



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

**RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS DE MILHO DOCE AO ATAQUE DA
MOSCA-DA-ESPIGA E LAGARTAS-DA-ESPIGA EM DUAS
CONDIÇÕES DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

MARCOS VINICIUS ZANON

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2017



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

**RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS DE MILHO DOCE AO ATAQUE DA
MOSCA-DA-ESPIGA E LAGARTAS-DA-ESPIGA EM DUAS
CONDIÇÕES DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

MARCOS VINICIUS ZANON

ORIENTADORA: CRISTINA SCHETINO BASTOS

DISSERTAÇÃO
DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: NÚMERO DA DISSERTAÇÃO 135/2017

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2017



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

**RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS DE MILHO DOCE AO ATAQUE DA
MOSCA-DA-ESPIGA E LAGARTAS-DA-ESPIGA EM DUAS
CONDIÇÕES DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

MARCOS VINICIUS ZANON

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

CRISTINA SCHETINO BASTOS, Doutora Fitotecnia – Entomologia/ Universidade de Brasília/ ORIENTADORA/ CPF: 007.369.317-08/ e-mail: cschetino@unb.br

MARINA REGINA FRIZZAS, Doutora Entomologia/ Universidade de Brasília/ EXAMINADORA INTERNA/CPF: 249.222.768-58/ e-mail: frizzas@unb.br

FÁBIO AKIYOSHI SUINAGA, Doutor Genética e Melhoramento de Plantas/ Embrapa Hortaliças/ EXAMINADOR EXTERNO/ CPF: 899.569.666-49/ e-mail: fabio.suinaga@embrapa.br

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

ZANON, Marcos Vinicius.

“RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS DE MILHO DOCE AO ATAQUE DA MOSCA-DA-ESPIGA E LAGARTAS-DA-ESPIGA EM DUAS CONDIÇÕES DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS.” Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília, 2017. 69 p.

Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

1. *Zea mays* grupo *sacharatta*, *Euxesta* spp., *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda* resistência de plantas. I. Bastos, C.S. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ZANON, M.V. Resistência de híbridos de milho doce ao ataque da mosca-da-espiga e lagartas-da-espiga em duas condições de manejo de plantas daninhas. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 67 páginas. Dissertação.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcos Vinicius Zanon

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Resistência de híbridos de milho doce ao ataque da mosca-da-espiga e lagartas-da-espiga em duas condições de manejo de plantas daninhas.

GRAU: Mestrado ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Marcos Vinicius Zanon

Tel. (61) 99200-9532

Email: marcos.zanon@agronomo.eng.br

Dedico esse trabalho à minha família que, apesar de distante, representa a coisa mais importante para mim neste mundo.

Ofereço aos homens que fazem deste país um lugar mais próspero- os produtores rurais.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Cristina Schetino Bastos pelo gigantesco empenho, compromisso, dedicação, ensinamentos, confiança e incentivo.

À Profa. Dra. Marina Regina Frizzas pela presença na banca de defesa.

Ao Pesquisador Dr. Fábio Akiyoshi Suinaga pelo auxílio na implantação do experimento em Luziânia-GO e pela presença na banca de defesa.

À Universidade de Brasília, em especial aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela formação acadêmica e ensinamentos científicos.

Ao RTV Syngenta Lupersy Bassan por acreditar em meu potencial e fornecer grande apoio inicial, sem o qual não teria sido possível a conclusão deste curso.

Ao RTV Syngenta José Eduardo Borges pelo apoio durante a realização do mestrado.

Ao gerente da Regional AC 17 Syngenta Cristiano Lutkemeyer pelo apoio e investimento em minha carreira profissional.

Ao Sr. Jocimar Fachini por gentilmente ter cedido a área e toda infraestrutura necessária para o experimento safra 2015.

À Campo Verde Comércio e Representação Agrícola por me apoiar em cada umas das etapas deste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa (FAL), em especial ao Sr. Israel, pelo apoio operacional e infraestrutura necessária à realização do experimento safra 2016.

Aos meus pais, Kátia R. M. Lara e Marco Aurélio Zanon, pelo apoio incondicional em todas as fases da minha vida.

A todos os membros do Laboratório de Proteção de Plantas da FAV- Universidade de Brasília, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho: Amanda, Andrea, Carlão, Catiane, Daniel, Dheivid, Donald, Gabriel, Heyder, Igor, Jaqueline, João Gabriel, Karolayne, Letícia, Luís, Malú, Tais, Patricia, Rosil, Sanderson, Wesley e demais colegas pelo auxílio e convívio. Vocês também merecem os créditos desta dissertação!

À todas as pessoas que diretamente ou indiretamente fizeram parte da realização desse trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variação escore de dano atribuído às espigas de milho doce aos 107 dias após o plantio (DAP) em virtude do ataque das lagartas-da-espiga do milho (Pioneer, 2008) \pm erro padrão da média (EPM) a diferentes híbridos de milho doce cultivados em condição distinta de condução da lavoura (livre ou não da presença de plantas daninhas). Safra 2016. 39

Tabela 2. Correlação entre características mensuradas nas espigas de diferentes híbridos de milho doce cultivados sob condição distinta de condução da lavoura (livre ou não da presença de plantas daninhas) em diferentes épocas de avaliação (dias após o plantio) e as variáveis avaliadas em plantas e espigas de milho durante duas safras de cultivo (2015 e 2016). 44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação na abundância de adultos de mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas. *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade..... 30

Figura 2. Variação no número de plantas atacadas pela lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae) nas safras 2015 (A) e 2016 (B) e de adultos de mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae) (C) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas. *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 32

Figura 3. Variação no número de adultos de mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae) coletados em armadilhas do tipo painel amarelo adesivo \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas das safras 2015 (A) e 2016 (B). *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 33

Figura 4. Variação na escala de dano aplicada às espigas de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) em virtude do ataque das lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* spp. e *Spodoptera frugiperda* Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas. *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 35

Figura 5. Variação no número médio de lagartas-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae) (A) e de larvas de mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulididae) (B) ± erro padrão da média (EPM) encontradas nas espigas de diferentes híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae), em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas.*Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 36

Figura 6. Variação na porcentagem de grãos perdidos (A) e no escore de dano aplicado às espigas de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) (B) em virtude do ataque de lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* spp. e *Spodoptera frugiperda* Lepidoptera: Noctuidae) ± erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) e safras distintas.*Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 37

Figura 7. Variação na porcentagem de grãos perdidos pelo ataque de lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* spp. e *Spodoptera frugiperda* Lepidoptera: Noctuidae) ± erro padrão da média (EPM) em diferentes híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas (A, B e C). *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 38

Figura 8. Variação no diâmetro (A) e no peso (B) das espigas com e sem palha e no número de palhas (C) das espigas de diferentes híbridos milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) ± erro padrão da média (EPM) em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas.*Médias seguidas pela mesma letra dentro de uma mesma data de avaliação não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 41

Figura 9. Variação no número de palhas (A) e no comprimento das espigas com e sem palha (B) de diferentes híbridos milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) ± erro padrão da média (EPM) em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas.*Médias seguidas pela mesma letra dentro de uma mesma data de avaliação não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 42

