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
2.3 Controle de <i>S. frugiperda</i>	15
2.3.1 Milho <i>Bt</i>	15
2.3.2 Controle químico.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Aspectos gerais.....	26
3.2 Experimento I – Avaliação da eficácia de genótipos de milho <i>Bt</i> no controle de <i>S. frugiperda</i> em quatro locais.....	27
3.3 Experimento II – Avaliação da eficácia de genótipos de milho <i>Bt</i> e de inseticidas em pulverização foliar no controle de <i>S. frugiperda</i>	33
3.4 Experimento III – Avaliação da eficiência do tratamento de sementes com inseticidas em milho convencional e milho <i>Bt</i> no controle de <i>S. frugiperda</i>	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Avaliação da eficácia de genótipos de milho <i>Bt</i> no controle de <i>S. frugiperda</i> em quatro locais.....	39
4.1.1 Injúrias ocasionadas por <i>S. frugiperda</i> e outras pragas	39
4.1.2 Desempenho agrônômico dos genótipos de milho.....	53
4.2 Avaliação da eficácia de genótipos de milho <i>Bt</i> e de inseticidas em pulverização foliar no controle de <i>S. frugiperda</i>	69
4.3 Avaliação da eficiência do tratamento de sementes com inseticidas em milho convencional e milho <i>Bt</i> no controle de <i>S. frugiperda</i>	77
5 CONCLUSÕES	79
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Grupo químico e ingrediente ativo de inseticidas para o controle de <i>S. frugiperda</i>	24
2	Especificação dos genótipos utilizados e respectivos locais no Experimento I, 2010/11.....	32
3	Tratamentos avaliados no Experimento II em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	36
4	Tratamentos avaliados no Experimento III em Passo Fundo, RS, 2012.....	37
5	Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por <i>S. frugiperda</i> , entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Rolândia, PR, 2010/11.....	40
6	Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por <i>S. frugiperda</i> , entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	42
7	Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por <i>S. frugiperda</i> , entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Sorriso, MT, 2010/11.....	43
8	Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por <i>S. frugiperda</i> , entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Cachoeira Dourada, MG, 2010/11.....	44

9	Injúrias em espigas ocasionadas por <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> , podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionados por <i>D. saccharalis</i> e podridão de colmos observados em genótipos de milho, em Rolândia, PR, 2010/11.....	47
10	Injúrias em espigas ocasionadas por <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> , podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por <i>D. saccharalis</i> e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	49
11	Injúrias em espigas ocasionadas por <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> , podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por <i>D. saccharalis</i> e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010/11.....	51
12	Injúrias em espigas ocasionadas por <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> , podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por <i>D. saccharalis</i> e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010/11.....	52
13	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Rolândia, PR, 2010/11.....	54
14	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Rolândia, PR, 2010/11.....	55

15	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	56
16	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	58
17	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010/11.....	59
18	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010-2011.	60
19	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010-2011.....	61
20	Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010-2011.....	62
21	Análise individual do rendimento de grãos em kg/ha dos genótipos de milho testados em quatro locais, 2010-2011.....	66
22	Rendimento médio de grãos dos genótipos de milho testados, em diferentes locais, 2010-2011.....	67
23	Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011.....	69

24	Injúrias de <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> em espigas de genótipos de milho com e sem a aplicação de diferentes inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011.....	72
25	Injúrias de <i>D. saccharalis</i> em colmos de genótipos de milho com e sem a aplicação de diferentes inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011.....	75
26	Avaliação de injúrias foliares e número de lagartas neonatas de <i>S. frugiperda</i> mortas em genótipos de milho com e sem inseticidas em tratamento de sementes, seis dias após a infestação, Passo Fundo, RS, 2012.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Vista do Experimento II por ocasião da instalação em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.....	33
2	Detalhe da montagem do Experimento III no Laboratório de Entomologia da FAMV-UPF. Passo Fundo, RS, março de 2012.....	38
3	Injúria de <i>H. zea</i> e <i>S. frugiperda</i> . Genótipos de milho <i>Bt</i> e convencional (DKB 390).....	74

**CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM MILHO *Bt* OU
INSETICIDAS**

HALLISON VERNISIO VERTUAN¹

RESUMO – A lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*, é a principal praga da cultura e suas injúrias podem acarretar diminuição do rendimento de grãos. É uma praga bastante estudada, porém, com o advento de novas tecnologias de produção como o milho *Bt*, é necessário que novos estudos sejam realizados sobre esta nova tática de controle, isoladamente ou em combinação com inseticidas. Foram desenvolvidos experimentos com o objetivo de avaliar a eficácia de genótipos de milho geneticamente modificados com genes *Bt*: MON 810 (Cry 1Ab), MON 89034 (Cry 1A.105 e Cry 2Ab2), MON 89034 × TC1507 × NK 603 (Cry 1A.105, Cry 2Ab2, Cry1F) e TC1507 (Cry1F) e de inseticidas aplicados em pulverização foliar (espinosade, lufenurom, metomil e clorpirifós) e em tratamento de sementes (tiodicarbe+imidacloprido, tiametoxam e fipronil), no controle de *S. frugiperda*. Os experimentos foram conduzidos em campo em Não-Me-Toque, RS, Rolândia, PR, Cachoeira Dourada, MG e Sorriso, MT e em laboratório (FAMV-UPF, em Passo Fundo, RS).

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal – hallison.vertuan@monsanto.com

Constatou-se que a lagarta *S. frugiperda* foi eficientemente controlada pelos genótipos de milho geneticamente modificados MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603 e TC1507 nos quatro locais estudados. MON 810 também exerceu controle da lagarta, porém foi menos eficiente que os demais genótipos geneticamente modificados. Os genótipos geneticamente modificados reduziram as injúrias de *S. frugiperda* e de *Helicoverpa zea* na espiga e proporcionaram controle eficiente de *Diatraea saccharalis*. Considerando a média dos quatro locais, o rendimento de grãos dos genótipos MON 89034 e MON 89034 × TC1507 × NK603 foi superior ao do genótipo convencional DKB 390 (controle). Dentre os inseticidas testados em aplicação foliar, espinosade apresentou a melhor eficácia sobre *S. frugiperda*, assemelhando-se ao controle proporcionado pelo MON 810. Em tratamento de sementes, a mistura tiodicarbe+imidacloprido foi mais eficaz no controle de *S. frugiperda*, comparativamente a tiametoxam e a fipronil, assemelhando-se ao controle proporcionado pelo genótipo MON 89034 sem inseticida, até seis dias após o estágio fenológico V2.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho, genótipos geneticamente modificados, MIP.

**CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) WITH *Bt* CORN OR
INSECTICIDES**

HALLISON VERNISIO VERTUAN¹

ABSTRACT - The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is the main pest on corn and its injuries cause decrease of grain yield. It is an insect extensively studied but with the advent of new technologies such as *Bt* corn, it is necessary that studies be conducted on this new tactical control, alone or in combination with others insecticides. Experiments were performed in order to evaluate the effectiveness of genetically modified genotypes of corn with *bt* genes: MON 810 (Cry 1Ab), MON 89034 (Cry1A.105, Cry 2Ab2), MON 89034 × NK603 × TC1507 (Cry 1A.105, Cry 2Ab2, Cry1F) and TC1507 (Cry1F) and insecticides applied as foliar spray (spinosad, lufenuron, methomyl and chlorpyrifos) and seed treatment (imidacloprid + thiodicarb, fipronil and thiamethoxam), in controlling of *S. frugiperda*. Fields were conducted in Não-Me-Toque, RS, Rolândia, PR, Cachoeira Dourada, MG and Sorriso, MT and laboratory experiment was conducted at FAMV-UPF, Passo Fundo, RS. It was observed that *S. frugiperda* was efficiently controlled by MON 89034, MON 89034 ×

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal – hallison.vertuan@monsanto.com

NK603 × TC1507 and TC1507 in four locations. MON 810 also exerted caterpillar control, but was less efficient than the other genetically modified genotypes. *Bt* corn reduced the injuries of *S. frugiperda* and *Helicoverpa zea* in the ear and provided an efficient control of *Diatraea saccharalis*. Considering the average of the four locations, the grain yield of genotypes MON 89034 and MON 89034 × TC1507 × NK603 was superior than conventional genotype DKB 390 (control). Among the insecticides tested with foliar application, spinosad showed the best efficacy against *S. frugiperda*, resembling the control provided by MON 810. As a seed treatment, the mixture thiodicarb + imidacloprid was more effective in controlling *S. frugiperda* compared with thiamethoxam and fipronil, resembling the control afforded by genotype MON 89034 without insecticide, until six days after growth stage V2.

Key-words: Fall armyworm, genetically modified genotypes, IPM.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies mais cultivadas em âmbito mundial, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria e como fonte energética, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos.

Sendo muito importante para a humanidade, a planta de milho tem sido alvo de intensas pesquisas científicas de caráter multidisciplinar, englobando áreas da nutrição e fisiologia vegetal, fitopatologia, entomologia, genética, biotecnologia, dentre outras. A pesquisa científica vem promovendo aumentos significativos na produtividade e tem favorecido a renda do agricultor.

No campo da entomologia, pragas de ocorrência ocasional possuem a capacidade de acarretar injúrias em folhas, espigas e raízes e acarretar perdas na produtividade. Uma das principais pragas na cultura do milho é *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae). Os aumentos de área cultivada propiciaram o estabelecimento desse inseto praga, ocasionando grandes infestações. Além disso, esse inseto é polífago, isto é, alimenta-se de várias espécies vegetais e possui um grande potencial de sobrevivência na natureza.

Muitos pesquisadores têm dedicado horas de estudo no campo da biotecnologia para integrar a expressão gênica interespecífica em plantas e a entomologia, visando o controle de pragas. Diferentes proteínas entomotóxicas resultantes da expressão de genes estão sendo estudadas para conferir resistência à insetos em

plantas de milho e desta forma proporcionar um controle eficiente da lagarta-do-cartucho.

Antes da adoção do milho *Bt* por muitos agricultores, visando, principalmente, o controle de *S. frugiperda*, o controle químico consistia no principal manejo para controle desta praga.

A integração entre controle químico e genótipos de milho geneticamente modificados resistentes à *S. frugiperda* pode mitigar problemas de resistência, tanto a inseticidas, quanto a eventos *Bt* disponibilizados no mercado e evitar perdas na produtividade.

Atualmente no Brasil, poucos estudos tratam da utilização de genótipos de milho resistentes a insetos e da utilização conjunta com inseticidas no controle de *S. frugiperda*, assim como a resposta na produtividade da cultura do milho.

Visando agregar conhecimentos em manejo integrado de pragas, o presente trabalho teve por objetivo estudar a eficácia de genótipos geneticamente modificados liberados comercialmente no Brasil e de inseticidas no controle da lagarta *S. frugiperda* na cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura do milho e suas pragas

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família das poáceas, ocupa posições significativas quanto ao valor da produção

agropecuária, área cultivada e volume produzido, tanto no Brasil, quanto, no mundo (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

Os maiores produtores de milho no mundo são EUA, China e Brasil. O Brasil, terceiro maior produtor, cultiva milho praticamente em todo o território nacional, em área superior a 15 milhões de hectares, com produção total superior a 72 milhões de toneladas de grãos estimada na safra 2011/2012 (CONAB, 2012).

O milho é um alimento base para alimentação humana e animal. Cerca de 70% da produção mundial é destinada à alimentação animal, podendo esta chegar a 85% em países desenvolvidos; em média, 15% destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (PAES, 2006).

Como qualquer outra cultura, o milho está sujeito a interferência de diversos fatores que podem limitar sua produtividade. Dentre eles está a interferência imposta pelas pragas. Na cultura do milho, a entomofauna é bastante diversificada, porém, poucas espécies adquirem o caráter de praga. Quanto ao potencial de causar danos, *S. frugiperda* é considerada a principal praga nas condições brasileiras (SARMENTO et al., 2002; CRUZ, 2009).

Além de *S. frugiperda*, pragas de ocorrência menos frequente também podem afetar o desenvolvimento da cultura, acarretando em perdas no rendimento. Pragmas de hábito subterrâneo como percevejo castanho (*Scaptocoris castanea*), o coró-do-milho (*Lyogenis* sp.) e a larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*) são consideradas as principais pragmas que vivem no solo e se alimentam de raízes (CECCON & XIMENES, 2006). Dentre as pragmas que atacam o milho logo após a emergência, pode-se citar as principais:

lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, a lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* e várias espécies de insetos sugadores, como o percevejo barriga-verde, *Dichelops furcatus*, o tripes, *Frankliniella williamsi*, a cigarrinha do milho, *Dalbulus maidis* e a cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (CRUZ, 2009)

Outra praga de relativa importância é a *Diatraea saccharalis*, também conhecida como broca-da-cana-de-açúcar. Este inseto promove a abertura de galerias nos colmos, tornando as plantas bastante sensíveis à queda por ação do vento. Em países como o México, as perdas na produção podem chegar até 39% devido ao ataque da broca-da-cana-de-açúcar (PINTO et al., 2004). As infestações em espigas ocasionadas por *Helicoverpa zea* (lagarta-da-espiga) podem ser superiores a 90% na lavoura de milho e podem causar redução de até 8% no peso dos grãos (PINTO et al., 2004).

O sucesso do controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho se faz no conhecimento da praga e no monitoramento para determinação do nível de controle. O efeito residual de inseticidas em tratamento de sementes até 14 dias após a emergência (CECCON et al., 2004), inseticidas em pulverização foliar e genótipos geneticamente modificados resistentes à *S. frugiperda* (CRUZ, 2009) são alternativas viáveis para controle da lagarta-do-cartucho, assim como a integração destes métodos de controle.

2.2 Praga-alvo: *Spodoptera frugiperda*

O primeiro grande surto de infestação de *S. frugiperda*, registrado na história, ocorreu em 1899, quando uma grande parte dos

Estados Unidos da América, a leste das Montanhas Rochosas, foi invadida pela lagarta-do-cartucho, causando severos danos em milho, feijão, arroz, sorgo e trigo (CRUZ, 1995). Em 1902, no Texas, cerca de 40000 acres de pastagens foram severamente danificados pelo inseto. Também nos Estados Unidos da América, ataques intensos foram verificados em aveia, algodão e pastagem (CRUZ, 1995). Tem sido considerada a principal praga de milho, pastagem e amendoim nos estados americanos do Sudoeste (CRUZ, 1995).

No Brasil, o primeiro grande surto foi relatado em 1964, com enormes danos em milho, arroz e pastagem. O inseto também é considerado uma das pragas mais importantes do milho na Colômbia, Venezuela, Guatemala, México, Peru e Chile (CRUZ, 1995).