Figura 10. Porcentagem de infestação com plantas daninhas dos blocos que continham as parcelas experimentais na safra 2015, em avaliação realizada aos 49 dias após o plantio (DAP).	47
Figura 11. Porcentagem de infestação com plantas daninhas dos blocos que continham as parcelas experimentais na safra 2015, em avaliação realizada aos 77 dias após o plantio (DAP).	48
Figura 12. Porcentagem de infestação com plantas daninhas nos blocos que continham as parcelas experimentais na safra 2016, em avaliação realizada aos 79 dias após o plantio (DAP).	49
Figura 13. Porcentagem de infestação com plantas inavisoras dos blocos que continham as parcelas experimentais na safra 2016, em avaliação realizada aos 100 dias após o plantio (DAP).	50
Figura 14. Variação no número de adultos de mosca-da-espiga (<i>Euxesta</i> spp. Diptera: Ulidiidae) (A), de lagartas do cartucho do milho (<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith Lepidoptera: Noctuidae) encontradas nas espigas (B) e de plantas atacadas por lagartas do cartucho do milho (C) ± erro padrão da média (EPM) em diferentes condições de cultivo (sem e com a presença de plantas daninhas) de híbridos de milho doce (<i>Zea mays</i> grupo <i>saccharata</i> L. Poaceae) e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) distintas. *Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	52
Figura 15. Variação no número de adultos de mosca-da-espiga (<i>Euxesta</i> spp. Diptera: Ulidiidae) coletados em armadilhas do tipo painel amarelo adesivo ± erro padrão da média (EPM) em diferentes condições de cultivo (sem e com a presença de plantas daninhas) de híbridos de milho doce (<i>Zea mays</i> grupo <i>saccharata</i> L. Poaceae) aos 73 DAP da safra 2015.*Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	53

Figura 16. Variação no número de plantas atacadas pela lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae) \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes condições de cultivo (sem e com a presença de plantas daninhas) de híbridos de milho doce (*Zea mays* grupo *saccharata* L. Poaceae) e em épocas de avaliação (dias após o plantio – DAP) (A e B) distintas.*Médias seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 54

RESUMO

As lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* spp. e *Spodoptera frugiperda* Lepidoptera: Noctuidae) e a mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae) são consideradas pragas-chave do milho doce, já que depreciam diretamente a qualidade do produto final. O controle de ambas é dificultado devido à alta polifagia e ao fato de que somente os adultos são expostos ao controle químico. Nesse contexto, é fundamental a exploração de outras formas de controle, tal como a resistência de plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência de híbridos de milho doce ao ataque de mosca-da-espiga e das lagartas-da-espiga, em duas condições de manejo de plantas daninhas. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial de cinco híbridos (GSS 41243, GSS 3969, GSS 41499, GSS 42072 e Tropical Plus) x duas condições de manejo de plantas daninhas (sem e com a competição), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os insetos-praga foram monitorados durante o ciclo da cultura através da amostragem de 10 plantas por parcela, além da utilização de armadilha amarela adesiva para captura dos adultos de *Euxesta* spp e avaliação das espigas em relação ao ataque dessas pragas. As plantas daninhas presentes nas parcelas infestadas foram avaliadas em duas ocasiões em cada safra (2015 e 2016) em duas áreas de 0,7 metro quadrado localizadas nas entrelinhas da parcela, verificando a diversidade e densidade das espécies incidentes. Por ocasião do espigamento, foram colhidas cinco espigas em três diferentes fases em cada uma das safras avaliando a abundância dos insetos encontrados (fases imaturas), porcentagem de grãos perdidos em decorrência do ataque e características morfológicas das espigas (comprimento, diâmetro, peso com e sem palha e número de palhas). Os híbridos de milho doce apresentaram diferenças quanto à resistência aos insetos-praga estudados, sendo os mais resistentes GSS 3969 e GSS 41499 e o menos resistente o GSS 41243. Em relação às plantas daninhas, as parcelas onde estas estavam presentes foram basicamente dominadas por gramíneas em ambas as safras e sua presença reduziu o ataque das pragas da espiga e potencializou o ataque de *S. frugiperda* no início do ciclo de desenvolvimento do milho doce, quando o inseto causa desfolha às plantas. Existe associação entre o ataque das lagartas-da-espiga e de *Euxesta* spp. Existem causas morfológicas intrínsecas aos híbridos que explicam a diferença na suscetibilidade ou resistência dos genótipos.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* grupo *sacharatta*, *Euxesta* spp., *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*, resistência de plantas.

RESISTANCE OF SWEET CORN HYBRIDS TO THE ATTACK OF CORNSILK FLY AND CORN EAR BORERS IN TWO WEED MANAGEMENT CONDITIONS

ABSTRACT

The corn ear borers (*Helicoverpa* spp. and *Spodoptera frugiperda* Lepidoptera: Noctuidae) and the cornsilk fly (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae) are considered key pests of sweet corn because they can directly reduce final quality of the commercialized product. Effective control is hard to achieve due to their highly polyphagous feeding habit and restricted exposition, with only adults being truly exposed to chemical control. Hence, it is necessary to search for and explore alternative ways of control, including plant resistance. The goal of this study was to evaluate the resistance of sweet corn hybrids to the attack of cornsilk fly and corn ear borers in two conditions of weed management. Treatments were schemed as a factorial design of five hybrids (GSS 41243, GSS 3969, GSS 41499, GSS 42072 and Tropical Plus) x two management weed conditions (with and without competition) and arranged in randomized blocks with four replications. Insect-pests were monitored during crop development by sampling the shoot of 10 plants per plot, entrapping adults of *Euxesta* spp. in yellow sticky panels and evaluating the damage of both groups of pests in the ears. Weeds that occurred in infested plots were sampled in two different occasions in each season (2015 and 2016) by counting the density and the diversity of species found in two areas of 0.7 square meters placed between the plots' rows. After silking stage, sampling of the pests were performed in five ears and in three different occasions within each season by evaluating the abundance of insects found (immature stages), percentage of damaged grains and morphological characteristics of the ears (length, diameter and weight with and without husks and number of husks). The sweet corn hybrids presented differences related to resistance to the insect-pests studied: GSS 3969 and 41499 were the most resistant hybrids while GSS 41243 was the less resistant. Concerning weed infestation, infested plots were basically dominated by grasses in both seasons and their presence reduced the attack of ear feeders in spite of increasing *S. frugiperda*'s attack at the beginning of sweet corn development, when the species feed on the leaves. There is an association between the attack of corn ear borers and cornsilk fly. There are some morphological traits intrinsic to the hybrids that account for the differences or susceptibility of the studied genotypes.

KEYWORDS: *Zea mays* group *sacharatta*, *Euxesta* spp., *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*, plant resistance.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Milho doce (<i>Zea mays</i> L. grupo <i>saccharata</i> Poaceae): origem, importância econômica e características genéticas.....	4
3.2 Principais artrópodes-pragas e inimigos naturais associados ao milho doce.....	7
3.3 A mosca-da-espiga (<i>Euxesta</i> spp. Diptera: Ulidiidae), as lagartas-da-espiga (<i>Helicoverpa</i> spp. Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta-do-cartucho do milho (<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith Lepidoptera: Noctuidae).....	8
3.4 Resistência do milho a artrópodes-praga.....	16
3.5 Hospedeiros alternativos influenciando na dinâmica de <i>Euxesta</i> spp. (Diptera: Ulidiidae), de <i>Helicoverpa</i> spp. e <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith (Lepidoptera: Noctuidae) 20	
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Caracterização das áreas experimentais.....	22
4.2 Caracterização dos ensaios.....	22
4.3 Tratos culturais	23
4.4 Avaliação dos insetos-praga na parte aérea das plantas	24
4.5 Avaliação da incidência de plantas daninhas nas parcelas experimentais	25
4.6 Armadilhas	25
4.7 Avaliação do ataque de <i>Euxesta</i> spp., de <i>Helicoverpa</i> spp. e <i>S. frugiperda</i> às espigas..	26
4.8 Análises estatísticas	27
5 RESULTADOS.....	29
6 DISCUSSÃO	54
7 CONCLUSÕES	58
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* grupo *sacharatta* L. Poaceae) é considerado um mutante do milho comum caracterizado pela alta concentração de açúcares e decréscimo do teor de amido, sendo um dos vegetais mais populares na América do Norte, com aumento de relevância na Ásia oriental, Europa e América do Sul (TRACY, 2001). De acordo com Hallauer (2001), embora um típico supermercado americano disponha de mais de 1.200 itens que incluem um ou mais ingredientes provenientes do milho, menos de 5% do total desses produtos são feitos com tipos especiais deste cereal. Portanto, a classe de milho especial, cujo principal representante é o milho doce, possui um enorme e inexplorado mercado em escala global. Apesar do baixo consumo em relação ao potencial, a área plantada nos Estados Unidos é superior a 225 mil ha (USDA, 2016) e, no Brasil, em torno de 36 mil ha são destinados a essa cultura (LUZ et al., 2014). No mundo, são cultivados 900 mil ha com essa hortaliça (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). A característica doce é explorada, em especial, pela agroindústria (FERREIRA, 2011) e quase toda a produção brasileira destina-se ao processamento industrial (SANTOS, 2002), sendo que 90% da área plantada se localiza no estado de Goiás (LUZ et al., 2014). A região do entorno do DF é um dos polos de produção de milho doce no país (MORETTI & MATTOS, 2009), com a presença de quatro agroindústrias e mais de 10.000 ha plantados todos os anos.