A lagarta-do-cartucho se alimenta de diversas plantas, mas tem preferência por gramíneas, especialmente milho, trigo, sorgo e arroz. Alimenta-se e causa danos a culturas como alfafa, feijoeiro, amendoim, batata, repolho, tomateiro, algodoeiro, dentre outras (PINTO et al., 2004). Algumas plantas daninhas podem atuar como hospedeiras da lagarta. Normalmente, esse inseto se alimenta das folhas novas do cartucho, chegando a destruí-las completamente. Quando as folhas estão bem destruídas, pode-se observar a enorme quantidade de excrementos produzida pelas lagartas no cartucho. Devido ao plantio contínuo de milho em muitas regiões, especialmente do milho safrinha, a praga passou a atacar as plantas ainda novas, cortando-as rente ao solo, hábito semelhante ao da *Agrotis* spp. (PINTO et al., 2004). Segundo Crocomo (1983) o milho é o hospedeiro que mais afeta a fisiologia e o comportamento alimentar das lagartas, cujo consumo foliar é maior do que em outras espécies

vegetais e ainda, no que tange a alimentação, o tipo de alimento afeta o comportamento das lagartas em termos de capacidade de promover injúrias.

Com relação à distribuição populacional da lagarta-do-cartucho na lavoura de milho, Farias et al. (2001) salientam que as lagartas pequenas, com alta densidade populacional possuem distribuição agregada, enquanto que as lagartas grandes, em baixa densidade populacional, podem ser mais dispersas no campo, tendendo à aleatoriedade. À medida que as lagartas vão se desenvolvendo, a distribuição no campo torna-se aleatória (FARIAS et al., 2008). De forma semelhante, Mello et al. (2006) concluíram que *S. frugiperda* possui padrão de dispersão espacial aleatório.

Em se tratando das injúrias e danos as lagartas novas apenas raspam as folhas e, depois de desenvolvidas, conseguem fazer orifícios, até danificá-las completamente, culminando com a destruição do cartucho (GALLO et al. 2002).

O maior dano é feito por lagartas de quinto e sexto instares. Além de se alimentar das folhas, *S. frugiperda* pode também se alimentar do colmo, com injúria semelhante à causada pela broca-da-cana-de-açúcar, causando quebra do colmo, ou seccionando a planta na base. Muitas vezes, especialmente quando o milho é muito precoce e/ou quando as infestações ocorrem mais tardiamente, a larva já bem desenvolvida dirige-se para a região da espiga, atacando o pedúnculo e impedindo a formação dos grãos. Pode também penetrar nas espigas na sua porção basal e danificar diretamente os grãos ou alimentar-se da ponta da espiga (CRUZ, 1995).

Conforme Carvalho (1970), Cruz & Turpin (1982) e Cruz et al. (1996) apud Figueiredo et al. (1999), as perdas na produção ocasionadas por *S. frugiperda* variam de 15% a 34%, culminando em grandes prejuízos aos agricultores. Perdas no rendimento, devidas ao ataque da lagarta-do-cartucho, podem atingir 34% (LIMA et al., 2010) em milho para grãos e 60% em milho doce (CRUZ, 1997).

Na ausência de agentes de controle, o ataque da lagarta-do-cartucho pode reduzir a matéria seca das plantas em 47,27% e levar à perdas no rendimento de grãos de 54,49% (Figueiredo et al., 2006).

Com relação à bioecologia de *S. frugiperda*, a lagarta é canibal e, por esse motivo, é comum ser encontrada apenas uma lagarta por cartucho. No final do período larval, a lagarta penetra no solo e se transforma em pupa. Pode também empupar no cartucho, pendão ou entre as palhas da espiga. O período pupal varia de 8 a 25 dias (PINTO et al., 2004).

Os ovos são colocados em massas, não havendo, aparentemente, local preferido na planta. Essa não preferência por local de oviposição pode ser devido à natureza polífaga da larva, ou seja, independente de onde os ovos sejam colocados, haverá sempre uma grande probabilidade da larva encontrar um alimento adequado (CRUZ, 1995). O número de ovos depositados por fêmea varia de 9 a 593, com médias variando de 143 a 250 (CRUZ, 1995).

Após a fase de ovo, que dura em média 3 dias (CRUZ, 1995), a lagarta eclode e caminha para a região central da planta onde surgem as folhas (cartucho), iniciando a alimentação. Nessa fase de raspagem, a lagarta se alimenta de apenas um lado da folha, deixando

o outro intacto. Logo após a primeira “troca de pele” (segundo instar), a lagarta é esbranquiçada, com sombreamento dorsal marrom, com cerca de 4 mm. Cabe salientar, que a lagarta possui 6 ínstaras larvais antes da fase de pupa (pupa no solo). Quando maior, a lagarta passa a fazer orifícios nas folhas, chegando a destruir o cartucho (PINTO et al., 2004). Os autores citam que o período larval dura entre 12 a 30 dias.

Os índices nutricionais da lagarta-do-cartucho estão associados diretamente com a qualidade do alimento ingerido e podem ser demonstrados através de determinações da taxa de consumo relativo, taxa metabólica relativa, taxa de crescimento relativo, digestibilidade aproximada, eficiência de conversão do alimento ingerido, eficiência de conversão do alimento digerido e custo metabólico (BUSATO et al., 2002). Apesar de a lagarta ser considerada polífaga, há a possibilidade de haver raças de *S. frugiperda* que possuem preferência alimentar distintas (BUSATO et al., 2002).

A mudança de um ínstar para outro e o ganho de peso das lagartas são dependentes da qualidade nutricional, podendo variar em diferentes genótipos de milho (SANTOS et al., 2003). Siloto (2002) também menciona que a fisiologia de *S. frugiperda* pode ser afetada pela alimentação em diferentes genótipos de milho, influenciando peso de lagartas, duração e viabilidade da fase larval, duração e viabilidade da fase pupal e longevidade.

Com relação aos fatores abióticos que afetam o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, de maneira geral, a temperatura de 25 °C é a mais favorável para o desenvolvimento deste

inseto, desde desenvolvimento embrionário e larval até a reprodução dos adultos (FERRAZ, 1982; CRUZ, 1995; MILANO, 2008).

Em trabalho realizado com arroz (*Oryza sativa* L.) e capim-arroz (*Echinochloa* sp.) demonstrou maior viabilidade e fecundidade de *S. frugiperda*, quando as lagartas foram submetidas a dieta com capim-arroz, além de apresentar preferência alimentar por esta espécie vegetal (BOTTON et al., 1998). Busato et al. (2002), trabalhando com milho e arroz, no Rio Grande do Sul, demonstraram que o arroz se apresenta mais adequado para a alimentação em relação ao milho, e sugeriram a possível existência de raças de *S. frugiperda*, morfologicamente iguais e fisiologicamente distintas com relação à adaptação hospedeira.

A variação genética de populações de *S. frugiperda* está diretamente associada com as plantas hospedeiras (BUSATO et al., 2004). A existência de duas raças distintas da lagarta-do-cartucho foi identificada por Pashley (1986), ao constatar que diferentes raças utilizam alimentos distintos durante o ciclo biológico. Biótipos distintos de *S. frugiperda* foram encontrados no Rio Grande do Sul em milho e arroz, sendo que, do ponto de vista da entomologia econômica, a identificação de raças e biótipos são importantes para diferenciar comportamentos em relação a susceptibilidade a inseticidas (BUSATO et al., 2005).

Mecanismos de resistência como antixenose e antibiose podem influenciar o desenvolvimento biológico de *S. frugiperda*. Diferentes genótipos de milho afetam a preferência alimentar das lagartas e a oviposição das mariposas e alguns genótipos de milho

apresentam antibiose como mecanismo de resistência (SILVEIRA et al., 1998; VIANA e POTENZA, 2000).

O comportamento alimentar, assim como parâmetros biológicos de *S. frugiperda*, podem ser influenciados por proteínas expressas em plantas de milho, oriundas de *Bacillus thuringiensis*. Com o objetivo de caracterizar a influência da proteína deltaendotoxina Cry1Ab no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, Mendes et al. (2011) avaliaram a sobrevivência de larvas e de pupas, biomassa das larvas aos 14 dias de idade e de pupas, duração do período larval e do período ovo-pupa e preferência alimentar de larvas de primeiro ínstar. As larvas recém-eclodidas foram susceptíveis à deltaendotoxina Cry1Ab. A sobrevivência da fase larval (após 48 horas) foi significativamente menor nos híbridos de milho *Bt*, em comparação aos seus respectivos isogênicos não *Bt*. Com relação ao desenvolvimento ovo-pupa, a mortalidade das larvas não ocorreu inteiramente nas primeiras 48 horas após a ingestão da toxina, mas durante todo o período de desenvolvimento do inseto. Muitas larvas que conseguiram atingir a fase de pupa, mesmo se alimentando de folhas dos híbridos *Bt*, tiveram seu desenvolvimento comprometido e não conseguiram atingir a fase adulta. Além da menor sobrevivência larval, os insetos sobreviventes apresentaram menor acúmulo de biomassa quando alimentados em milho *Bt*, o que reduziu sua competitividade no ambiente (MENDES et al., 2011). Híbridos de milho expressando proteínas Cry1F e Cry1Ab reduziram tanto a sobrevivência, quanto o desenvolvimento de *S. frugiperda*, comparativamente com o milho convencional (WAQUIL et al., 2002).

As perdas em decorrência do ataque de *S. frugiperda* no rendimento de grãos na cultura do milho são motivos de preocupação recorrente dos agricultores. Desta forma, conhecer a praga alvo e seu desenvolvimento ao longo do ciclo da cultura do milho e integrar métodos de controle se faz necessário para garantir que o potencial genético do milho não seja reduzido devido ao ataque da praga (SARMENTO et al., 2002; CRUZ, 2009).

2.3 Controle de *S. frugiperda*

2.3.1 Milho *Bt*

O desenvolvimento dos estudos com *B. thuringiensis* e sua associação com culturas agrícolas iniciou-se na era antiga, sendo que alguns autores sugerem que esporos desta bactéria foram utilizados no Egito Antigo (SANAHUJA et al., 2011). Na era moderna, a bactéria foi isolada em 1901 pelo biólogo japonês Shigetane Ishiwatari e, dez anos mais tarde, a mesma bactéria foi isolada por Ernst Berliner na província alemã da Thuringia, sendo nomeada *B. thuringiensis* (SANAHUJA et al., 2011).

A partir de 1901 (descoberta) até o final da década de 70, *B. thuringiensis* foi amplamente estudada. Inseticidas foram desenvolvidos e formulados utilizando-se as proteínas Cry/Cyt para controle de pragas urbanas e agrícolas. Em meados da década de 80 cientistas conseguiram introgridir genes Cry de *B. thuringiensis* em plantas de fumo (VAECK et al., 1987), obtendo expressão de proteínas entomotóxicas nos tecidos desta planta. Na década de 90, a

expressão de proteínas Cry foi estudada em algodão e milho. Em 1995, a Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente (US Environmental Protection Agency – EPA) aprovou o primeiro registro de batata, algodão e milho contendo genes *Bt*, resistentes a pragas (SANAHUJA et al., 2011).

Segundo Carneiro et al. (2009), o modo de ação de proteínas Cry de *B. thuringiensis* envolve a solubilização do cristal no intestino médio do inseto, a ação de proteases sobre a protoxina, a aderência da proteína Cry aos receptores do intestino médio e sua inserção dentro da membrana celular do intestino, criando canais de íons e poros. A degradação de cristais protéicos por enzimas proteolíticas libera proteínas tóxicas menores chamadas deltaendotoxinas. A atividade das deltaendotoxinas está restrita ao trato digestivo dos insetos. Análises histopatológicas realizadas após a intoxicação dos insetos mostram a destruição das microvilosidades, hipertrofia das células epiteliais, vacuolização do citoplasma e lise celular, levando o inseto a paralisia e morte (FIUZA, 2010). A solubilização das proteínas depende do pH alcalino do intestino de lepidópteros, sendo pouco efetiva em coleópteros pelo fato do pH intestinal ser neutro a ácido (BOBROWSKI et al., 2003).

No Brasil, a primeira liberação comercial de milho *Bt* resistente à insetos foi realizada em 2007, quando a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) deferiu o processo do evento MON 810 (CTNBio, 2012). O milho MON 810, pertencente à Monsanto, expressa a deltaendotoxina Cry1Ab. Após este deferimento, o evento BT11, que expressa a proteína Cry1Ab, da Syngenta Seeds, foi aprovado para utilização comercial. Em 2008, o

evento TC1507 (Cry1F), pertencente a Dow Agrosiences e Dupont, foi deferido. O evento MIR 162, da Syngenta Seeds, expressa a proteína Vip3Aa e foi aprovado comercialmente em 2009. Neste mesmo ano, o evento MON 89034, da Monsanto, que expressa as deltaendotoxinas Cry1A.105 e Cry2Ab2, foi liberado para plantio pelos agricultores. Em 2010, o evento MON 88017, que expressa a proteína Cry3Bb1, a qual confere resistência à larvas de coleópteros que atacam raízes do milho, foi aprovado comercialmente. Neste mesmo ano, a CTNBio aprovou o evento BT11 × MIR162 × GA21, com dois eventos que conferem resistência a insetos na mesma planta, além de um que confere tolerância a um herbicida específico. Eventos combinados, que expressam mais de uma proteína na mesma planta, passaram, então, a ser deferidos pela CTNBio, podendo-se destacar os eventos BT11 × MIR162 × GA21, MON 89034 × TC1507 × NK603, TC1507 × MON 810 × NK603, TC1507 × NK603 e MON 89034 × MON88017 (CTNBio, 2012). Os eventos GA21 e NK603 conferem tolerância aos herbicidas glufosinato de amônio e glifosato, respectivamente. A pirimidização de eventos busca melhorar a eficácia das plantas no controle de insetos, reduzir a seleção de biótipos resistentes à *S. frugiperda* e propiciar uma alternativa de manejo de herbicidas para controle de plantas daninhas.

Culturas resistentes à insetos que expressam proteínas de *Bacillus thuringiensis* apresentam vantagens no manejo de insetos. No entanto, Roush (1998) menciona que culturas comerciais que apresentam apenas uma proteína entomotóxica estão mais sujeitas ao aparecimento de resistência de insetos alvo e necessitam de uma área de refúgio de 20% ou mais de plantas convencionais,

comparativamente à eventos piramidados. Duas ou mais proteínas na mesma planta pode reduzir o percentual de área de refúgio a ser plantado (ROUSH, 1998). Estratégias para mitigar resistência de insetos à culturas transgênicas envolvem altas doses de expressão de proteínas e expressão de duas ou mais proteínas Cry (GRYSPEIRT & GRÉGOIRE, 2012; HUANG et al., 2011).

Em termos de eficácia, muitos autores mencionam que os milhos geneticamente modificados resistentes a insetos são eficazes no controle de pragas, reduzem a aplicação de inseticidas na cultura e podem ser utilizados no manejo integrado (BUNTIN, 2008; EDGERTON et al., 2012; FERNANDES, 2003; FERNANDES et al., 2007; FONTES et al., 2002; FRIZZAS, 2003; LOURENÇÃO et al., 2009; MA e SUBEDI, 2005; NARANJO, 2009; MICHELOTTO et al., 2011; WAQUIL et al., 2002).

A utilização do milho resistente à pragas estimulou alguns pesquisadores a desenvolver estudos que correlacionam milho *Bt* e organismos não alvo, para avaliar o impacto destas tecnologias em campo. Fernandes (2003), trabalhando com o evento MON 810 que expressa a proteína Cry1Ab, observou que o parasitismo de *Trichogramma* spp. sobre ovos de *S. frugiperda* foi semelhante no milho convencional e no milho MON 810, não tendo sido afetado pelo organismo geneticamente modificado. Um trabalho com *Doru luteipes*, *Orius insidiosos* e predadores pertencentes às famílias Reduviidae, Carabidae e Chrysopidae foi desenvolvido na Embrapa Milho e Sorgo para observação da relação interespecífica destes predadores com plantas de milho MON 810. Foi concluído que estes predadores não foram afetados negativamente pela tecnologia *Bt*

(MENDES et al., 2009). Frizzas (2003), trabalhando com seis guildas tróficas (predadores, parasitóides, polinizadores, decompositores, sugadores e mastigadores) observou que o milho MON 810 não promoveu efeitos adversos sobre a comunidade de insetos não-alvo e possibilitou eficiente controle de *S. frugiperda*, sem afetar a população de *D. luteipes*. Testes com milho geneticamente modificado expressando as proteínas Cry1Ab e VIP3A não causaram impactos negativos e redução na população de tesourinhas, joaninhas, *O. insidiosos*, carabídeos, cicindelídeos, aranhas e parasitóides, quando comparado com o milho isogênico convencional (FERNANDES et al., 2007).

Conforme Marucci et al. (2009), o milho *Bt* não afetou a população de tesourinhas e propiciou um excelente controle sobre *S. frugiperda*. De forma semelhante, outros autores observaram que o milho geneticamente modificado resistente a insetos não reduziu a diversidade e a abundância de insetos não alvos no agroecossistema (OLIVEIRA et al., 2009; MENDES et al., 2009).

A eficácia de híbridos geneticamente modificados expressando proteínas Cry1F e Cry1Ab, propiciaram controle da lagarta-do-cartucho e aumento no rendimento de grãos na ordem de 32%, comparativamente a híbridos susceptíveis ao ataque da lagarta (WAQUIL et al., 2002). Os autores ainda mencionam que aumentos na produtividade de grãos e no controle de *S. frugiperda* podem ser obtidos com a introgressão de genes *Bt* em genótipos com grande potencial produtivo. O evento MON 810 possibilitou uma redução do ataque de *S. frugiperda* em áreas de milho cultivadas na Georgia, EUA, nas safras 2006 e 2007 (BUNTIN, 2008).

A expressão gênica de proteínas entomotóxicas em toda a planta, desde folhas, colmos, raízes e até espiga, promoveu proteção às espigas contra *Helicoverpa zea* e aumentos na produtividade de grãos (BUNTIN, 2008). O autor ainda menciona queo evento MON 810 possibilitou uma redução do ataque de *S. frugiperda* em áreas de milho cultivadas na Georgia, EUA, nas safras 2006 e 2007.

A literatura menciona a eficácia do evento MON 810 em relação ao ataque de pragas em folhas, espigas e colmos. Híbridos *Bt* apresentaram menor injúrias foliares ocasionada por *S. frugiperda*, menor porcentagem de espigas danificadas por *H. zea* e *S. frugiperda* e os colmos menos atacados por *D. saccharalis* (MICHELOTTO et al., 2011).

A qualidade do milho *Bt* no momento da colheita pode ser superior ao milho convencional, quando considerada a presença de micotoxinas. Dowd (2001) menciona que a produção de micotoxinas em grãos de milho pode estar associada ao ataque de pragas nas espigas. Aflatoxinas e fumonisinas são subprodutos oriundos de metabólitos secundários de fungos que colonizam os grãos, sendo tóxicos e cancerígenos aos homens e animais (WU, 2006). Em alguns casos, a redução da produção de micotoxinas proporcionada pelo milho *Bt* é significativa (WU, 2006). A adoção do cultivo do milho geneticamente modificado resistente a insetos pode melhorar a saúde humana e animal, pelo fato de reduzir níveis de micotoxinas. Em termos econômicos, a redução de aflatoxinas e fumonisinas, observadas no milho *Bt*, acarretou um benefício de 23 milhões de dólares anualmente aos EUA, advindo da melhoria da qualidade do grão (WU, 2006). A produção de fumonisinas em grãos de milho foi

monitorada por Hammond et al. (2004) em amostras de milho *Bt*, em 107 locais nos EUA, entre os anos de 2000 e 2002. Os pesquisadores observaram que os níveis de fumonisinas foram, em geral, mais baixos no milho MON 810, quando comparado com o milho convencional .

No Brasil, em termos de custo, a utilização de milho transgênico (*Bt*) pode reduzir perdas causadas por vários lepidópteros-praga, equivalentes a aproximadamente 500 milhões de dólares anuais (WAQUIL et al., 2002), podendo desta forma ser utilizado em programas de manejo integrado.

Plantas geneticamente modificadas desenvolvidas para resistir ao ataque de insetos-praga podem, potencialmente, reduzir impactos negativos da agricultura ao ambiente, em virtude da redução do uso de inseticidas químicos que contaminam solo, água e alimentos, além de proporcionar um aumento da segurança do trabalhador rural (MENDES et al., 2011).

Estima-se que entre os anos de 1996 e 2006, a utilização de genótipos geneticamente modificados de milho e algodão, que expressam resistência à insetos, proporcionou uma redução aproximada de 136,6 milhões de quilogramas de ingredientes ativos de inseticidas, uma redução de aproximadamente 29,9% a nível mundial (NARANJO, 2009).

2.3.2 Controle químico

A cultura do milho é a quarta maior consumidora de defensivos agrícolas no Brasil, sendo superada apenas pelas culturas da soja, algodão e cana-de-açúcar (TSUNECHIRO et al., 2012) .

Estimativas apontam que os gastos com inseticidas para tratamento de sementes aumentaram consideravelmente nos últimos anos, contrastando com a utilização de inseticidas para pulverização foliar que sofreram queda no consumo devido à adoção de sementes geneticamente modificadas pelos agricultores (TSUNECHIRO et al., 2012).

O controle inicial da lagarta-do-cartucho pode ser realizado com a utilização de inseticidas para tratamento de sementes (FARIAS, 2010). Inseticidas como carbofurano e tiodicarbe reduzem o número de plantas danificadas por *S. frugiperda* aumentando de forma significativa o rendimento de grãos na cultura do milho (CECCON et al., 2004).

Camillo et al. (2005), estudando diferentes princípios ativos de inseticidas no tratamento de sementes, em milho, observaram que tiodicarbe apresentou uma melhor eficiência no controle da lagarta-do-cartucho, quando comparado a fipronil, clorpirifós, tiametoxam, carbofurano e clotianidina. Desta forma, os pesquisadores concluem que o a utilização do tratamento de sementes para controle de *S. frugiperda* mostrou-se eficiente em infestações iniciais e reduziu a perda inicial do estande, sendo complementar à pulverização foliar.

Outra opção de controle químico é a pulverização foliar em estádios iniciais do ataque da lagarta. Para utilização do manejo químico no controle de *S. frugiperda*, Gallo et al. (2002) mencionam que o nível de controle para utilização de produtos químicos é de 20% de plantas com folhas raspadas, até o trigésimo dia após o plantio, e de 10% de plantas com folhas raspadas do quadragésimo ao sexagésimo

dia. Os autores mencionam que as causas do insucesso no controle são: combate tardio e métodos inadequados de aplicação de inseticidas.

Para que um híbrido transgênico expresse totalmente o seu potencial, recomenda-se, como medida adicional de controle, a aplicação de inseticidas quando 20% das plantas atingirem a nota de injúria 4, na escala de Davis, que representa várias lesões entre 1,3 e 2,5 cm nas folhas expandidas e novas (LOURENÇÃO et al., 2009).

Gallo et al. (2002) relacionam alguns ingredientes ativos usados para o controle da lagarta-do-cartucho do milho (Tabela 1).

Tabela 1 – Grupo químico e ingrediente ativo de inseticidas para o controle de *S. frugiperda*

Grupo químico	Ingrediente ativo	Grupo químico	Ingrediente ativo	
Piretróides	alfametrina	Organofosfarados	clorpirifós etil	
	betaciflutrina		fenitrotona	
	cipermetrina		piridafentiona	
	ciflutrina		parationa	
			metílica	
	deltametrina		triclorfôm	
	esfenvalerate		triazofós	
	fenvalerate		Diacilhidrazinas	metoxifenozone
	fenpropratina			tebufenozone
			lambdacialotrina	Derivados de uréia
permetrina		diflubenzurom		
zetacipermetrina		lufenurom		
		novalurom		
Carbamatos	carbaril		teflubenzurom	
	metomil		triflumurom	
	tiodicarbe			
Espinosinas	Espinosade			

(Fonte: GALLO et al., 2002)

Resultados de eficácia de controle químico de diferentes inseticidas sobre *S. frugiperda*, aplicados em pulverizações foliares em milho e arroz, demonstraram que os ingredientes ativos espinosade e clorpirifós apresentaram uma melhor eficácia de controle frente aos inseticidas lambdacialotrina, lufenurom e metoxifenozone (BUSATO et al., 2006).

A aplicação ineficiente de inseticidas pode afetar o manejo da lagarta-do-cartucho no milho. Silva (1999) e Costa et al. (2005) argumentam que um fator importante que deve ser considerado no momento da aplicação é a taxa de aplicação e o estágio da planta.

O número de aplicações de inseticidas pode determinar a eficácia do controle. Foi observado que diferentes híbridos cultivados na safrinha sofreram menor perda no rendimento de grãos com três aplicações de inseticidas, comparativamente a uma e a duas aplicações (WERLE et al., 2011).

O controle químico de modo geral pode ser eficiente no controle de pragas, porém, pode interferir na população de organismos não alvos na cultura do milho (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004). Testes de seletividade de inseticidas de contato a *D. luteipes* e *Chrysoperla externa*, quando aplicados em pulverizações foliares, foram realizados por Cruz et al. (2004). Os pesquisadores observaram que lambdacialotrina, betaciflutrina e betacipermetrina apresentaram eficácia semelhante no controle de *S. frugiperda*, no entanto, betacipermetrina apresentou seletividade aos predadores quando comparado aos demais inseticidas testados.

A eficácia de controle com lufenurom e clorpirifós e os efeitos sobre inimigos naturais foram estudados em milho safrinha. Toscano et al. (2012) observaram que lufenurom apresentou melhor eficiência de controle da lagarta-do-cartucho comparativamente a clorpirifós. Já o lufenurom apresentou um menor efeito deletério na população de predadores e parasitóides.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais

Os experimentos foram desenvolvidos na safra 2010/2011, nas estações experimentais da Monsanto do Brasil e no Laboratório de Entomologia da Universidade de Passo Fundo, RS. As ações experimentais foram divididas em Experimento I (quatro locais), Experimento II e Experimento III, totalizando cinco ensaios em campo e um em laboratório.

No Experimento I, realizaram-se avaliações de eficácia de genótipos de milho *Bt* no controle de *S. frugiperda* e de outras pragas que ocorreram em campo, empregando-se diferentes genótipos geneticamente modificados disponíveis no mercado. O experimento foi conduzido nas estações experimentais da Monsanto de Rolândia, PR, Não-Me-Toque, RS, Sorriso, MT e Cachoeira Dourada, MG.

O Experimento II consistiu na avaliação de eficácia de genótipos *Bt* e de alguns dos principais inseticidas disponíveis no mercado, no controle da lagarta-do-cartucho. A condução deste experimento foi realizada em campo, na estação da Monsanto de Não-Me-Toque, RS.

O Experimento III foi conduzido em laboratório, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo, RS, avaliando-se o controle de *S. frugiperda* com inseticidas utilizados no tratamento de sementes, tanto em milho convencional, quanto em milho *Bt*.

Após o término dos experimentos, os dados foram submetidos ao teste de normalidade e à análise da variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Para análise dos dados, utilizou-se o programa estatístico SASM-Agri (Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas), desenvolvido pelo Departamento de Estatística da Universidade Estadual de Londrina (CANTERI et al., 2001). Dados que não apresentaram distribuição normal foram transformados segundo recomendação do programa estatístico.

3.2 Experimento I – Avaliação da eficácia de genótipos de milho *Bt* no controle de *S. frugiperda* em quatro locais

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições, em quatro locais, na safra 2010/11 (Tabela 2). As parcelas foram compostas por seis linhas de milho de 6,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,8 m, perfazendo 28,8 m² (área da parcela). A taxa de semeadura foi de 5,5 sementes/m e a população final de plantas ao redor de 62500 plantas/ha.

Com relação aos tratos culturais, o experimento foi conduzido obedecendo às boas práticas agrícolas no que se refere à aplicação de fungicidas no tratamento de sementes, herbicidas, fungicidas foliares e fertilizantes. Todas as parcelas dos experimentos receberam os mesmos insumos e doses. Não foi realizada a aplicação de inseticidas para controle de pragas.

Os eventos *Bt* avaliados e suas respectivas proteínas foram MON 810 (Cry 1Ab), MON 89034 (Cry 1A.105 e Cry 2Ab2), TC1507 (Cry1F e PAT) e MON 89034 × TC1507 × NK603 (Cry 1A.105, Cry 2Ab2, Cry1F, PAT e CP4 EPSPS) (CTNBio, 2012), com os respectivos genes introgrididos no híbrido DKB 390. As tecnologias MON 89034 × TC1507 × NK603 e TC1507, além de expressar proteínas que promovem o controle de insetos praga, também apresentam tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio (proteínas PAT e CP4 EPSPS) e ao herbicida glufosinato de amônio (proteína PAT), respectivamente. Além dos quatro eventos, utilizou-se um genótipo de milho isogênico convencional, mencionado na Tabela 2 como DKB 390 (controle) e duas referências comerciais por local, recomendadas para plantio em cada região. Cabe salientar, que tanto os genótipos que foram introgrididos com genes interespecíficos, quanto o híbrido controle (DKB 390) apresentam a mesma genealogia, ou seja, são oriundos das mesmas linhagens genéticas. Os eventos MON 810, MON 89034 e MON 89034 × TC1507 × NK603 foram registrados pela empresa Monsanto do Brasil Ltda., sendo tecnologias de sua propriedade. O evento TC1507 foi registrado pela empresa Dow Agrosiences e o evento MON 89034 × TC1507 × NK603 foi registrado pela empresa Monsanto do Brasil Ltda. e Dow Agrosiences, respectivamente

Para a avaliação de eficácia dos genótipos *Bt* no controle de *S. frugiperda*, realizaram-se avaliações visuais de injúrias foliares. Avaliações complementares de injúrias nas espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*, injúrias em colmos devido ao ataque de *D. saccharalis*, podridão de espigas e podridão de colmos foram

realizadas tanto dos genótipos *Bt* quanto nas referências comerciais e no genótipo controle. As avaliações foram realizadas na segunda e terceira linhas de cada parcela.