As perdas devido ao ataque de insetos e incidência de doenças tendem a ser muito maiores no milho doce em comparação ao milho grão (TRACY, 2001). O pericarpo pouco espesso e a alta quantidade de açúcares, qualidade desejáveis para o consumo, aumentam a ocorrência de danos mecânicos e facilitam a entrada de patógenos (ZUCARELI et al., 2012).

Esta cultura é plantada durante todo o ano, favorecendo a perpetuação das pragas, e a tolerância dos consumidores a danos nas espigas é baixa (KWIATKOWSKI & CLEMENTE, 2007). Nesse contexto, as lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* Hardwick spp. e *Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae) e a mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae)) figuram entre as pragas-chave do milho doce, já que depreciam diretamente o valor comercial do produto final (PARENTONI et al., 1990). *S. frugiperda* também pode atacar as folhas do milho doce, sendo então denominada de lagarta-do-cartucho do milho (SANTOS et al., 2003).

As lagartas do gênero *Helicoverpa* spp. causam danos diretos às espigas de milho através da alimentação nos estilo-estigmas e grãos leitosos, e indiretos, devido à facilidade

com que as pragas dos grãos armazenados, e insetos como *Euxesta* spp. e microrganismos encontram para infestar e infectar a espiga após o ataque desses insetos. Além disso, o ataque favorece a infecção por fungos da espécie *Aspergillus flavus* Link ex Fries vs., que produzem aflatoxinas (REZENDE, 1982; FARIAS, 2014).

No que se refere a *S. frugiperda*, os danos podem ocorrer desde o estágio de plântula, passando pelo pendoamento e espigamento. No estágio vegetativo das plantas, as lagartas raspam as folhas mais jovens, podendo destruir totalmente o cartucho do milho; em ocorrências mais tardias, as lagartas atacam a espiga, destruindo a palha e os grãos, além de facilitar a entrada de patógenos e favorecer a ocorrência de *Euxesta* spp. (SANTOS et al., 2003; NUESSELY et al., 2007).

A injúria causada por *Euxesta* spp. às plantas de milho, especialmente ao milho doce, inclui consumo dos estilo-estigmas, redução da polinização, ausência de grãos na ponta da espiga devido à alimentação larval, destruição dos grãos em desenvolvimento, aumento da vulnerabilidade da espiga ao apodrecimento e qualidade reduzida dos grãos (CRUZ et al., 2011). A principal injúria ocorre na espiga em desenvolvimento, onde as larvas podem ser encontradas se alimentando durante todo o ano. Injúria significativa pode ocorrer mesmo quando inseticidas são aplicados. Infestações no milho doce maiores que 30% usualmente fazem com que o campo de produção seja rejeitado pelo mercado de milho *in natura* (CRUZ et al., 2011). Nessa condição, os produtores chegam a aplicar inseticida a cada 24 ou 48 horas, até os estilos-estigma estarem todos secos (MATRANGOLO et al., 1998). O ataque deste díptero geralmente está associado ao ataque de *H. zea* ou *S. frugiperda* que proporcionam porta de entrada para seu ataque (NUESSELY et al., 2007; KALSI, 2011). O controle dessas pragas é particularmente difícil devido à alta polifagia, se alimentando inclusive de várias espécies de plantas daninhas e plantas cultivadas (CAPINERA, 2000; GOULD et al., 2002; SANTOS, 2002; GOYAL et al., 2012; CRUZ et al., 2011; OMOTO et al., 2013; VALICENTE, 2015; CABI, 2017), e dificuldades de controle nos estágios de pupa e larva, sendo que a primeira ocorre no solo e a maior parte da segunda dentro da espiga- protegidas do contato com inseticidas (NAIS, 2012). Existem relatos de que os inseticidas registrados para o controle da mosca-da-espiga e lagartas-da-espiga fora do Brasil apresentam baixa eficiência (NUESSELY & HENTZ, 2004; NAIS, 2012), sendo o controle biológico de *Euxesta* spp. ainda restrito (KALSI et al., 2014) e de *H. zea* apresentando resultados promissores a partir do uso de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (PRATISSOLI & OLIVEIRA, 1999). No que se refere à lagarta-do-cartucho do milho, já

existem relatos de resistência a inseticidas de várias classes (YU, 1991; CARVALHO et al., 2013). Devido às dificuldades existentes de controle desse grupo de insetos, faz-se necessário o uso de outros métodos, tais como resistência de plantas (SILOTO, 2002). Este método é considerado ideal por Smith (2005), pois mantém a praga em níveis inferiores ao de dano econômico sem ônus adicional ao produtor e é compatível com os demais métodos de controle.

No milho comum, exemplos de características de resistência incluem incremento de níveis de cisteína, ácidos hidroxamínicos e flavonoides, além do aumento da cutícula lipídica (NUESLLY et al., 2007). O incremento do flavonóide conhecido como maisina (ABEL et al., 2000; BOIÇA JR. et al., 2001; NUESLLY et al., 2007), a mudança de cor dos estilo-estigmas em resposta à alimentação de herbívoros (NUESLLY et al., 2007) e a maior rigidez da palha que recobre a espiga são fatores que afetam diretamente as lagartas-da-espiga e a mosca-da-espiga. Esta última característica dificulta a penetração das larvas e também aumenta o tempo em que estas permanecem nos estigmas, os quais frequentemente possuem substâncias antibióticas (WISEMAN & ISENHOUR, 1994). Apesar de vários trabalhos já terem sido realizados com o milho comum, os trabalhos no sentido de estudar a resistência do milho doce a estas pragas são escassos. Além disso, informações sobre a resistências dos híbridos de milho doce utilizados nos plantios comerciais brasileiros são inexistentes na literatura.

Tendo em vista que uma das características da resistência de plantas é ter sua condição alterada em função da pressão do inóculo ou biótipo da praga (SMITH, 2005) e em virtude da grande polifagia de *Helicoverpa* spp., *S. frugiperda* e *Euxesta* sp. (CAPINERA, 2000; GOULD et al., 2002; GOYAL et al., 2012), associada à maior suscetibilidade natural do milho doce ao ataque dessas pragas, a condição do agroecossistema de cultivo pode influenciar grandemente a frequência e magnitude dos surtos populacionais dessas espécies mesmo quando se cultiva germoplasma resistente, conforme já verificado por Schellhorn & Sork (1997). Desta forma, as plantas daninhas, podem influenciar a diversidade e a abundância de insetos fitófagos e de inimigos naturais em sistemas agrícolas, com conseqüente influência no maior ou menor ataque de pragas nos cultivos. Essas plantas influenciam a biologia e a dinâmica populacional dos inimigos naturais através do fornecimento de pólen e néctar para o suprimento da sua alimentação, além de proporcionarem microhabitats para refúgio e/ou sobrevivência (BENASSI & RAGA, 2009) e poderem funcionar como repositório de pragas por servirem como hospedeiras alternativas (CAPINERA, 2005; GOYAL et al., 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a resistência de cinco híbridos de milho doce ao ataque de *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae) e das lagartas-da-espiga (Lepidoptera: Noctuidae), em duas condições de manejo de plantas daninhas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar a abundância de adultos e larvas de *Euxesta* spp., *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda* na parte aérea de cinco híbridos de milho doce cultivados em duas condições de manejo de plantas daninhas e a magnitude da injúria provocada por *S. frugiperda* às plantas;
- 2) Avaliar a abundância de larvas de *Euxesta* spp., *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda* e a magnitude da injúria provocada por essas espécies às espigas de cinco híbridos de milho doce cultivados em duas condições de manejo de plantas daninhas;
- 3) Avaliar se existe associação entre o ataque das lagartas-da-espiga e da mosca-da-espiga em cinco híbridos de milho doce cultivados em duas condições de manejo de plantas daninhas;
- 4) Avaliar possíveis causas explicativas da maior suscetibilidade e/ou resistência dos cinco híbridos testados ao ataque de *Euxesta* spp., *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Milho doce (*Zea mays* L. grupo *saccharata* Poaceae): origem, importância econômica e características genéticas