Para avaliação de injúrias foliares ocasionada por *S. frugiperda*, utilizou-se metodologia proposta por Davis et al. (1992) que estabelece uma escala de 0 a 9, sendo:

- 0 – sem danos visíveis;
- 1 – folhas raspadas;
- 2 – folhas raspadas e pequenas lesões circulares;
- 3 – poucas lesões circulares ou indefinidas de até 1,3 cm nas folhas expandidas e novas;
- 4 – Várias lesões entre 1,3 e 2,5 cm nas folhas expandidas e novas;
- 5 – Várias lesões maiores que 2,5 cm presentes em algumas folhas expandidas e novas;
- 6 – Várias lesões maiores que 2,5 cm presentes em várias folhas expandidas e novas;
- 7 – Várias lesões irregulares e algumas áreas das folhas completamente comidas;
- 8 – Várias lesões irregulares e várias folhas completamente comidas;
- 9 – Planta completamente destruída.

As avaliações de injúrias foliares foram realizadas nos estádios V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14. O estágio fenológico do milho foi baseado de acordo com fenologia proposta por Ritchie et al. (1993). As injúrias nas folhas foram avaliadas em 10 plantas na sequência tomadas ao acaso.

A avaliação de injúrias nas espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda* foi realizada no estágio fenológico R6, um pouco antes

da coleta de amostras para avaliação do rendimento de grãos, segundo metodologia por Widstrom (1967). Para esta avaliação, utilizou-se uma escala de 0 a 9, sendo:

- 0 – sem danos visíveis;
- 1 – lesão nos cabelos da espiga;
- 2 – lesão de até 1,0 cm na espiga;
- 3 – lesão de até 2,0 cm na espiga;
- 4 – lesão de até 3,0 cm na espiga;
- 5 – lesão de até 4,0 cm na espiga;
- 6 – lesão de até 5,0 cm na espiga;
- 7 – lesão de até 6,0 cm na espiga;
- 8 – lesão de até 7,0 cm na espiga;
- 9 – lesão acima de 8,0 cm na espiga.

Foram avaliadas 10 espigas de 10 plantas tomadas ao acaso na segunda linha.

Após a coleta das espigas para avaliação de injúrias, os colmos destas plantas foram avaliados, contabilizando-se o número de orifícios causados por *D. saccharalis*.

As avaliações de podridão de espiga e colmo foram realizadas nas mesmas espigas e colmos, após a avaliação de injúrias ocasionadas por insetos praga. Para avaliação de podridão tanto na espiga, quanto no colmo, adotou-se a seguinte escala, proposta por Sammons et al. (2013): 0 – sem podridão; 1 a 3 = podridão leve; 4 a 6 = podridão moderada; 7 a 10 = podridão severa.

Juntamente com as avaliações de eficácia, realizou-se avaliações agrônômicas para estudo da resposta dos genótipos de milho frente à presença das pragas. Todas as observações agrônômicas

foram realizadas na quarta e na quinta linhas. No estágio fenológico V2-V3, ou seja, entre 14 e 21 dias após a emergência, realizou-se a avaliação de estande inicial, porcentagem de emergência e vigor. Para avaliação visual do vigor das plantas emergidas, utilizou-se escala proposta por Sammons et al. (2013): 1 a 3 = excelente vigor; 4 a 6 = vigor médio; 7 a 9 = baixo vigor. Anotou-se a data da maturação fisiológica de cada genótipo (estádio fenológico R6) e, assim que os genótipos apresentaram umidade adequada para colheita, realizou-se a avaliação de estande final e rendimento de grãos. Todas as plantas das duas linhas foram contadas e as espigas foram colhidas manualmente e acondicionadas em sacos de rafia previamente identificados. Após a colheita, as espigas foram trilhadas em debulhador de milho acoplado ao sistema hidráulico de três pontos do trator. Os grãos foram pesados e avaliados quanto a umidade. Padronizou-se o rendimento de grãos para 13% de umidade transformando o peso de cada parcela em kg/ha.

Para a variável rendimento de grãos, também foi realizada a análise de interação entre genótipo e local, configurando-se um experimento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 (genótipos) \times 4 (locais), com quatro repetições, conforme sugerido por Banzatto & Kronka (2006). Os genótipos utilizados para esta análise foram MON 810, MON 89034, TC1507, MON 89034 \times TC1507 \times NK603 e DKB390 (controle) (Tabela 2), pois apresentam a mesma genealogia, diferindo apenas as proteínas *Bt* de expressão.

Tabela 2 – Especificação dos genótipos utilizados e respectivos locais no Experimento I, 2010/11

Genótipo	Fenótipo*	Local
MON 810	RI	Rolândia, PR
MON 89034	RI	Rolândia, PR
TC 1507	RI/TGlu	Rolândia, PR
MON 89034 × TC1507 × NK603	RI/TGlu/TGly	Rolândia, PR
DKB 390 (controle)	CV	Rolândia, PR
DKB 240 YG	RI	Rolândia, PR
Balu 184	CV	Rolândia, PR
MON 810	RI	Não-Me-Toque, RS
MON 89034	RI	Não-Me-Toque, RS
TC 1507	RI/TGlu	Não-Me-Toque, RS
MON 89034 × TC1507 × NK603	RI/TGlu/TGly	Não-Me-Toque, RS
DKB 390 (controle)	CV	Não-Me-Toque, RS
DKB 245	CV	Não-Me-Toque, RS
AS 1575	CV	Não-Me-Toque, RS
MON 810	RI	Sorriso, MT
MON 89034	RI	Sorriso, MT
TC 1507	RI/TGlu	Sorriso, MT
MON 89034 × TC1507 × NK603	RI/TGlu/TGly	Sorriso, MT
DKB 390 (controle)	CV	Sorriso, MT
DKB 399	CV	Sorriso, MT
AS 1575	CV	Sorriso, MT
MON 810	RI	Cach. Dourada, MG
MON 89034	RI	Cach. Dourada, MG
TC 1507	RI/TGlu	Cach. Dourada, MG
MON 89034 × TC1507 × NK603	RI/TGlu/TGly	Cach. Dourada, MG
Controle (DKB 390)	CV	Cach. Dourada, MG
DKB 177	CV	Cach. Dourada, MG
AS 1572 YG	RI	Cach. Dourada, MG

*RI = resistente à insetos, TGlu = tolerante ao glufosinato, TGly = tolerante ao glifosato, CV = convencional.

3.3 Experimento II – Avaliação da eficácia de genótipos de milho *Bt* e de inseticidas em pulverização foliar no controle de *S. frugiperda*

O experimento foi conduzido na safra 2010/11, na Estação Experimental da Monsanto de Não-Me-Toque, RS, local representativo da região norte do Rio Grande do Sul para cultivo de milho (Figura 1).



Figura 1 – Vista do Experimento II por ocasião da instalação em Não-Me-Toque, RS, 2010/11.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. As parcelas foram compostas por seis linhas de milho de 6,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,8 m, perfazendo 28,8 m² (área da parcela). A taxa de semeadura foi de 5,5 sementes/m e a população final ao redor de 65000 plantas/ha.

Com relação aos tratos culturais, o experimento foi conduzido obedecendo às boas práticas agrícolas no que se refere à aplicação de inseticidas, herbicidas, fungicidas e fertilizantes. Antes do plantio do milho, a área experimental foi dessecada com glifosato na dose de 2,0 kg/ha. Para adubação de plantio, utilizou-se 300 kg/ha da fórmula comercial 8-25-20. Para adubação de cobertura, utilizou-se 300 kg/ha de uréia, parcelada em duas aplicações, nos estádios V4 e V8. Para tratamento de sementes pré-plantio, utilizou-se o inseticida tiamentoxam na dose de 0,120 L/60 mil sementes. O controle de plantas daninhas foi realizado em pré-emergência com atrazina e simazina na dose de 5,0 L/ha. Para controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se tembotrione na dose de 0,240 L/ha e atrazina na dose de 4,0 L/ha. Aplicou-se ciproconazol e azoxystrobina, no estágio fenológico V10, na dose de 0,300 L/ha, para controle de doenças foliares.

O experimento foi instalado no dia 13/11/2010, de forma manual, utilizando-se matracas.

Os eventos *Bt* avaliados foram MON 810, que expressa a proteína Cry 1Ab e MON 89034, que expressa as proteínas Cry 1A.105 e Cry 2Ab2, introgridos no híbrido DKB 390, os quais não receberam tratamento com inseticida (Tabela 3). Estes eventos são

aprovados pela CTNBio e estão disponíveis para comercialização no mercado brasileiro. Os inseticidas avaliados foram clorpirifós, metomil, espinosade e lufenurom, aplicados sobre o genótipo DKB 390 convencional, utilizado como testemunha (Tabela 3).

Os inseticidas foram aplicados segundo recomendações técnicas para a cultura do milho (AGROFIT, 2013) na data de 06/12/2010 (23 dias após o plantio), no momento em que as plantas de milho encontravam-se no estágio fenológico V5.

Posteriormente ao plantio e à aplicação dos tratamentos inseticidas, foram realizadas avaliações de injúrias nas folhas para verificação do controle da lagarta-do-cartucho e avaliações complementares nos colmos e nas espigas.

Para avaliação de injúrias foliares ocasionada por *S. frugiperda*, utilizou-se metodologia proposta por Davis et al. (1992), que estabelece uma escala de 0 a 9, descrita no item 3.2. Esta avaliação foi realizada aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos inseticidas, em 10 plantas, na sequência entre a segunda e quinta linhas da parcela. Também dessa forma, no estágio R5, procedeu-se a contagem do número de orifícios causados por *D. saccharalis*. Após a contagem do número de orifícios, os colmos foram abertos ao meio, manualmente, para medição do comprimento de galeria (cm), ocasionada pela broca. Ainda em R5, na segunda e quinta linhas, 10 espigas na sequência, coletadas foram avaliadas para verificação de injúrias ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*. Foi avaliado o comprimento total da galeria, em cm, causada pelo ataque destes insetos-pragas e estimada, em cm^2 , a quantidade de grãos comidos pelas lagartas.

Tabela 3 – Tratamentos avaliados no Experimento II em Não-Me-Toque, RS, 2010/11

Genótipo	Fenótipo ¹	Produto	Dose i.a.(g/ha)
DKB 390 (MON 810)	RI	-----	-----
DKB 390 (MON 89034)	RI	-----	-----
DKB 390	CV	-----	-----
DKB 390	CV	Clorpirifós	288
DKB 390	CV	Metomil	129
DKB 390	CV	Espinosade	48
DKB 390	CV	Lufenurom	15

¹CV = Convencional, RI = Resistente a insetos.

3.4 Experimento III – Avaliação da eficiência do tratamento de sementes com inseticidas em milho convencional e milho *Bt* no controle de *S. frugiperda*

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, RS, em março de 2012. Em delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos (Tabela 4) e quatro repetições, foi avaliada a eficiência de inseticidas utilizados no tratamento de sementes, associados ou não à genótipos de milho *Bt* (DKB 240 VTPro®, evento MON 89034

registrado pela Monsanto do Brasil Ltda) e convencional (DKB 240), no controle de *S. frugiperda*. As doses dos inseticidas seguiram recomendações de bula (AGROFIT, 2013). Cabe ressaltar que os ingredientes ativos tiametoxam e fipronil não possuem registro para controle da lagarta-do-cartucho, possuindo registro apenas para outras pragas. Como são inseticidas muito utilizados na cultura do milho, o conhecimento de seus efeitos sobre *S. frugiperda* são de extrema importância.

Tabela 4 – Tratamentos avaliados no Experimento III em Passo Fundo, RS, 2012

Genótipo	Inseticida	Dose
		i.a. (g/60 mil sementes)
DKB 240	Tiodicarbe+	45 + 135
	Imidacloprido	
MON 89034	Tiodicarbe+	45 + 135
	Imidacloprido	
DKB 240	Fipronil	12,5
MON 89034	Fipronil	12,5
DKB 240	Tiametoxam	42
MON 89034	Tiametoxam	42
DKB 240	Sem aplicação	---
MON 89034	Sem aplicação	---

O experimento foi instalado em vaso de 22 cm de diâmetro contendo três plantas de milho protegidas por uma gaiola de

plástico transparente (Figura 2). No estágio fenológico V2, as plantas da unidade experimental foram infestadas com 10 lagartas neonatas, por planta. Avaliaram-se as injúrias nas plantas utilizando-se metodologia descrita por Davis et al. (1992), mencionada no item 3.2, e o número de lagartas mortas, aos seis dias após a infestação.



Figura 2 – Detalhe da montagem do Experimento III no Laboratório de Entomologia da FAMV-UPF. Passo Fundo, RS, março de 2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da eficácia de genótipos de milho *Bt* no controle de *S. frugiperda* em quatro locais

4.1.1 Injúrias ocasionadas por *S. frugiperda* e outras pragas

Os resultados que evidenciam as injúrias de *S. frugiperda* em folhas de milho podem ser visualizados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 que representam os locais de Rolândia, PR, Não-Me-Toque, RS, Sorriso, MT e Cachoeira Dourada, MG, respectivamente.

Não ocorreu ataque de *S. frugiperda* em estádios iniciais do desenvolvimento do milho em Rolândia, PR (Tabela 5), por isso injúrias não foram evidenciadas em V2-V4. No entanto, a partir de V6, as injúrias nas folhas foram se intensificando, demonstrando a evolução do desenvolvimento do inseto e da infestação. As maiores injúrias foliares foram observadas nos genótipos DKB 390 e DKB 240 YG, seguido por Balu 184. Menores injúrias foliares foram observadas nos genótipos MON 810, MON 89034, TC1507 e MON 89034 × TC1507 × NK603. Nos estádios fenológicos V10-V12 e V14 as menores injúrias foliares foram observadas nos genótipos MON 89034, TC1507 e MON 89034 × TC1507 × NK603, evidenciando a eficácia de controle sobre a lagarta-do-cartucho. O genótipo MON 810 apresentou uma injúria intermediária, assemelhando-se tanto aos genótipos MON 89034, TC1507 e MON 89034 × TC1507 × NK603, quanto aos genótipos controle e às referências comerciais. A maior

injúria foliar foi observada no genótipo convencional Balu 184 no estágio fenológico V14.