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo excedido somente pelo trigo (USDA, 2016). O milho doce (*Zea mays* L. grupo *saccharata* Poaceae) não é uma raça de milho ou uma subespécie separada dentro da espécie *Zea mays* (TRACY,

2001), mas um mutante do milho comum que se caracteriza pela alta concentração de açúcares e decréscimo do teor de amido (PARENTONI et al., 1990; ZUCARELI et al., 2012). Nos Estados Unidos, o milho doce ocupou uma área plantada de 229.533 hectares em 2015, sendo 97.970 hectares destinado ao “fresh Market” (milho *in natura*) e 131.563 hectares ao processamento industrial (USDA, 2016). No Brasil, o cultivo gira em torno de 36 mil hectares, com 90% da área plantada localizada no estado de Goiás (LUZ et al., 2014). Em 2012, a produção brasileira chegou a 864 milhões de toneladas, movimentando cerca de R\$ 302,4 milhões de reais nas propriedades. Para se ter uma ideia da importância da cultura, neste mesmo ano foram gastos cerca de 70,2 milhões de reais em fertilizantes e 14,5 milhões de reais em sementes (ABSEM, 2014).

Pertencente à família Poaceae, o milho doce foi domesticado entre 7.000 e 10.000 anos atrás (FERREIRA, 2011) e, segundo Tracy (2001), dois diferentes endospermas originaram esse tipo de milho: o primeiro veio da serra do sul do Peru, onde se desenvolve em altitudes entre 2.400 e 3.400 metros de altitude e é chamado de Chullp, e o segundo do estado de Jalisco, no México, onde era chamado de Maiz Dulce e se desenvolve em altitudes entre 1.000 e 1.500 metros. A possibilidade de que o milho doce tenha ocorrido na natureza como uma raça selvagem é remota, sendo sua provável domesticação realizada pelos índios da América do Sul (PARENTONI et al., 1990, PEREIRA FILHO et al., 2015).

O consumo desta olerícola é amplamente diversificado (TRACY, 2001), podendo ser utilizada em conservas, desidratado, consumido *in natura* a até como "baby corn" quando colhido antes da polinização (REIS et al., 2011). O milho doce possui características muito particulares, a saber: sabor adocicado, pericarpo fino e endosperma com textura delicada (PEREIRA FILHO et al., 2015), além de elevado valor nutricional (PARENTONI et al., 1990). A qualidade do milho doce é determinada pelo sabor, aroma, textura do endosperma e textura do pericarpo (TRACY, 2001), tendo a aparência como grande influência na determinação do valor comercial desse produto (BARBOSA et al., 2012). A relação taxa de sacarose e amido no momento da colheita (relação entre o ponto de colheita com a umidade ideal) também interfere diretamente na qualidade do produto final (LUZ et al., 2014). A cor do endosperma é outra característica relevante: o milho amarelo é o mais importante para o processamento industrial e mercados locais *in natura*, sendo que endospermas bicolores (grãos 25% brancos e 75% amarelos na mesma espiga) são particularmente importantes no mercado do meio oeste americano e no Japão (TRACY, 2001).

No Brasil, a cultura do milho doce representa uma oportunidade aos produtores (SANTOS, 2002), podendo ser explorada durante praticamente todos os meses do ano (PARENTONI et al., 1990; CARDOSO, 2001). O tempo de permanência da cultura no campo é menor que a do milho grão, sendo a colheita realizada em torno de 30 dias após o florescimento (CARDOSO, 2001) e a palhada pode ser utilizada para alimentação animal (silagem) (LEMOS et al., 1999). O sistema de produção é feito por meio de contrato das agroindústrias com os produtores (SANTOS, 2002) e praticamente toda produção brasileira é destinada ao processamento industrial (LUZ et al., 2014).

A característica principal do milho doce se deve à presença de genes mutantes, os quais resultam em uma mudança no metabolismo vegetal. Essa mudança consiste no bloqueio da conversão de açúcares em amido no endosperma (PARENTONI et al., 1990; TRACY, 2001; ZUCARELI et al., 2012) e podem promover variações marcantes na textura, formato e composição do endosperma e do pericarpo (FERREIRA, 2011). O grão do milho doce apresenta elevados teores de açúcares no endosperma em detrimento ao amido: no milho grão, a quantidade de açúcar é da ordem de 3%, enquanto o teor de amido está entre 60 e 70%; no milho doce, a quantidade de açúcar varia entre 9 e 14% e de amido entre 30 a 35%, sendo que nas variedades superdoce a quantidade de açúcar presente é de 25%, enquanto o amido fica entre 15 e 25% (PEREIRA FILHO et al., 2003). Atualmente, oito genes que afetam a síntese de carboidratos no endosperma (Amylose-extender 1, brittle 1, brittle 2, dull 1, enhancer 1, shrunken 2, sugary 1, waxy 1) estão sendo utilizados nos genótipos de milho doce (TRACY, 2001).

Até a década de 80, a utilização de cultivares de clima temperado no Brasil (já que não existiam cultivares e/ou híbridos adaptados às condições ambientais no país) resultava em baixas produtividades e sérios problemas de sanidade da espiga (LEMOS et al., 1999), sendo um forte limitante na difusão mais rápida do consumo do milho doce entre os brasileiros (FERREIRA, 2011). O híbrido simples é o material mais adequado para ser utilizado pela indústria, já que traz a vantagem da uniformidade da época de maturação, comprimento e diâmetro da espiga adequados e coloração e tamanho ideais dos grãos (OLIVEIRA et al., 2010). O mesmo autor acrescenta ainda outras características pertinentes: qualidade e maciez do pericarpo, sabor e aroma do grão; aspecto e tamanho desejáveis das espigas, uniformidade quanto à maturação e maior produção. Além disso, a janela de colheita mais estreita do híbrido é outro ponto crítico e buscado (TRACY, 2001).

Em relação às características agrônômicas desejáveis em um híbrido de milho doce, os parâmetros são muito parecidos com os do milho grão: sistema radicular profundo, colmos vigorosos e resistentes, resistência a pragas e moléstias, além de empalhamento eficiente da espiga (CARDOSO, 2001). Esta última característica é especialmente importante no milho doce e um dos suportes para resistência a insetos e fitopatógenos.

3.2 Principais artrópodes-pragas e inimigos naturais associados ao milho doce

As pragas-chave do milho doce a campo são *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), *Euxesta* spp. e a lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*). São consideradas pragas-chave, pois concentram seu ataque às espigas, se alimentando dos grãos em formação que são mais atrativos e suscetíveis ao ataque, reduzindo o valor comercial do produto colhido, no que pese *S. frugiperda* também atuar como desfolhador da cultura. Existem ainda outros desfolhadores e sugadores que são considerados pragas secundárias. No caso dos desfolhadores, dependendo da magnitude da injúria, a diminuição do índice de área foliar pode levar à queda na produção. Os desfolhadores mais comuns são as vaquinhas (Coleoptera: Chrysomelidae) destacando-se que as larvas das vaquinhas podem atacar ainda o sistema radicular das plantas. No caso dos sugadores (pulgões e cigarrinhas), além de diminuírem a translocação de seiva e nutrientes, podem transmitir viroses às plantas (PARENTONI et al., 1990).

A presença de um grande número de pragas e a disponibilidade de pólen pelas plantas do milho proporcionam um ambiente adequado à presença de diversos parasitóides e predadores, que ajudam a controlar e a diminuir os danos causados pelas pragas (CIVIDANES & BARBOSA, 2001; CRUZ, 2008). Os parasitóides mais comuns encontrados no milho podem ser divididos em parasitóides de ovos e incluem as pequenas vespas *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae); os parasitóides de ovo-larva cujos representantes são *Chelonus insularis* pertencente à família Braconidae, os parasitóides de lagartas que são as vespas membros das famílias Ichneumonidae e Braconidae e os parasitóides de pulgões que também pertencem à família Braconidae. Os predadores mais comuns são as joaninhas, crisopídeos, tesourinhas, sirfídeos e percevejos predadores (CRUZ, 2008).

Várias espécies de insetos se alimentam dos grãos de milho no armazenamento, porém o gorgulho ou caruncho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e a traça dos cereais, *Sitotroga cerearella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), são responsáveis pela maior parte das perdas, justamente por possuírem a capacidade de causar infestação cruzada e serem pragas primárias (PACHECO & PAULA, 1995). O ataque dessas espécies pode incrementar a infecção por microrganismos e propiciar aumento da umidade dos grãos, causando seu apodrecimento (PARENTONI et al., 1990). Além disso, podem ocasionar perda de peso dos grãos, perda do poder germinativo e do vigor da semente e perdas qualitativas em virtude da rejeição do produto infestado com insetos (SANTOS & OLIVEIRA, 1991).

Além das pragas primárias e capazes de causar infestação cruzada, o milho pode ser infestado por pragas secundárias e por inimigos naturais dessas pragas, sendo que estes últimos também podem atuar como contaminantes do produto. Dentre as pragas secundárias capazes de infestar cereais, as que mais ocorrem associadas ao milho são *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Cucujidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae) (PACHECO & PAULA, 1995).

Em relação aos inimigos naturais os principais parasitóides das pragas de grãos armazenados são vespas das famílias Pteromalidae e Bethilidae (HAGSTRUM & FLINN, 1992). Todavia, existem relatos da ocorrência de parasitoides de ovos de Lepidoptera da família Braconidae e de lagartas de Lepidoptera da família Ichneumonidae. Adicionalmente os ácaros *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Protigmata: Acarophenacidae) e o ácaro *Acarophenax tribolii* Newstead & Duvall (Protigmata: Acarophenacidae) foram relatados como parasitóides de ovos de coleópteros e de ovos, larvas, pupas e adultos de *T. castaneum*, respectivamente (SOARES et al., 2009).

Dentre as espécies de predadores que ocorrem associadas às pragas cita-se *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) e os ácaros predadores das famílias Pyemotidae e Cheyletidae (SOARES et al., 2009).

3.3 A mosca-da-espiga (*Euxesta* spp. Diptera: Ulidiidae), as lagartas-da-espiga (*Helicoverpa* spp. Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda* Smith Lepidoptera: Noctuidae)

As lagartas-da-espiga e a mosca-da-espiga são particularmente importantes no milho doce, já que depreciam diretamente a qualidade do produto final (PARENTONI et al., 1990). *S. frugiperda* também pode causar grandes perdas no estágio vegetativo do milho, destruindo totalmente o cartucho das plantas em altas infestações (SANTOS et al., 2003).

Apesar de ser popularmente conhecida como *Euxesta* no Brasil, a mosca-da-espiga possui um representante que é da mesma família e que não ocorre no país, chamado *Chaetopsis massyla* (Walker) (Diptera: Ulidiidae). O gênero *Euxesta* Loew contém cerca de 90 espécies reconhecidas, com muitas ainda não tendo sido descritas. As espécies de *Euxesta* estão restritas às Américas, com exceção de algumas que se tornaram mais amplamente distribuídas pela ação humana (STEYSKAL & AHLRNARK, 1995). Segundo Scully et al. (2002), a maioria das espécies ocorre em zonas neotropicais e, de acordo com Cruz et al. (2011) no Brasil, apenas duas são consideradas pragas no milho. A biologia do gênero é pouco conhecida, apesar de existirem evidências de que muitas espécies sejam saprofíticas e que apenas algumas podem se alimentar de tecidos vivos das plantas (STEYSKAL & AHLRNARK, 1995).

Os adultos de *Euxesta* possuem entre 4 e 5 mm de comprimento e coloração do corpo metálico ou escura, com asas incolores e manchas também escuras (CRUZ, 2008). A cabeça do adulto possui cerdas muito finas, preescutelares e curtas (TRIPLEHORN & JOHNSON, 2001). De acordo com Cruz et al. (2011) os adultos das duas espécies de *Euxesta* que ocorrem nos cultivos de milho do Brasil, *E. eluta* e *E. mazorca*, possuem pequenas distinções morfológicas. Os adultos de *E. mazorca* são ligeiramente maiores que os de *E. eluta* e as bandas das asas de *E. mazorca* são muito mais escuras e cruzam completamente a asa.

Bertolaccini et al. (2010), em trabalho realizado em milho doce na província Argentina de Santa Fé, também identificaram somente duas espécies do gênero *Euxesta*, as mesmas encontradas por Cruz et al. (2011). No que pese esse cenário, onze espécies de mosca-da-espiga são reportadas como pragas de milho nas Américas (GOYAL et al., 2012). Kalsi (2011), em estudos realizados no sul da Flórida, encontraram três espécies do gênero *Euxesta* infestando o milho doce: *E. stigmatias*, *E. eluta* e *E. annonae*. Em levantamentos no estado da Flórida, Goyal et al. (2011) encontraram *E. annonae* infestando milho doce, com *E. eluta* e *C. massyla* presentes em milho grão e milho doce.

A mosca-da-espiga (*Euxesta* spp.) completa o seu ciclo de vida entre 24 e 27 dias, produzindo até 20 gerações por ano (KALSI, 2011). Os adultos se alimentam de pólen, néctar, seiva da planta e exsudatos glandulares e os acasalamentos ocorrem geralmente ao entardecer

e amanhecer (CRUZ et al., 2011), sendo que as larvas deixam a espiga para empuparem no solo (NUESSLY & HENTZ, 2004). Seal & Jansson (1989) observaram que o pico de oviposição de *E. stigmatis* ocorre entre 11:00 e 13:00 h e que o período total de desenvolvimento de ovo a adulto em milho doce é de $28,3 \pm 0,6$ dias a 30°C e que a longevidade de adultos alcança $26,7 \pm 8,0$ dias a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

A fêmea de *Euxesta* spp. oviposita nos estilo-estigmas das espigas, dando origem à larvas que após três a quatro dias eclodem e começam a se alimentar (PARENTONI et al., 1990; SCULLY et al., 2002). Posteriormente penetram no pericarpo, consumindo o endosperma da espiga em desenvolvimento (SCULLY et al., 2002). Os danos incluem falhas nas espigas pelo consumo dos estilo-estigmas, consumo dos grãos leitosos com posterior presença de detritos que depreciam o produto comercialmente, favorecimento de pragas secundárias, bem como a penetração de microorganismos e umidade, causando o apodrecimento dos grãos e tornando a espiga do milho doce imprópria para o consumo (PARENTONI et al., 1990; SILVA et al., 2004, BERTOLACCINI et al., 2010; CRUZ et al., 2011). Cruz (2008) destaca que, muitas vezes, as larvas penetram pelo embrião da semente, alimentando-se totalmente do grão e deixando apenas a membrana externa. Goyal et al. (2012) afirmam que os adultos não causam danos às plantas e as fêmeas só podem inserir seus ovos em tecido vegetal com rachaduras, fendas naturais ou em partes de plantas previamente danificadas pelo clima, doenças, vertebrados e invertebrados e/ou forças mecânicas. Os adultos alimentam-se basicamente de exudatos vegetais e pólen na superfície das plantas e, por esta razão, encontram muitos hospedeiros alternativos que não necessariamente são fontes de alimento larval, como janelas e veículos contendo resíduos de pólen, mas que podem supri-los nutricionalmente por um determinado tempo.