Tabela 5 – Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por *S. frugiperda*, entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Rolândia, PR, 2010/11

Genótipo	Escala Davis – 0 a 9			
	V2-V4	V6-V8	V10-V12	V14
MON 810	0,00	0,75 b	2,25 bc	1,50 bc
MON 89034	0,00	0,75 b	1,25 c	1,25 bc
TC1507	0,00	0,75 b	1,75 c	1,00 c
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,00	1,00 b	1,25 c	1,50 bc
DKB390(controle)	0,00	2,50 a	3,25 ab	2,75 ab
DKB 240YG	0,00	2,25 a	3,25 ab	2,25 abc
Balu 184	0,00	1,75 ab	3,50 a	3,75 a
CV%	-	34,15	22,52	33,63

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Diferentemente de Rolândia, PR, verificou-se injúrias foliares em estádios iniciais do milho no experimento desenvolvido em Não-Me-Toque, RS (Tabela 6). A injúrias foliares foram gradativas, isto é, intensificada do estágio V2-V4 até V10-V12, principalmente nos genótipos convencionais. Nos genótipos convencionais DKB 390 (controle), DKB 245 e AS 1575 lesões

maiores que 2,5 cm e folhas do cartucho completamente destruídas foram observadas, apresentando notas na escala Davis acima de 7. O genótipo MON 810 apresentou uma injúria foliar intermediária, ou seja, a injúria da lagarta-do-cartucho nas folhas foi menor do que as injúrias observadas nos genótipos convencionais. No entanto, quando se comparou a injúrias foliares entre os genótipos *Bt*, a maior injúria foi observada no genótipo MON 810 até os estádios fenológicos V10-V12. A partir de V14, as injúrias foram semelhantes entre os genótipos geneticamente modificados. As menores injúrias foliares foram verificadas nos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507, demonstrando que estas tecnologias são eficazes para mitigar severos ataques de *S. frugiperda* ao longo do desenvolvimento da cultura do milho.

Tabela 6 – Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por *S. frugiperda*, entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11

Genótipo	Escala Davis – 0 a 9			
	V2-V4	V6-V8	V10-V12	V14
MON 810	1,63 b	2,48 b	2,58 b	1,53 b
MON 89034	0,60 c	1,03 c	0,58 c	1,18 b
TC1507	1,23 bc	0,90 c	0,78 c	1,33 b
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,65 c	1,20 c	0,85 c	1,33 b
DKB 390 (controle)	3,38 a	7,33 a	6,25 a	4,70 a
DKB 245	3,00 a	7,55 a	6,50 a	4,10 a
AS 1575	2,95 a	7,40 a	6,85 a	4,58 a
CV%	16,53	8,71	16,23	28,00

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Em Sorriso, MT (Tabela 7), os dados de injúrias foliares dos genótipos de milho convencionais, assim como os genótipos geneticamente modificados, apresentaram um comportamento semelhante aos de Não-Me-Toque, RS. Cabe ressaltar que o nível de infestação da lagarta-do-cartucho foi menor neste local. Pequenas injúrias e/ou nenhuma injúria foram verificadas nos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507. Os genótipos convencionais apresentaram poucas lesões nas folhas novas e expandidas em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho. O

genótipo MON 810, no estágio V14 da cultura do milho, não diferiu significativamente dos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507, apresentando um bom controle da lagarta-do-cartucho.

Tabela 7 – Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por *S. frugiperda*, entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Sorriso, MT, 2010/11

Genótipo	Escala Davis – 0 a 9			
	V2-V4	V6-V8	V10-V12	V14
MON 810	0,95 b	1,25 b	1,42 c	0,38 b
MON 89034	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 b
TC1507	0,00 c	0,00 c	0,02 d	0,00 b
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,00 c	0,00 c	0,02 d	0,10 b
DKB 390 (controle)	2,05 a	3,03 a	2,63 ab	2,53 a
DKB 399	2,38 a	3,20 a	2,08 bc	2,40 a
AS 1575	2,28 a	3,13 a	2,93 a	2,55 a
CV%	30,17	12,88	22,81	34,96

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Em Cachoeira Dourada, MG (Tabela 8), de forma semelhante ao discutido nos demais locais, a melhor eficácia contra a injúrias foliares de *S. frugiperda* foi observada nos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603 e MON 89034, seguidos pelo genótipo TC1507. O genótipo MON 810 não diferiu estatisticamente do

genótipo TC1507 e AS 1572 YG nos estádios V10-V12 e V14, respectivamente, e apresentou um controle intermediário, quando comparado aos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603 e MON 89034. É importante mencionar que o genótipo AS 1572 YG apresenta o evento MON 810, sendo geneticamente modificado. Ressalta-se que a maior infestação foi observada entre os estádios V6-V8, em que as plantas dos genótipos convencionais, DKB 390 (controle) e DKB 177, apresentaram notas acima de 6 na escala de Davis, que representa lesões maiores de 2,5 cm presentes em várias folhas expandidas e novas.

Tabela 8 – Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho, ocasionada por *S. frugiperda*, entre os estádios fenológicos V2-V4, V6-V8, V10-V12 e V14, em Cachoeira Dourada, MG, 2010/11

Genótipo	Escala Davis – 0 a 9							
	V2-V4		V6-V8		V10-V12		V14	
MON 810	2,50	b	3,75	b	1,50	bc	2,25	bc
MON 89034	0,25	c	0,50	c	0,25	d	0,50	d
TC1507	0,00	c	0,00	c	0,50	cd	0,75	cd
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,50	c	0,00	c	0,00	d	0,25	d
DKB (controle)	6,25	a	6,25	a	4,00	a	4,25	a
DKB 177	5,00	a	6,25	a	4,24	a	4,50	a
AS 1572 YG	2,75	b	4,50	b	2,25	b	2,50	b
CV%	23,15		23,66		24,26		31,11	

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Buntin (2008) trabalhando com genótipos de milho geneticamente modificados que expressavam as proteínas Cry1Ab (evento MON 810) e Cry1F (evento TC1507) verificou que ambas as tecnologias exerceram controle sobre *S. frugiperda*, no entanto, em condições de alta infestação a tecnologia TC1507 apresentou uma maior proteção das plantas de milho contra o ataque desta praga. De forma semelhante Waquil et al. (2002), trabalhando com as mesmas tecnologias, observaram que ambas apresentam resistência à lagarta-do-cartucho, sendo que o TC1507 apresentou um maior potencial para controle desta praga. Estes resultados, de maneira geral, demonstram a evolução de tecnologias *Bt* e está em acordo com os resultados obtidos nos experimentos em diversos locais. Quando os genótipos *Bt* são comparados entre si, MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507 conferem maior proteção contra à injúrias foliares de *S. frugiperda*, comparativamente com o genótipo MON 810.

De maneira geral, o maior ataque da lagarta-do-cartucho ocorreu entre os estádios V6 e V12, dependendo do local. No estádio V14, a injúrias foliares foi atenuada, provavelmente devido à pupação das lagartas. Desta forma, as plantas de milho continuaram o desenvolvimento de folhas novas, sem a presença da lagarta no interior do cartucho.

Em resumo, os genótipos *Bt* MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507 são eficientes para controlar *S. frugiperda* ao longo do estádio vegetativo da cultura do milho. O genótipo MON 810 também apresenta eficácia considerável, exercendo contenção da praga. Os resultados com diferentes genótipos *Bt* demonstram uma evolução no desenvolvimento de novas proteínas,

para desta forma promover maior controle sobre pragas e facilitar o manejo em campo. Ainda, diferentes proteínas são muito importantes para mitigar os efeitos indesejáveis da resistência da lagarta-do-cartucho à proteínas *Bt*.

Os resultados de injúrias ocasionadas por *S. frugiperda* e *H. zea* nas espigas e injúrias nos colmos ocasionadas por *D. saccharalis* são demonstrados nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 que representam os seguintes locais, respectivamente: Rolândia, PR, Não-Me-Toque, RS, Sorriso, MT e Cachoeira Dourada, MG.

Em Rolândia, PR (Tabela 9) ocorreu uma baixa infestação de *H. zea* e *S. frugiperda* no estágio reprodutivo do milho. Desta forma, não foram observadas injúrias severas nos genótipos testados. Com relação à podridão das espigas e nos colmos, em todos os genótipos verificou-se uma incidência leve. De forma análoga à infestação da lagarta-da-espiga, não foram evidenciadas altas infestações de *D. saccharalis* nos genótipos. Os genótipos DKB 390 (controle) e Balu 184 apresentaram orifícios nos colmos, ocasionados pela broca-da-cana-de-açúcar, e os genótipos geneticamente modificados MON 810, MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034 e TC1507 não apresentaram estas injúrias. O genótipo DKB 240 YG não apresentou injúria nos colmos, pelo fato de expressar a proteína Cry1Ab.

Tabela 9 – Injúrias em espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*, podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por *D. saccharalis* e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Rolândia – PR, 2010/11

Genótipo	Injúria espigas ¹ (0 a 9)	Podridão espigas (0 a 10)	Orifícios colmos ¹	Podridão colmos ¹ (0 a 10)
MON 810	0,08 a	1,50 a	0,00 b	0,00 b
MON 89034	0,00 a	1,25 a	0,00 b	0,00 b
TC1507	0,05 a	1,75 a	0,00 b	0,00 b
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,00 a	1,75 a	0,00 b	0,00 b
DKB 390 (controle)	0,45 a	1,50 a	0,38 a	1,50 a
DKB 240YG	0,00 a	2,25 a	0,00 b	0,00 b
Balu 184	0,25 a	2,00 a	0,15 ab	1,25 ab
CV%	17,08	27,99	10,02	27,69

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

Os genótipos geneticamente modificados não apresentaram podridão nos colmos quando comparados aos convencionais (Tabela 9). A podridão verificada nos genótipos convencionais pode estar associada ao ataque de *D. saccharalis*, praga que possui o hábito de perfurar galerias longitudinais (PINTO, PARRA, OLIVEIRA, 2004), podendo facilitar a entrada de patógenos causadores de podridão. Segundo os autores, as galerias ocasionadas

pela praga tornam a planta de milho mais sensível à queda por ação do vento, dificultando a colheita mecanizada.

Diferenças significativas foram observadas quando se avaliou injúrias nas espigas ocasionadas pela lagarta-da-espiga e lagarta-do-cartucho, em Não-Me-Toque, RS (Tabela 10). Em média, os genótipos convencionais DKB 390 (controle), DKB 245 e AS 1575 apresentaram 2,3 vezes mais injúrias do que os genótipos geneticamente modificados. Os dados estão em acordo com os resultados apresentados por Buntin (2008) que salienta que eventos *Bt* reduzem a infestação de *H. zea* e *S. frugiperda* nas espigas. As avaliações de podridão de espigas em Não-Me-Toque, RS revelaram que os genótipos convencionais e TC1507 apresentaram podridão moderada, no entanto, não diferiram dos demais genótipos geneticamente modificados. A maior podridão foi observada nos genótipos DKB 390 (controle) e DKB 245 e a menor foi observada no genótipo MON 89034. O aumento da podridão de espigas pode estar associado ao ataque de pragas, pois ao promover as injúrias, as lagartas possibilitam a entrada de patógenos, propiciando, desta forma, a podridão dos grãos. Dowd (2001) observou correlações significativamente positivas entre o ataque nos grãos da espiga por *H. zea* e produção de fumonisinas (subproduto do metabolismo de fungos que atacam espigas, especialmente fungos do gênero *Fusarium*).

Com relação às injúrias em colmos ocasionadas pela broca-da-cana-de-açúcar, os genótipos *Bt* controlaram eficientemente esta praga, diferindo estatisticamente dos genótipos convencionais, em Não-Me-Toque, RS. As podridões de colmos foram, de maneira geral, semelhantes em todos os genótipos, que se mostraram suscetíveis à

patógenos neste local onde foram testados (Tabela 10). Cabe ressaltar que o genótipo MON 89034 × TC1507 × NK603 apresentou a menor podridão de colmo, diferindo significativamente do genótipo convencional AS 1575 e assemelhando-se com os demais genótipos.

Tabela 10 – Injúrias em espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*, podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por *D. saccharalis* e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11

Genótipo	Injúria espigas ¹ (0 a 9)	Podridão espigas (0 a 10)	Orifícios colmos ¹	Podridão colmos (0 a 10)
MON 810	0,18 b	3,00 ab	0,00 b	7,75 ab
MON 89034	0,18 b	1,00 b	0,00 b	6,25 ab
TC1507	0,38 b	3,25 ab	0,00 b	7,50 ab
MON 89034 × TC1507 × NK603	0,25 b	2,75 ab	0,00 b	5,00 b
DKB 390 (controle)	2,35 a	5,00 a	1,70 a	7,25 ab
DKB 245	1,78 a	5,00 a	1,68 a	9,00 ab
AS 1575	1,60 a	3,75 ab	1,48 a	9,25 a
CV%	12,26	35,71	18,88	24,10

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

As injúrias nas espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda* observadas em Sorriso, MT (Tabela 11), de forma

semelhante aos outros locais, revelaram diferenças significativas entre os genótipos estudados. Os genótipos MON 810 e MON 89034 apresentaram as menores injúrias de pragas que atacam as espigas. A maior injúria foi observada no genótipo convencional AS 1575, seguido de DKB 399 e DKB 390 (controle). Todavia, não foram observadas podridões severas nas espigas e os genótipos estudados não apresentaram diferenças estatísticas.

Foram observadas, para a variável número de orifícios em colmos, em Sorriso, MT (Tabela 11), diferenças significativas entre os genótipos estudados. Os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034, MON 810 e TC1507 foram eficazes no controle de *D. saccharalis*. MON 810 e MON 89034 × TC1507 × NK603 apresentaram as menores injúrias ocasionadas pela broca-da-cana-de-açúcar. Os genótipos convencionais apresentaram uma grande quantidade de orifícios nos colmos. Não foram observadas podridões de colmo severas e os genótipos se comportaram de forma semelhante. A menor e a maior podridão foram observadas nos genótipos MON 810 e DKB 399, respectivamente.