Embora *Euxesta* spp. seja considerada uma praga que ataca o milho na fase de espiga, as espécies pertencentes a este gênero são encontradas bem antes da planta entrar no estágio de suscetibilidade ao ataque (CRUZ et al., 2011). As espigas são mais atraentes e o pericarpo é mais apropriado para a entrada das larvas durante as duas primeiras semanas da fase de espigamento do milho (KALSI, 2011). Estilo-estigmas secos e pericarpo mais duro (a partir do estágio de grão pastoso) não são adequados para o desenvolvimento deste díptero e, portanto, a tendência é de diminuição do inseto em cultivos mais velhos (CRUZ et al., 2011). Seal & Jansson (1989) observaram que *E. stigmatis* imigraram para os campos de milho doce quando as plantas estavam com duas semanas de idade e, por ocasião da colheita, 80-90% de

todas as espigas de um campo não tratado estavam infestadas com pelo menos um estágio de vida do inseto, resultando em perdas de produtividade maiores que 60%.

Estas moscas frequentemente utilizam danos causados por outros insetos para aumentar o seu ataque às espigas de milho (CRUZ et al., 2011). Kalsi (2011) afirma que o decréscimo da infestação de *H. zea* resulta em menor atração e conseqüente redução do ataque da mosca-da-espiga. No Brasil, foi demonstrado que as fêmeas adultas desse inseto podem entrar facilmente nas espigas para se alimentar e ovipositar após dano prévio por *H. zea* (MATRANGOLO et al., 1998). Adicionalmente, Nuesly et al. (2007) verificaram que espigas contendo dano à palha, estilo-estigmas e grãos causado por *S. frugiperda* foram mais danificadas por larvas de *E. stigmatias* do que espigas sem danos. Apesar desse fato, nos últimos anos tem se verificado a presença da praga mesmo na ausência desses e de outros lepidópteros (CRUZ, 2008).

O ataque de *Euxesta* spp. pode causar injúrias significativas que ocorrem mesmo quando são utilizados inseticidas, sendo que as infestações nas espigas acima de 30% usualmente resultam em rejeição dos lotes no mercado de milho doce para processamento industrial (CRUZ et al., 2011; KALSI, 2011).

Não existem inseticidas registrados para o controle dessa praga no Brasil (BRASIL, 2015) e os inseticidas testados por PARENTONI et al. (1990) para a lagarta-da-espiga apresentaram baixa eficiência de controle deste díptero. Mesmo nos Estados Unidos, onde existe uma grande diversidade de inseticidas registrados para o controle desta praga em milho doce, a eficácia é baixa (NUESSLY & HENTZ, 2004). Os inseticidas conseguem controlar apenas uma parte dos adultos, que são o único estágio diretamente exposto ao controle por inseticidas (NUESSLY & HENTZ, 2004), sendo que as demais fases da praga - pupa (no solo) e larva (dentro da espiga) - permanecem protegidas (KALSI et al., 2014).

As pesquisas sobre o controle biológico desta praga ainda são restritas (KALSI et al., 2014). Owens et al. (2015) afirmam que seu trabalho é o primeiro em todo o mundo que avaliou a viabilidade do controle biológico de *E. stigmatias* e *E. eluta* pelo parasitóide *Pachycrepoideus vindemniae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae). O maior problema constatado na viabilidade do controle biológico é a baixa sobrevivência de *P. vindemniae* aos inseticidas testados, os quais são largamente usados pelos produtores para o controle de *S. frugiperda*. Kalsi et al. (2014) em levantamentos realizados em lavouras de milho doce na Flórida, verificaram que adultos e ninfas do predador *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e larvas do predador *Anotylus insignitus* (Gravenhorst) (Coleoptera:

Staphylinidae) tiveram ocorrência associada a ovos e larvas de *E. stigmatias*, *E. eluta* e *E. annonae*.

Bertolaccini et al. (2010) relataram que *Euxesta* spp. se tornou um problema primário nos cultivos de milho doce argentinos a partir do momento em que os cultivos com organismos geneticamente modificados (OGM's) para controle de lepidópteros (proteína *Bt*) começaram a se intensificar no país. Quando não se utilizava OGM's, grande parte dos inseticidas usado para o controle de lagartas controlava indiretamente este díptero. Entretanto, esta praga considerada secundária no país tem assumido papel primário nos cultivos de milho doce argentinos após a introdução do milho doce *Bt*.

A espécie *H. zea*, é considerada uma das mais importantes pragas do milho nos Estados Unidos, causando mais danos no milho doce que qualquer outro inseto, em especial quando destinado à indústria. No Brasil, a importância da praga para a cultura de milho pode ser verificada com incidência média relatada de até 96,8% de infestação (CRUZ, 2008).

Os adultos de *H. zea* são mariposas que medem cerca de 40 mm de envergadura, com asas posteriores claras contendo uma faixa nas bordas externas. As asas anteriores são de coloração amarelo-parda e contém uma faixa transversal mais escura, apresentando também manchas escuras dispersas sobre toda a asa. Os ovos são depositados individualmente, medem por volta de 1 mm de diâmetro, possuem forma hemisférica com saliências laterais, e vão de branco a marrom à medida que se aproximam da eclosão. A fêmea ovípara em qualquer parte da planta, tendo preferência pelos estilo-estigmas ainda verdes na espiga, onde pode colocar até 15 ovos por estrutura. Cada fêmea ovípara em média 1.000 ovos durante sua fase adulta. As lagartas passam por 5 ecdises e no último estágio larval podem medir de 40 a 50 mm, possuindo coloração variável como marrom, verde, branco acinzentado e preto (CRUZ, 2008). No geral, a cabeça tende a ser marrom ou laranja e o corpo marrom, verde, rosa, amarelo ou quase totalmente preto. A lagarta geralmente carrega uma ampla faixa escura lateral acima dos espiráculos e uma faixa que vai de branca a amarela abaixo destes. Um par de estreitas faixas escuras ocorre ao longo do centro das costas. O corpo possui inúmeros microespinhos de cor preta, os quais lhe conferem uma sensação áspera quando tocado (CAPINERA, 2000). A fase larval dura de 13 a 25 dias e, antes de empupar, a lagarta abandona a espiga e vai para o solo, onde penetra a uma profundidade de 4 a 22 cm, formando uma espécie de câmara com galeria de saída para a superfície do solo, de onde emergirá o adulto. A pupa é marrom e mede em torno de 20 mm, sendo que esta fase dura em torno de 14

dias dependendo das condições ambientais. O ciclo evolutivo completo deste inseto varia entre 30 a 40 dias (CRUZ, 2008).

Recentemente, detectou-se outra espécie de *Helicoverpa* no país, tendo sido os insetos coletados para identificação em várias lavouras, incluindo no milho (SPECHT et al., 2013). A espécie em questão, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), é muito próxima morfológica e molecularmente à *H. zea* (BEHERE et al., 2007), havendo inclusive a possibilidade de formação de híbridos férteis entre elas (HARDWICK, 1965). Desta forma, a diferenciação entre as duas espécies pode ser realizada através da análise da morfologia da genitália de adultos machos ou extração de DNA com subsequente análise por PCR (SPECHT et al., 2013)

A espécie *H. zea* é restrita ao continente americano (LEITE et al., 2014) enquanto *H. armigera* apresenta ampla distribuição geográfica, sendo registrada na Europa, Ásia, África e Oceania (ZALUCKI et al. 1986; GUO, 1997). Ambas as espécies são altamente polípagas, alimentando-se de outras culturas além do milho (por exemplo, sorgo, tomate e soja), ervas daninhas ou vegetação natural, as quais podem, potencialmente, servir como refúgio (GOULD et al., 2002). *Helicoverpa armigera* é considerada ainda mais polífaga que *H. zea* (CZEPAK et al., 2013). O controle de *H. zea* se faz quase que exclusivamente mediante emprego de inseticidas, sendo esse método antieconômico e de baixa eficiência. Isto se deve ao fato das lagartas encontrarem-se protegidas no interior das espigas durante a maior parte do tempo (NAIS, 2012). Nais (2012) afirma ainda que os híbridos de milho transgênicos que expressam a toxina *Bt* têm proporcionado bom controle dessa praga, porém essa tecnologia ainda não é utilizada nas lavouras de milho doce brasileiras. No controle biológico, o uso de *T. pretiosum* apresenta bons resultados (PRATISSOLI & OLIVEIRA, 1999; CRUZ, 2008).