Tabela 11 – Injúrias em espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*, podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por *D. saccharalis* e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010/11

Genótipo	Injúria espigas (0 a 9)		Podridão espigas ¹ (0 a 10)		Orifícios colmos ¹		Podridão colmos ¹ (0 a 10)	
MON 810	0,60	c	0,02	a	0,13	b	0,00	b
MON 89034	0,68	c	0,00	a	0,45	b	0,05	ab
TC1507	0,95	bc	0,05	a	0,40	b	0,05	ab
MON 89034 × TC1507 × NK603	1,00	bc	0,02	a	0,08	b	0,05	ab
DKB 390 (controle)	1,70	ab	0,00	a	3,00	a	0,10	ab
DKB 399	1,68	ab	0,08	a	4,95	a	0,35	a
AS 1575	2,25	a	0,13	a	4,15	a	0,20	ab
CV%	28,51		4,89		22,57		9,73	

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$

Em Cachoeira Dourada, MG (Tabela 12) observou-se injúrias nas espigas nos genótipos estudados, sendo que a maior injúria foi verificada no genótipo AS 1572 YG, seguido por TC1507. A menor injúria foi constatada no genótipo DKB 177. A maior podridão de espigas foi observada no genótipo AS 1572 YG, seguido do genótipo DKB 177. Os demais genótipos, incluindo o DKB 177,

não diferiram estatisticamente quando se realizou a avaliação da podridão das espigas com utilização da escala de 0 a 10.

Tabela 12 – Injúrias em espigas ocasionadas por *H. zea* e *S. frugiperda*, podridão de espigas, número de orifícios em colmos ocasionado por *D. saccharalis* e podridão de colmos observado em genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010/11

Genótipo	Injúria espigas (0 a 9)	Podridão espigas ¹ (0 a 10)	Orifícios colmos ¹	Podridão colmos (0 a 10)
MON 810	1,23 cd	1,75 b	0,025 c	0,00
MON 89034	2,05 ab	1,75 b	0,00 c	0,00
TC1507	2,38 ab	2,50 b	0,00 c	0,00
MON 89034 × TC1507 × NK603	2,05 ab	3,00 b	0,00 c	0,00
DKB 390 (controle)	1,60 bc	2,75 b	1,50 b	0,00
DKB 177	0,55 d	4,25 ab	3,90 a	0,00
AS 1572 YG	2,63 a	8,25 a	0,00 c	0,00
CV%	19,04	31,12	24,51	-

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

Os genótipos MON 810, MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603, TC1507 e AS 1572 YG não diferiram estatisticamente com relação ao ataque de *D. saccharalis*,

apresentando controle desta praga. O genótipo DKB 390 (controle) e DKB 177 apresentaram injúrias nos colmos, mais evidentes neste último. Em Cachoeira Dourada, MG, não foi observada podridão nos colmos em todos os genótipos estudados.

4.1.2 Desempenho agronômico dos genótipos de milho

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os resultados quanto às características agronômicas dos genótipos de milho observados em Rolândia, PR.

Com relação ao estande inicial e vigor, os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603 e MON 89034 apresentaram um maior estande e maior vigor, comparativamente com os demais genótipos.

Os piores resultados de vigor foram observados nos genótipos DKB 390 (controle), DKB 240 YG e Balu 184.

A variável porcentagem de emergência teve um comportamento semelhante ao estande inicial, visto que ambas as variáveis são dependentes, ou seja, aumenta-se o estande inicial e proporcionalmente tem-se um aumento no percentual de emergência.

Tabela 13 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho em Rolândia, PR, 2010/11

Genótipo	Estande inicial (N° plantas)	Vigor (Escala 1 a 9)	Emergência (%)
MON 810	60,00 bc	2,50 ab	90,75 bc
MON 89034	63,50 ab	1,00 c	96,00 ab
TC1507	58,50 c	1,50 bc	88,50 c
MON 89034 × TC1507 × NK603	64,50 a	1,00 c	97,50 a
DKB 390 (controle)	58,50 c	3,00 a	88,50 c
DKB 240YG	58,25 c	3,50 a	88,00 c
Balu 184	57,75 c	3,25 a	87,25 c
CV%	2,79	19,99	2,88

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O comportamento dos genótipos quanto ao estande final (Tabela 14) foi semelhante ao do estande inicial, seguindo a tendência dos genótipos que apresentaram um maior estande inicial. O maior número de plantas na contagem final foi observado nos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603 e MON 89034, não diferindo entre si estatisticamente. A maturação fisiológica dos genótipos *Bt* foi semelhante, com exceção do genótipo MON 89034 × TC1507 × NK603 que apresentou maturação semelhante a dos genótipos MON 810, MON 89034 e TC1507 e maturação diferente do DKB 390 (controle). As referências comerciais DKB 240 YG e Balu 184 apresentaram maturação fisiológica semelhante estatisticamente.

Com relação à variável peso de 1000 grãos, os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle) não diferiram estatisticamente e apresentaram maior peso, comparativamente aos genótipos DKB 240 YG e Balu 184.

O peso de 1L revelou que o genótipo Balu 184 apresentou um maior peso, comparativamente com os demais genótipos. O menor valor foi observado no genótipo MON 810 e os demais apresentaram valores semelhantes, não diferindo estatisticamente.

Tabela 14 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Rolândia, PR, 2010/11

Genótipo	Estande final (Nº plantas)	Maturação (dias)	1000 grãos (kg)	Peso de 1L (kg)
MON 810	59,00 bc	146,00 ab	0,399 a	0,776 c
MON 89034	62,75 ab	146,00 ab	0,386 a	0,801 b
TC1507	57,75 cd	145,50 ab	0,377 a	0,792 bc
MON 89034 × TC1507×NK603	64,75 a	146,75 a	0,376 a	0,800 b
DKB 390 (controle)	56,50 cd	144,50 b	0,397 a	0,798 bc
DKB 240 YG	56,50 cd	138,25 c	0,262 c	0,796 bc
Balu 184	55,00 d	139,75 c	0,306 b	0,833 a
CV%	2,83	0,54	3,60	1,22

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentadas as características agronômicas dos genótipos de milho observadas em Não-Me-Toque, RS.

Com relação ao estande inicial e à emergência, todos os genótipos apresentaram o mesmo comportamento, não diferindo estatisticamente entre si.

O maior e o menor vigor de plantas foram observados nos genótipos MON 89034 e AS 1575, respectivamente. Os demais genótipos se comportaram de maneira semelhante.

Tabela 15 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11

Genótipo	Estande inicial (Nº plantas)	Vigor (Escala 1 a 9)	Emergência (%)
MON 810	61,75 a	3,00 ab	93,50 a
MON 89034	64,75 a	2,00 b	97,75 a
TC1507	62,00 a	2,75 ab	93,75 a
MON 89034 × TC1507 × NK603	63,75 a	3,00 ab	96,50 a
DKB 390 (controle)	61,75 a	3,75 ab	93,50 a
DKB 245	63,75 a	3,00 ab	96,25 a
AS 1575	62,25 a	4,25 a	94,00 a
CV%	3,32	27,95	3,24

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Com relação ao estande final e peso de 1000 grãos, todos os genótipos apresentaram o mesmo comportamento, não diferindo estatisticamente entre si.

Com exceção do genótipo AS 1575, os demais genótipos atingiram a maturação fisiológica no mesmo período, se comportando de maneira semelhante.

De maneira geral, a avaliação de peso de 1L revelou que os genótipos se comportaram de maneira semelhante, com exceção do genótipo DKB 245 que diferiu dos genótipos MON 89034 e TC1507.

Os genótipos geneticamente modificados e o genótipo DKB 390 (controle), em Não-Me-Toque, RS, tiveram comportamento semelhante entre si, não diferindo estatisticamente quanto às variáveis agronômicas estudadas. O comportamento semelhante entre genótipos era esperado, visto que estes materiais possuem a mesma genealogia, diferindo apenas dos genes introgrididos.

Tabela 16 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Não-Me-Toque, RS, 2010/11

Genótipo	Estande final (N° plantas)	Maturação (dias)	1000 grãos (kg)	Peso de 1L (kg)
MON 810	29,75 a	125	0,345 a	0,562 ab
MON 89034	30,00 a	125	0,332 a	0,551 b
TC1507	31,00 a	125	0,323 a	0,547 b
MON 89034 × TC1507 × NK603	30,00 a	125	0,345 a	0,557 ab
DKB 390 (controle)	28,75 a	125	0,356 a	0,564 ab
DKB 245	27,75 a	125	0,347 a	0,600 a
AS 1575	29,75 a	123	0,332 a	0,586 ab
CV%	4,90	-	6,23	3,50

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As Tabelas 17 e 18 demonstram as características agronômicas dos genótipos de milho observadas em Sorriso, MT.

Com relação ao estande inicial e à emergência, em Sorriso, MT, os genótipos MON 89034 e AS 1575 apresentaram um maior número de plantas comparativamente ao genótipo TC1507, que apresentou o menor número de plantas. Os demais genótipos se comportaram de maneira semelhante, não diferindo dos genótipos que apresentaram um maior estande.

Com relação ao vigor de plantas, todos os genótipos apresentaram vigor semelhante.

Tabela 17 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010/11

Genótipo	Estande inicial		Vigor		Emergência	
	(Nº plantas)		(Escala 1 a 9)		(%)	
MON 810	61,25	ab	3,00	a	92,50	ab
MON 89034	64,00	a	2,00	a	96,75	a
TC1507	58,75	b	2,50	a	89,00	b
MON 89034 × TC1507 × NK603	61,75	ab	2,00	a	93,50	ab
DKB 390 (controle)	60,50	ab	3,50	a	91,50	ab
DKB 399	61,50	ab	3,50	a	93,25	ab
AS 1575	63,00	a	3,25	a	95,25	a
CV%	2,67		26,70		2,68	

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As observações agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final das plantas de milho demonstraram que para as variáveis estande final, peso de 1000 grãos e peso de 1L, todos os genótipos apresentaram valores semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si. Da mesma forma, a maturação fisiológica dos genótipos ocorreu na mesma data, apresentando o mesmo ciclo de desenvolvimento.

De forma semelhante ao que foi observado em Não-Me-Toque, RS e em Sorriso, MT, os genótipos geneticamente modificados

e o genótipo DKB 390 (controle) apresentaram um comportamento semelhante entre si, não diferindo estatisticamente com relação às variáveis agronômicas estudadas.

Tabela 18 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Sorriso, MT, 2010-2011

Genótipo	Estande final (Nº plantas)	Maturação (dias)	1000 grãos (kg)	Peso de 1 L (kg)
MON 810	57,75 a	118	0,345 a	0,855 a
MON 89034	60,00 a	118	0,348 a	0,840 a
TC1507	57,75 a	118	0,323 a	0,848 a
MON89034 × TC1507 × NK603	58,50 a	118	0,331 a	0,856 a
DKB 390 (controle)	59,75 a	118	0,353 a	0,836 a
DKB 399	58,25 a	118	0,326 a	0,829 a
AS 1575	58,75 a	118	0,351 a	0,856 a
CV%	3,05	-	5,05	3,61

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As Tabelas 19 e 20 demonstram as características agronômicas dos genótipos de milho observadas em Cachoeira Dourada, MG.

As observações iniciais de estande inicial, vigor e emergência evidenciam que os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle)

apresentaram o mesmo comportamento de desenvolvimento inicial e não diferiram das referências comerciais DKB 177 e AS 1572 YG.

Tabela 19 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento inicial de genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010-2011

Genótipo	Estande inicial (Nº plantas)	Vigor (Escala 1 a 9)	Emergência (%)
MON 810	64,50 a	2,75 a	97,50 a
MON 89034	63,50 a	2,25 a	96,00 a
TC1507	61,50 a	3,75 a	93,00 a
MON 89034 × TC1507 × NK603	63,25 a	3,25 a	95,75 a
DKB 390 (controle)	62,50 a	2,25 a	94,50 a
DKB 177	64,00 a	2,25 a	96,75 a
AS 1572 YG	63,50 a	2,75 a	96,00 a
CV%	3,75	24,24	3,83

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As observações agronômicas referentes ao desenvolvimento final das plantas de milho, em Cachoeira Dourada, MG, revelaram que os genótipos foram semelhantes quando se comparou o estande final. Com relação à maturação fisiológica, os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507, DKB (controle) e DKB 177 apresentaram o mesmo ciclo de desenvolvimento e o genótipo AS 1572 YG apresentou maior precocidade.

Pode-se observar que, quanto ao peso de 1000 grãos, os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle) não diferiram entre si, mas foram diferentes das referências comerciais DKB 177 e AS 1572 YG. De forma semelhante, quando se avaliou o peso de 1L, os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle) não diferiram entre si. O maior peso de 1L foi observado no genótipo DKB 177 e o menor no genótipo AS 1572 YG.

Tabela 20 – Variáveis agronômicas relacionadas ao desenvolvimento final e à produção de grãos de genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, 2010-2011

Genótipo	Estande final (Nº plantas)	Maturação (dias)	1000 grãos (kg)	Peso de 1 L (kg)
MON 810	51,25 a	113	0,239 b	0,757 b
MON 89034	49,00 a	113	0,254 b	0,757 b
TC1507	54,75 a	113	0,270 b	0,765 b
MON 89034 × TC1507 × NK603	53,50 a	113	0,249 b	0,762 b
DKB 390 (controle)	50,75 a	113	0,260 b	0,775 b
DKB 177	52,00 a	113	0,313 a	0,804 a
AS 1572 YG	52,50 a	106	0,304 a	0,730 c
CV%	8,60	-	5,10	1,14

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

De forma geral, as avaliações agronômicas iniciais e finais revelaram que os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle) apresentaram o mesmo comportamento, pelo fato de possuírem a mesma genealogia, diferindo apenas quanto aos genes que foram introgrididos para conferir resistência à insetos e/ou resistência à herbicidas.

Na Tabela 21 é apresentado o rendimento de grãos dos genótipos, nos quatro locais onde foram avaliados.

Em Rolândia, PR, os maiores rendimentos de grãos foram observados nos genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 89034, MON 810 e TC1507, que se assemelharam quanto a esta variável. Quando se comparou o genótipo DKB 390 (controle) frente aos genótipos geneticamente modificados, pode-se observar uma redução no rendimento de grãos, no entanto, não foi observado diferenças significativas. Esta tendência pode estar associada ao ataque de pragas, em especial o de *S. frugiperda*, pois todos os demais fatores como adubação, controle de plantas daninhas, disponibilidade hídrica e controle de doenças foram padronizados para todos os genótipos. O menor rendimento de grãos foi observado no genótipo Balu 184, não modificado geneticamente, que não diferiu estatisticamente do genótipo DKB 240YG.

Uma outra característica importante quando se trabalha com híbridos de milho é que o potencial produtivo está relacionado com o potencial genético do material, amplamente explorado no melhoramento de plantas, adicionando-se técnicas de manejo (adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, irrigação etc) empregadas no cultivo da cultura. Desta forma, diferentes

genótipos trabalhados em ensaios de campo podem apresentar um rendimento de grãos diferenciado, em virtude da variabilidade genética.

Em Não-Me-Toque, RS, de maneira muito semelhante à Rolândia, PR, o rendimento de grãos foi superior nos genótipos geneticamente modificados. O maior rendimento foi observado no genótipo MON 89034 × TC1507 × NK603, seguido por TC1507, MON 810 e MON 89034. Apesar do genótipo DKB 390 (controle) se assemelhar aos genótipos geneticamente modificados quanto ao rendimento de grãos, este apresentou uma redução neste atributo. O genótipo AS1575 apresentou o menor rendimento de grãos, não diferindo estatisticamente dos genótipos DKB 390 (controle) e DKB 245.

Em Sorriso, MT, o maior rendimento de grãos foi observado no genótipo MON 89034, seguido por MON 810. O menor rendimento foi constatado no genótipo AS1575, que, por sua vez, apresentou um mesmo comportamento neste atributo em Não-Me-Toque, RS. Os demais genótipos apresentaram um comportamento semelhante no rendimento de grãos.

As comparações de rendimento de grãos entre os diferentes genótipos de milho, em Cachoeira Dourada, MG, demonstraram que rendimentos semelhantes foram obtidos com o cultivo dos genótipos TC1507, MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603 e MON 810. De forma muito semelhante ao que ocorreu em Rolândia, PR e em Não-Me-Toque, RS, o genótipo DKB 390 (controle), apesar de se assemelhar aos genótipos geneticamente modificados com mesma genealogia, apresentou uma tendência a

produzir menos. Os maiores rendimentos foram observados nos genótipos AS1572 YG e DKB 177. Isto pode estar associado à melhor adaptação destes híbridos ao local (Cachoeira Dourada) podendo, desta forma, expressar um maior potencial de rendimento de grãos quando comparados aos demais genótipos, mesmo sob o ataque de pragas.

Tabela 21 – Análise individual do rendimento de grãos em kg/ha dos genótipos de milho testados em quatro locais, 2010-2011

Genótipo	Rendimento de grãos (kg/ha)							
	Local							
	Rolândia, PR		Não-Me-Toque, RS		Sorriso, MT		Cachoeira Dourada, MG	
MON 810	11224	a	11120	a	9939	a	7648	ab
MON 89034	11367	a	11077	a	10187	a	7943	ab
TC1507	10838	a	11154	a	9120	ab	8207	ab
MON 89034 × TC1507×NK603	11879	a	11374	a	9371	ab	7789	ab
DKB390 (controle)	10293	ab	9724	ab	9916	ab	7025	b
DKB 240YG	8119	bc	-	-	-	-	-	-
Balu 184	7506	c	-	-	-	-	-	-
DKB 245	-	-	10057	ab	-	-	-	-
AS 1575	-	-	8445	b	8598	b	-	-
DKB 399	-	-	-	-	9649	ab	-	-
DKB 177	-	-	-	-	-	-	8457	ab
AS 1572YG	-	-	-	-	-	-	8821	a
CV%	9,46		9,02		6,34		7,72	

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na análise de interação genótipo e local, realizada apenas para os genótipos MON 89034 × TC1507 × NK603, MON 810, MON 89034, TC1507 e DKB 390 (controle), comuns para os quatro locais e com a mesma genealogia, não foi constatada interação significativa

entre os fatores, mas sim diferenças significativas entre os genótipos e entre os locais.

O efeito do fator genótipo, de maior relevância que o fator local, neste estudo de resistência a insetos é apresentado na Tabela 22. Os genótipos MON 89034 e MON 89034 × TC1507 × NK603 apresentaram os maiores rendimentos de grãos. Em média, estes genótipos tiveram um rendimento superior de 8,9% e 8,5%, respectivamente, em relação ao genótipo controle. Esta diferença de rendimento pode estar associada ao ataque de pragas, em especial da lagarta-do-cartucho, a qual provocou injúrias foliares significativa no genótipo convencional.

Os genótipos geneticamente modificados não diferiram estatisticamente entre si, porém apenas MON 89034 e MON 89034 × TC1507 × NK603 apresentaram rendimento de grãos superior ao DKB 390 (controle).

Tabela 22 –Rendimento médio de grãos dos genótipos de milho testados, em diferentes locais, 2010-2011

Genótipo	Rendimento de grãos (kg/ha)
MON 810	9983 ab
MON 89034	10143 a
TC1507	9830 ab
MON89034×	10103 a
TC1507×NK603	
DKB 390 (controle)	9240 b
CV%	7,58

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A maior produtividade de grãos de genótipos de milho geneticamente modificados, em relação aos convencionais, é mencionada na literatura. Em híbridos transgênicos foi observado um rendimento de grãos 32% maior que nos híbridos suscetíveis ao ataque de *S. frugiperda* (WAQUIL et al., 2002). Em ocasiões de alta infestação da lagarta-do-cartucho, híbridos de milho expressando as proteínas Cry1Ab e Cry1F apresentaram maiores produtividades de grãos comparativamente com híbridos convencionais (BUNTIN, 2008).

4.2 Avaliação da eficácia de genótipos de milho *Bt* e de inseticidas em pulverização foliar no controle de *S. frugiperda*

Os resultados de injúrias foliares ocasionada por *S. frugiperda* podem ser visualizados na Tabela 23.

Tabela 23 – Avaliação visual de injúrias foliares em genótipos de milho 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011

Genótipo	Inseticida	Injúrias foliares (Escala Davis – 0 a 9)	
		7 DAA	14 DAA
DKB 390 (MON 810)	Sem aplicação	1,54 b	2,06 cd
DKB 390 (MON 89034)	Sem aplicação	0,69 b	0,54 d
DKB 390	Sem aplicação	4,90 a	6,88 a
DKB 390	Clorpirifós	3,96 a	5,70 a
DKB 390	Metomil	3,50 a	5,05 ab
DKB 390	Espinosade	3,45 a	3,09 bc
DKB 390	Lufenurom	4,10 a	4,79 ab
CV%		23,55	22,59

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Aos sete dias após a aplicação, os genótipos que expressavam proteínas *Bt*, MON 89034 e MON 810, apresentaram menores injúrias foliares, quando comparado ao genótipo

convencional DKB 390 sem tratamento inseticida e aos genótipos que receberam tratamento inseticida. Segundo a escala proposta por Davis et al. (1992), o genótipo MON 89034 não apresentou injúrias e/ou pequenas pontuações de raspagens e o genótipo MON 810 apresentou apenas raspagem nas folhas, causadas por *S. frugiperda*. Os demais genótipos com tratamento inseticida, assim como o genótipo convencional sem tratamento apresentaram injúria foliar mais acentuada da lagarta-do-cartucho, apresentando lesões que variaram entre 1,3 cm a 2,5 cm, presentes em folhas expandidas e novas. A maior injúria foliar foi evidenciada no genótipo convencional sem inseticida. Dentre os inseticidas testados, a menor injúria foliar ocorreu no tratamento com espinosade, no entanto, este tratamento não diferiu dos demais tratamentos inseticidas.

Aos 14 dias após a aplicação, pôde-se observar a evolução das injúrias nos genótipos e a eficácia de controle de *S. frugiperda* em diferentes genótipos *Bt*. Foi observado o controle eficaz da lagarta-do-cartucho pelo genótipo MON 89034, pois a média de injúrias foliares apresentou-se muito baixa neste momento da avaliação, praticamente sem injúrias. O genótipo MON 810 apresentou uma maior injúria foliar em comparação ao genótipo MON 89034, porém, as médias foram semelhantes.

Dentre os tratamentos inseticidas testados no genótipo convencional, aos 14 dias após a aplicação, metomil, clorpirifós e lufenurum se assemelharam ao genótipo convencional sem tratamento inseticida, no que tange injúrias foliares por *S. frugiperda*. Os genótipos apresentaram injúrias foliares com muitas lesões acima de 2,5 cm em folhas expandidas e novas. Toscano et al. (2012)

mencionaram que o ingrediente ativo lufenurom apresentou uma melhor eficácia, comparativamente com clorpirifós. No presente experimento, estes ingredientes ativos não diferiram significativamente, com relação à injúrias foliares e controle da lagarta-do-cartucho. O melhor controle foi observado quando se utilizou o inseticida espinosade, pois se evidenciou menor injúria foliar. Os dados observados no experimento estão em acordo com os dados observados por Busato et al. (2006), que demonstraram que espinosade apresentou uma melhor eficácia, comparativamente com lufenurom, no controle de *S. frugiperda*.

Os genótipos MON 810 e o convencional aplicado com espinosade apresentaram injúrias foliares semelhantes, aos 14 dias após a aplicação. O controle menos eficaz foi observado com a utilização de clorpirifós.

Os resultados apresentados estão em acordo com os dados apresentados por Michelotto et al. (2011). Estes pesquisadores trabalharam com híbridos de milho geneticamente modificados e aplicações de inseticidas em vários estádios fenológicos e concluíram que a transgenia proporciona redução dos danos visuais de *S. frugiperda*, em oito avaliações realizadas, comparativamente com os híbridos convencionais tratados com inseticidas. Naranjo (2009) refere que o uso de genótipos de milho geneticamente modificados proporcionou uma acentuada redução no uso de inseticidas químicos na cultura.

A evolução de diferentes biotecnologias em milho pôde ser observada com os resultados de injúrias foliares obtidos. De forma

geral, a tecnologia MON 89034 apresentou-se mais eficiente no controle de *S. frugiperda*, comparativamente à tecnologia MON 810.

Quando se avaliou injúrias de *H. zea* e *S. frugiperda* nas espigas, foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos testados (Tabela 24).

Tabela 24 – Injúrias de *H. zea* e *S. frugiperda* em espigas de genótipos de milho com e sem a aplicação de diferentes inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011

Genótipo	Inseticida	Comprimento galeria (cm)	Injúria em grãos (cm ²) ¹
DKB 390 (MON 810)	Sem aplicação	1,14 b	1,46 bc
DKB 390 (MON 89034)	Sem aplicação	0,53 b	0,00 c
DKB 390	Sem aplicação	3,53 a	5,08 ab
DKB 390	Clorpirifós	2,83 a	5,78 a
DKB 390	Metomil	3,90 a	4,70 ab
DKB 390	Espinosade	3,51 a	5,33 ab
DKB 390	Lufenurom	3,13 a	4,46 ab
CV%		27,01	22,26

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

O menor comprimento de galerias foi observado nos genótipos geneticamente modificados MON 89034 e MON 810. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos inseticidas testados e o genótipo convencional sem inseticida, com relação às injúrias de lagartas nas espigas. Os inseticidas aplicados no

estádio fenológico V5 não influenciaram o ataque de pragas nas espigas, estando em acordo com os dados obtidos por Farias (2010).

As avaliações de injúrias nos grãos, ou seja, a área efetivamente comida por *H. zea* e *S. frugiperda*, revelaram que os genótipos MON 89034 e MON 810 foram menos atacados, comparativamente com os genótipos convencionais. O MON 89034 não apresentou ataque nas espigas, controlando eficientemente estas pragas. Os demais genótipos convencionais apresentaram injúrias semelhantes.

As diferenças entre genótipos com relação a injúrias de *H. zea* e *S. frugiperda* podem ser visualizadas na Figura 3.



Figura 3 – Injúria de *H. zea* e *S. frugiperda*. Genótipos de milho *Bt* e convencional (DKB 390).

Trabalhos com biotecnologia em milho revelam que híbridos *Bt* apresentam menor percentual de ataque de *H. zea* e *S.*

frugiperda na espiga, comparativamente com híbridos convencionais (BUNTIN, 2008; MICHELOTTO et al., 2011).

Na Tabela 25 são apresentados os resultados de injúrias em colmos ocasionadas por *D. saccharalis*.

Tabela 25 – Injúrias de *D. saccharalis* em colmos de genótipos de milho com e sem a aplicação de diferentes inseticidas em pulverização foliar, Não-Me-Toque, RS, 2010-2011.

Genótipo	Inseticida	Orifícios nos colmos ¹	Comprimento galeria (cm) ¹
DKB 390 (MON 810)	Sem aplicação	0,02 a	0,05 a
DKB 390 (MON 89034)	Sem aplicação	0,00 a	0,00 a
DKB 390	Sem aplicação	0,48 a	2,33 a
DKB 390	Clorpirifós	0,25 a	1,65 a
DKB 390	Metomil	0,33 a	1,40 a
DKB 390	Espinosade	0,38 a	1,53 a
DKB 390	Lufenurom	0,65 a	3,13 a
CV%		22,72	38,16

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Dados transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

As variáveis estudadas, orifícios nos colmos e comprimento de galerias, não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos testados. Tanto os genótipos geneticamente

modificados, quanto os genótipos convencionais se assemelharam quanto à injúria da broca-da-cana-de-açúcar. O genótipo MON 89034 não apresentou orifícios nos colmos em decorrência do ataque desta praga. Os tratamentos inseticidas aplicados nos genótipos convencionais, no estágio fenológico V5, não exerceram influência no ataque de *D. saccharalis*, estando em acordo com os dados obtidos por Farias (2010).

4.3 Avaliação da eficiência do tratamento de sementes com inseticidas em milho convencional e milho *Bt* no controle de *S. frugiperda*

Os resultados obtidos nesse estudo com tratamento de sementes são apresentados na Tabela 26.

Com relação a injúrias, o genótipo MON 89034, com e sem tratamento de sementes, apresentou a menor injúria foliar. Quando comparado ao genótipo convencional tratado com fipronil e tiametoxam, observou-se uma menor injúria foliar no genótipo MON 89034, tanto sem, quanto com tratamento de sementes.

A injúria foliar do MON 89034 se assemelhou com a do DKB 240 tratado com tiodicarbe+imidacloprido.

Quando se avaliou o número de lagartas neonatas mortas, observou-se que o genótipo MON 89034, com e sem tratamento de sementes, promoveu a morte de todas elas. Os inseticidas fipronil e tiametoxam, no genótipo convencional, se assemelharam no controle da lagarta-do-cartucho, controlando em torno de 50%. Essa semelhança também ocorreu na avaliação de injúrias foliares. Estes inseticidas não exerceram efeito aditivo no genótipo MON 89034 e foram pouco eficientes no controle de *S. frugiperda*.

Dentre os tratamentos de sementes testados no genótipo convencional DKB 240, o inseticida mais eficiente foi o tiodicarbe+imidacloprido, comparativamente aos inseticidas fipronil e tiametoxam. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Ceccon et al. (2004) e Camillo et al. (2005) que

observaram que tiodicarbe proporcionou controle de lagartas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho.