Além do dano direto da praga que consome os grãos em formação, os danos indiretos também são significativos e incluem a falta de formação de segundas espigas, ausência de fertilização de grande parte dos óvulos das espigas tardias, bem como a falha de grãos na extremidade das espigas. O ataque de *Helicoverpa* spp. também favorece a ocorrência de outras pragas, incluindo espécies que infestam o milho no armazenamento (CRUZ, 2008).

A lagarta-do-cartucho do milho é uma praga altamente polífaga (SILOTO, 2002), podendo causar reduções de até 60% no rendimento dos grãos do milho doce (SANTOS, 2002). Os adultos de *S. frugiperda* medem entre 32 a 40 mm (da ponta de uma asa a outra), com machos e fêmeas apresentando cor acinzentada nas asas anteriores (CRUZ, 2008) e branca nas posteriores (OMOTO et al., 2013), sendo os machos detentores de um ponto

dourado na asa anterior. As fêmeas colocam seus ovos agrupados em massa (entre 100 e 200), fazem postura durante os 4 a 5 primeiros dias de vida e são capazes de colocar até 2.000 ovos em seu ciclo reprodutivo. A fase adulta de *S. frugiperda* dura em torno de 10 dias (VALICENTE, 2015) e o período de incubação varia de acordo com a temperatura, sendo em torno de três dias no verão (CRUZ, 2008). Os ovos são de coloração verde-clara, passando a alaranjado algumas horas após a oviposição (OMOTO et al., 2013). As lagartas recém-eclodidas iniciam sua alimentação pelas partes mais tenras das folhas, se alimentando apenas da parte verde e deixando a epiderme membranosa. Quando a lagarta passa para o segundo instar, ela começa a furar as folhas, indo em direção ao cartucho da planta, local onde permanece até próximo ao estágio de pupa. Sendo assim, as plantas de milho ficam prejudicadas com a destruição do cartucho, reduzindo a área fotossintética e comprometendo a produção (SILOTO, 2002). As lagartas medem 35 mm de comprimento quando totalmente desenvolvidas, possuem cor variando entre o cinza-escuro a marrom-escuro e têm um “Y” invertido na cabeça (VALICENTE, 2015). O período larval dura entre 13 a 15 dias (CRUZ, 2008). A lagarta completamente desenvolvida sai da planta e dirige-se ao solo, penetra alguns centímetros e constrói uma célula, transformando-se em pré-pupa no período de um dia. Findo este período, a pré pupa torna-se pupa, fase esta que dura cerca de 11 dias (CRUZ, 2008). A pupa possui cor marrom-avermelhada, medindo entre 14 a 18 mm de comprimento e 4,5 mm de largura (VALICENTE, 2015).

Além do dano direto às folhas do milho, Cruz (2008) afirma que esta lagarta pode penetrar no colmo através do cartucho, fazendo galerias descendentes e danificando o ponto de crescimento, sintoma este denominado coração morto. O ponto de inserção da espiga pode ser também atacado, sendo, nesse caso, com perda total da produção da planta atacada devido à não formação de grãos ou pela queda da espiga com grãos ainda em formação. São também comuns os danos diretos aos grãos em formação dentro da espiga ou indiretos, já que facilitam a penetração de microrganismos (CRUZ, 2008). Com a intensificação da agricultura, os cultivos sucessivos possibilitaram a sobrevivência de elevadas populações de *S. frugiperda* e o fluxo contínuo de adultos entre culturas hospedeiras, que ocasionam grandes infestações da praga durante todo o ano (OMOTO et al., 2013). O controle químico desta praga tem demandado significativo aumento no número de pulverizações com inseticida, causando o surgimento de indivíduos resistentes e de implicações ao meio ambiente (YU, 1991; SILOTO, 2002; CARVALHO et al., 2013)

Em relação ao controle biológico, Cruz et al. (2011) citam o predador *Doru luteipes* Scudder (Dermaptera: Forficulidae) e os parasitóides *Trichogramma* spp., *Telenomus* sp., *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) e *Campoletis flavicincta* Ashmead (Hymenoptera: Ichneumonidae). Além disso, os autores discorrem sobre o *Baculovirus* e a bactéria *Bacillus thuringiensis*, os quais já são utilizados comercialmente em cultivos. Valicente (2015) discorre sobre *Baculovirus*, *B. thuringiensis* e os parasitóides *Trichogramma* spp., afirmando que atualmente são produzidos em biofábricas no Brasil. Além disso, o mesmo autor fala sobre o controle natural exercido por *D. luteipes*, o qual é considerado um predador voraz dentro da espiga. Cruz et al. (2011) afirmam que várias doenças também atacam a fase larval de *S. frugiperda*, causadas pelos fungos *Nomuraea rileyii*, *Botrytis rileyi* e *Beauveria globulifera*, com potencial de uso em larga escala. O extrato aquoso de folhas de nim apresenta atividade inseticida e pode ser empregado para o controle da lagarta-do-cartucho, principalmente em pequenas propriedades rurais ou em áreas de agricultura orgânica (CRUZ et al., 2011).

Um dos complicadores no manejo desses insetos consiste no fato de que medidas de manejo efetivas contra as lagartas desfolhadoras e da espiga possuem aplicabilidade restrita no cultivo do milho doce. Dentre essas, cita-se o milho geneticamente modificado incorporando as toxinas da bactéria *B. thuringiensis*, efetivas contra a maioria dos Lepidoptera-praga que atacam o milho (FERNANDES et al., 2003). Atualmente, não existem relatos de genótipos brasileiros de milho doce incorporando essas toxinas em função, principalmente, das preocupações dos consumidores em relação à ingestão dessas toxinas e potencial de ocorrência de polinização cruzada entre plantas GM e não GM, no que pese essa tecnologia já estar disponível fora do Brasil (MONSANTO, 2015). Desta forma, tendo em vista que, conforme ressaltado anteriormente, o ataque da mosca-da-espiga possui associação com o ataque dessas espécies de Lepidoptera, esse pode ser um complicador adicional no manejo dessas espécies.

Dada todas as dificuldades encontradas para o manejo destas pragas, é importante explorar outras táticas de controle, tais como a resistência de plantas, bem como compreender os condicionantes dos surtos populacionais dessas espécies.

3.4 Resistência do milho a artrópodes-praga

Smith (2005) afirma que, por definição, uma planta resistente a insetos possui atributos geneticamente herdáveis, os quais fazem com que uma cultivar ou espécie seja menos danificada que uma outra planta suscetível- esta não possuidora de tais atributos. A resistência de uma cultivar nunca pode ser avaliada em termos absolutos, ou seja, esta é uma característica relativa e baseada na comparação com outras plantas que são mais (suscetíveis) ou menos (resistentes) severamente danificadas ou mortas, sob condições experimentais similares (BASTOS et al., 2015).

Desde o início da agricultura as plantas cultivadas foram selecionadas para altos rendimentos e valor nutricional, juntamente com reduzida toxicidade para mamíferos e resistência razoável contra insetos e fitopatógenos. Aparentemente, há uma correlação positiva entre rendimentos das plantas cultivadas e suscetibilidade a insetos e fitopatógenos (SCHOONHOVEN et al., 2005) e, raramente, o aumento da resistência é acompanhado de incremento na produtividade (SCHALLER, 2008).