Tabela 26 – Avaliação de injúrias foliares e número de lagartas neonatas de *S. frugiperda* mortas em genótipos de milho com e sem inseticidas, em tratamento de sementes, seis dias após a infestação, Passo Fundo, RS, 2012

Genótipo	Inseticida	Injúrias foliares (Escala Davis 0 – 9)		Nº lagartas mortas
DKB 240	Tiodicarbe+ imidacloprido	1,00	b	10,00 a
MON 89034	Tiodicarbe+ imidacloprido	1,00	b	10,00 a
DKB 240	Fipronil	3,33	a	5,00 b
MON 89034	Fipronil	1,00	b	10,00 a
DKB 240	Tiametoxam	3,25	a	5,00 b
MON 89034	Tiametoxam	1,08	b	10,00 a
DKB 240	Sem aplicação	3,50	a	1,75 c
MON 89034	Sem aplicação	1,00	b	10,00 a
CV%		12,71		7,82

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

5 CONCLUSÕES

Para as condições em que os experimentos foram desenvolvidos, os resultados obtidos permitem concluir que:

- a) *S. frugiperda* foi eficientemente controlada pelos genótipos de milho geneticamente modificados MON 89034 (Cry 1A.105 e Cry 2Ab2), MON 89034 × TC1507 × NK603 (Cry 1A.105, Cry 2Ab2, Cry1F) e TC1507 (Cry1F) nos quatro locais estudados;
- b) o genótipo MON 810 (Cry 1Ab), controlou a lagarta-do-cartucho, porém, foi menos eficiente que os genótipos MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603 e TC1507;
- c) os genótipos de milho *Bt* MON 89034 e MON 810 foram mais eficientes no controle da lagarta-do-cartucho que inseticidas aplicados em pulverização foliar;
- d) dentre os tratamentos inseticidas testados, em pulverização da parte aérea das plantas, o espinosade foi o mais eficiente para evitar injúrias foliares da lagarta-do-cartucho;
- e) o inseticida tiodicarbe+imidacloprido utilizado no tratamento de sementes e o genótipo de milho *Bt* MON 89034 foram igualmente eficientes no controle de lagartas neonatas de *S. frugiperda*;
- f) nos genótipos de milho *Bt* MON 810, MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603 e TC1507, as injúrias de *H. zea* e *S. frugiperda* nas espigas foram menores;
- g) os genótipos de milho *Bt* MON 810, MON 89034, MON 89034 × TC1507 × NK603 e TC1507 controlaram eficientemente *D. saccharalis* e

h) o rendimento de grãos dos genótipos geneticamente modificados MON 89034 e MON 89034 × TC1507 × NK603 é maior do que o genótipo DKB 390 (controle).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrofit – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso julho de 2012.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BOBROWSKI, V.L.; FIUZA, L.M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M.H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 843-850, 2003.

BOTTON, M.; CARBONARI, C.J.J; GARCIA, M.S.; MARTINS, J.F.S. Preferência alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz e capim-arroz. *An. Soc. Entomol. Brasil*, v. 27, n. 2, p. 207-212, 1998.

BUNTIN, G.D. Corn expressing Cry1Ab or Cry1F endotoxin for fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) management in field corn for grain production. *Florida Entomologist*, v. 94, n. 1, p. 523-530, 2008.

BUSATO, G.R.; GRUTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; ZOTTI, M.J.; NORNBORG S.D.; MAGALHÃES, T.R.; MAGALHÃES, J.B. Susceptibilidade de lagartas dos biótipos milho e arroz de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas com diferentes modos de ação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 15-20, 2006.

BUSATO, G.R.; GRUTZMACHER, M.S.G.; 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*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 525-529, 2002.

BUSATO, G.R.; GRUTZMACHER, M.S.G.; GIOLO, F.P.; ZOTTI, M.J.; JÚNIOR, G.J.S. Biologia comparada de populações de

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 34, n. 5, p. 743-750, 2005.

BUSATO, G.R.; GRUTZMACHER, M.S.G.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; ZIMMER, P.D.; KOPP, M.M.; BANDEIRA, J.M.; MAGALHÃES, T.R. Análise da estrutura e diversidade molecular de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) associadas às culturas de milho e arroz no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, n. 6, p. 709-716, 2004.

CAMILLO, M.F.; OLIVEIRA, J.R.G.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O. Uso do tratamento de sementes na cultura do milho para controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 30, p. 55-59, 2005.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CARNEIRO, A.A.; GUIMARÃES, C.T.; VALICENTE, F.H.; WAQUIL, J.M.; VASCONCELOS, M.J.V.; CARNEIRO, N.P. *Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga*. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2009. (Circular técnica, 135).

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A.P.; SILOTO, R.C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 63, n. 2, p. 227-237, 2004.

CECCON, G.; XIMENES, A.C.A. *Sistemas de produção de milho safrinha em Mato Grosso do Sul*. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/SisSafrinha/index.htm>. Acesso em fevereiro de 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: fevereiro 2013

COSTA, M.A.G.; GRUTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F.S.; COSTA, E.C.; STORCH, G.; JÚNIOR, G.J.S. Eficácia de diferentes inseticidas e de volumes de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* nas culturas de milho e sorgo cultivados em várzea. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1234-1242, 2005.

CROCOMO, W.B. *Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por Spodoptera frugiperda (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera-Noctuidae)*. 1983. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1983.

CRUZ, I. *A lagarta-do-cartucho na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. (Circular técnica, 21).

CRUZ, I. Manejo integrado da lagarta-do-cartucho do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 4., 1997, Sete Lagoas. *Anais...Sete Lagoas*: Embrapa CNPMS, 1997.

CRUZ, I. Estratégias de manejo do milho Bt em condições de safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. *Anais...2009*, p. 154-170.

CRUZ, I.; CUNHA, J.R.; FIGUEIREDO, M.L.C. Avaliação de diferentes doses do inseticida Akito (betacypermetrina) sobre larvas de *S. frugiperda* e sobre os predadores *Doru luteipes* e *Chrysoperla externa*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. *Anais...2004*.

CTNBio Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br>>. Acesso julho de 2012.

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

DOWD, P.F. Biotic and abiotic factors limiting efficacy of Bt corn in indirectly reducing mycotoxin levels in commercial fields. *Journal of Economic Entomology*, v. 94, n. 5, p. 1067-1074, 2001.

EDGERTON, M.D.; FRIDGEN, J.; ANDERSON JUNIOR, J.R.; AHLGRIM, J.; CRISWELL, M.; DHUNGANA, P.; GOCKEN, T.; LI, Z.; MARIAPPAN, S.; PILCHER, C.D.; ROSIELLE, A.; STARK, S.B. Transgenic insect resistance traits increase corn yield and yield stability. *Nature Biotechnology*, v. 30, p. 493-496, 2012.

FANCELLI, A. L., DOURADO NETO, D. *Produção de Milho*. 2d. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FARIAS, J.R. *Milho Bt e inseticidas no manejo de lepidópteros-praga*. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; BUSOLI, A.C. Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith)(Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 4, p. 681-689, 2001.

FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; BUSOLI, A.C.; OVERAL, W.L.; MIRANDA, V.S.; RIBEIRO, S.M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 37, n. 3, p. 321-327, 2008.

FERNADES, O.D. *Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) e no parasitóide de ovos Trichogramma spp.* 2003. 182 f. Tese (Dourado em Agronomia. Área de Concentração: Entomologia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2003.

FERNANDES, O.A.; FARIA, M.; MARTINELLI, S.; SCHMIDT, F.; CARVALHO, V.F.; MORO, G. Short-term assessment of bt maize on non-target arthropods in Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 64, n. 3, p. 249-255, 2007.

FERRAZ, M.C.V.D. *Determinação das exigências térmicas de Spodoptera frugiperda (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera-Noctuidae) em cultura de milho*. 1982. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1982.

FIGUEIREDO, M.L.C.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, T.M.C. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda* (SMITH & ABBOTT) utilizando-se o parasitóide *Telenomus remus* Nixon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 11, p. 1975-1982, 1999.

FIGUEIREDO, M.L.C.; MARTINS-DIAS, A.M.P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006.

FIUZA, L.M. Mecanismo de ação de *Bacillus thuringiensis*. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 11, n. 38, p. 32-35, 2010.

FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R.; PANIZZI, A.R. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 4, p. 497-513, 2002

FRIZZAS, M.R. *Efeito do milho geneticamente modificado MON 810 sobre a comunidade de insetos*. 2003. 206 f. Tese (Dourado em Agronomia. Área de Concentração: Entomologia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2003.

GALLO, D et al. *Entomologia Agrícola*. Piracicaba: Fealq, 2002. 920p.

GRYSPEIRT, A.; GRÉGOIRE, J.C. Effectiveness of high dose/refuge for managing pest resistance to *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) plants expressing one or two toxins. *Toxins*, v. 4, p. 810-835, 2012.

HAMMOND, B.G.; CAMPBELL, K.W.; PILCHER, C.D.; DEGOOYER, T.A.; ROBINSON A.E.; MCMILLEN, B.L.; SPANGLER, S.M.; RIORDAN, S.G.; RICE, G.L.; RICHARD, J.L. Lower fumonisin mycotoxin levels in the grain of Bt corn grown in the United States in 2000-2002. *J. Agric. Food Chem*, v. 52, p. 1390-1397, 2004.

HUANG, F.; ANDOW, D.A.; BUSCHMAN, L.L. Success of high-dose/refuge resistance management strategy after 15 years of Bt crop

use in North America. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. v. 140, p. 1-16, 2011.

LIMA, M.S.; SILVA, P.S.L.; OLIVEIRA, O.F.; SILVA, K.M.B.; FREITAS, F.C.L. Corn yield response to weed and fall armyworm controls. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 103-111, 2010.

LOURENÇÃO, A.L.F.; BARROS, R.; MELO, E.P. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: *TECNOLOGIA e produção: milho safrinha e culturas de inverno*. 5.ed. Maracaju: Fundação MS, 2009. p.79-89.

MA, B.L.; SUBEDI, K.D. Development, yield, grain moisture and nitrogen uptake of Bt corn hybrids and their conventional near-isolines. *Field Crops Research*, v. 93, p. 199-211, 2005.

MARUCCI, R.C.; MENDES, S.M.; MOREIRA, S.G.; WAQUIL, J.M. Incidência de *Doru luteipes* (Scudder) em área comercial de milho-Bt. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 11, 2009, Bento Gonçalves. *Anais...*2009.

MELLO, E.P.; FERNANDES, M.G.; DEGRANDE, P.E.; CESSA, R.M.A.; SALOMÃO, J.L.; NOGUEIRA, R.F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MENDES, S.M.; WAQUIL, J.M.; BOREGAS, K.G.B.; FERMINO, T.C. Monitoramento da população de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) e predadores em seis híbridos de milho geneticamente modificados. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 6., 2009, Bento Gonçalves.

MENDES, S.M.; BOREGAS, K.G.B.; LOPES, M.E.; WAQUIL, M.S.; WAQUIL, J.M. Repostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry1Ab. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 3, p. 239-244, 2011.

MICHELOTTO, M.D.; FINOTO, E.L.; DUARTE, A.P. Interação entre transgênicos (Bt) e inseticidas no controle de pragas-chave em

híbridos de milho safrinha. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 78, n. 1, p. 71-79, 2011.

MILANO, P. *Influência da nutrição e temperatura na reprodução de representantes de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elasmobranchidae*. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

NARANJO, S.E. Impacts of bt crops on non-targets invertebrates and insecticide use patterns. *Cab Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. v. 4, n. 11, 2009.

OLIVEIRA, T.T.; JEZOVSEK, G.K.; SANTOS, A.C.; FERNANDES, O.A. Efeito da proteína Cry 1F proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner expressa em plantas de milho sobre a comunidade de insetos não alvo. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 11., 2009, Bento Gonçalves. *Anais...*2009.

PAES, M.C.D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2006. 6p. (Circular técnica, 75).

PASHLEY, D.P. Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, v. 79, n.6, p. 898-904, 1986.

PINTO, A.S.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N. *Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo*. 1d. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2004. 108p.

RICHE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a Corn plant develops. *Iowa State Coop. Ext. Serv. Spec.*, n. 48, 1993.

ROUSH, R.T. Two toxins strategies for management of insecticidal transgenic crops: can pyramiding succeed where pesticide mixtures have not? *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* v. 353, p. 1777-1786, 1998

SAMMONS, B.; WHITSEL, J.; STORK, G.L.; REEVES, W.; HORAK, M. Characterization of drought-tolerant maize MON 87460

for use in environment risk assessment. *Crop Science*, doi: 10.2135/cropsci2013.07.0452. No prelo.

SANAHUJA, G.; BANAKAR, R.; TWYMAN, R.M.; CAPELL, T.; CHRISTOU, P. *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnology Journal*, v. 9, n. 3, p. 283-300, 2011.

SANTOS, L.M.; REDAELLI, R.L.; DIEFENBACH, L.M.G.; EFROM, C.F.S. Larval and pupal stage of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet and field corn genotypes. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 63, n. 4, p. 627-633, 2003.

SARMENTO, R.A.; AGUIAR, R.W.S.; AGUIAR, R.A.S.S.; VIEIRA, S.M.J.; OLIVEIRA, H.G.; HOLTZ, A.M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. *Bioscience Journal*, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.

SILOTO, R.C. *Danos e biologia de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho*. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA, M.T.B. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* Smith em milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 383-387, 1999.

SILVEIRA, L.C.P.; VENDRAMIM, J.D.; ROSSETO, C.J. Não preferência para alimentação da lagarta-do-cartucho em milho. *Bragantia*, Campinas, v. 57, n. 1, 1998.

TOSCANO, L.C.; CALADO FILHO, G.C.; CARDOSO, A.M.; MARUYAMA, W.I.; TOMQUELSKI, G.V. Impacto de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho safrinha cultivado em Cassilândia e Chapada do Sul, MS. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 223-231, 2012.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C.R.R.P.T.; MIURA, M. Gasto com inseticidas, fungicidas e herbicidas na cultura do milho, Brasil, 2008-2011. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. 2012, Águas de Lindóia. s.n. *Anais...*2012, p. 3426-3432.

VAECK, M.; REYNAERTS, A.; HOFTE, H.; JANSENS, S.; DE BEUCKLEER, M.; DEAN, C.; ZABEAU, M.; MONTAGU, M.V.; LEEMANS, J. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature*, v. 328, p. 33-37, 1987.

VIANA, P.A.; POTENZA, M.R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, P. 27-33, 2000.

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

WERLE, A.J.K.; NICOLAY, R.J.; SANTOS, R.F.; BORSOI, A.; SECCO, D. Avaliação de híbridos de milho convencional e transgênico (Bt), com diferentes aplicações de inseticida em cultivo safrinha. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 150-168, 2011.

WIDSTROM, N.W. Na evaluation of methods for measuring corn earworm injury. *Journal of Economic Entomology*, v. 60, n. 3, p. 791-794, 1967.

WU, F. Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Research*, v. 15, p. 277-289, 2006.