A resistência de plantas se encontra entre os métodos mais permanentes e conhecidos de controle de insetos (TONET & SILVA, 1995; SILOTO, 2002), além de adequar-se perfeitamente à filosofia preconizada pelo manejo integrado de pragas (MIP) e aos modernos métodos de controle ambientalmente corretos (GATEHOUSE, 2002).

No livro de Painter publicado em 1951 (PAINTER, 1951), os mecanismos de resistência de plantas à herbívoros são divididos em três tipos: não-preferência, antibiose e tolerância. O autor descreve estas formas de resistência como mecanismos, porém atualmente são reconhecidas como categorias de resistência (SMITH, 2005). A não-preferência define o grupo de caracteres de determinada espécie vegetal que impede que um inseto ou uma população de insetos oviposite, se alimente ou se abrigue em um dado hospedeiro vegetal. Essa categoria age antes do contato entre o hospedeiro e o inseto, diminuindo a frequência de ocorrência do comportamento e inclui diversas causas tais como repelentes voláteis, mimetismo e características morfológicas como pêlos, tricomas, espinhos, dentre outros (COSTA et al., 2004). A antibiose denota redução da fecundidade, tamanho ou longevidade e incremento da mortalidade do inseto que ataca tais plantas, ou seja, afeta adversamente a biologia do herbívoro e na maioria dos casos é de natureza química (SMITH, 2005). Frequentemente, a não-preferência e a antibiose se sobrepõem, havendo grande dificuldade em projetar experimentos que delimitem claramente os limites de ambas (SMITH, 2005).

Tolerância é uma forma de resistência em que a planta mostra a capacidade de crescer e reproduzir mesmo com injúrias causadas por artrópodes, sendo expressa independentemente se o inseto ou outro organismo é responsável pela perda de tecido e não realizando pressão de seleção sobre as populações herbívoras (SCHOONHOVEN et al., 2005). A diferença de desempenho entre plantas que sofrem um nível particular de dano e o desempenho de plantas sem dano pode ser definido como a medida de tolerância e, ao contrário das demais categorias de resistência, a tolerância não impede a herbivoria, mas permite que a planta compense os danos sofridos (MAURICIO et al., 1997).

A utilização de plantas resistentes têm sido estudada por vários pesquisadores no Brasil e no mundo (BOIÇA JR. et al., 2001). Exemplos de resistência associadas com características de genes endógenos do milho (plantas não transgênicas) incluem incremento de níveis de cisteína, ácidos hidroxamínicos e flavonóides (principalmente maisina), além do aumento da cutícula lipídica, características estas que desfavorecem o desenvolvimento de insetos (NUESLLY et al., 2007). A maior rigidez da palha que recobre a espiga pode dificultar a penetração das larvas, aumentando o tempo em que estas permanecem nos estigmas, os quais frequentemente possuem substâncias antibióticas (WISEMAN & ISENHOUR, 1994). A concentração de maisina nos estilo-estigmas do milho é um dos fatores de antibiose mais importantes contra a lagarta da espiga e lagarta-do-cartucho (BOIÇA JR. et al., 2001).

Abel et al. (2000), ao avaliarem a resistência de 15 linhagens experimentais de milho, dois pais recorrentes (B94 e B97), um controle resistente (Zapalote Chico) e um controle suscetível (Stowell's Evergreen), encontrou várias diferenças no desenvolvimento de insetos. Indivíduos de *H. zea* localizados em genótipos resistentes apresentaram menor peso larval e de pupa, além de terem levado maior tempo para atingir a fase pupal. Segundo o autor, genes que conferiram resistência à lagarta da espiga são originários do genótipo B94, já que os sete híbridos que usaram esse genótipo como pai recorrente e a própria linhagem se apresentaram resistentes na mesma magnitude que o controle resistente, isto é, Zapalote Chico. Das linhagens resistentes, apenas uma (107-8-7) apresentou baixa quantidade do composto maisina nos estilo-estigmas, mostrando que provavelmente há um fator desconhecido que conferiu essa resistência. Nos demais genótipos, esse composto e a apimaisina/3'metoximaisina ajudam a explicar o motivo pelo qual os indivíduos de *H. zea* tiveram pior desempenho. Duas linhagens experimentais se mostraram resistentes à *S. frugiperda*, novamente com alta quantidade do composto maisina.

Nueslly et al. (2007) realizaram teste de resistência à *S. frugiperda* e *E. stigmatias* com duas linhagens de milho doce (Zapalote Chico 2451 e Zapalote Chico sh 2) e dois híbridos de milho doce (Primetime e GSS 0966- este último com gen *bt*) e concluíram que os danos na espiga causados por ambas as pragas foram afetados significativamente pelos genótipos. Os autores afirmam que as altas concentrações de maisina e a não-preferência foram as prováveis responsáveis pelo baixo dano de *S. frugiperda* nas duas linhagens, sendo que este composto também conferiu moderada resistência ao díptero *E. stigmatias*. Os estilo-estigmas das duas variedades de Zapalote Chico tornaram-se marroms em resposta à alimentação de *S. frugiperda* e *E. stigmatias*, ao passo que GSS 0966 e Primetime não mostraram mudança significativa na coloração. Segundo o autor, a alta concentração de maisina nos dois germoplasmas conferiu desempenho muito próximo do híbrido GSS 0966 na proteção da espiga contra *S. frugiperda* e *E. stigmatias*.

Wiseman & Isenhour (1994), em testes com 27 acessos de milho doce e a testemunha resistente (Zapalote Chico) quanto à resistência à lagarta da espiga, demonstraram que os resultados podem ser ambíguos. Nos testes a campo, apenas o material 471-U6 X 81-1 se mostrou tão resistente quanto a testemunha, porém nos ensaios em laboratório (dieta a base de estilo-estigmas) este acesso proporcionou maior peso larval em comparação a um material suscetível, isto é, Golden Bantam. Segundo os autores, embora o estilo-estigma de 471-U6 X 81-1 possua reduzida ação antibiótica, a maior rigidez da palha que recobre a espiga dificultou a entrada das larvas e conferiu resistência à campo. Concomitantemente, o material Ashworth foi considerado altamente suscetível nos testes de campo. Entretanto, as lagartas submetidas à dieta com seus estilo-estigmas apresentaram baixo peso larval, não diferindo estatisticamente da testemunha resistente. Os autores explicam que a reduzida rigidez da palha que recobre a espiga permitiu que as lagartas penetrassem rapidamente, diminuindo a exposição aos estigmas e conferindo suscetibilidade a campo. Em testes na espiga, as lagartas alimentadas com Ashworth e Zapalote Chico tiveram maior tempo de desenvolvimento e menor peso de pupas, sendo que os insetos presentes em 471-U6 X 81-1 apresentaram peso larval e pupal semelhantes aos genótipos suscetíveis, tendo em vista que esse material não alterou as características do inseto e nem a produção das plantas. Desta forma, conclui-se que o genótipo 471-U6 X 81-1 possuía características consistentes de um híbrido tolerante: palha rígida e menor dano às espigas (WISEMAN & ISENHOUR, 1994).

Boiça Jr. et al. (2001) estudaram a resistência de 21 genótipos de milho (sendo Zapalote Chico o padrão de resistência) à *S. frugiperda* e *H. zea*, encontrando diferença

estatística significativa entre os genótipos testados para a primeira praga; porém, apenas no padrão resistente foi observado menor injúria às espigas em relação à segunda praga. Os autores explicam que a inexistência de correlação significativa entre a compressão da palha e o comprimento das palhas além da ponta da espiga com danos de *H. zea* pode ser atribuída à baixa infestação da praga durante a execução do experimento. Os genótipos menos atacados a campo pela lagarta-do-cartucho foram Zapalote Chico, C125, XB 8028, C 909 e C 701. Em testes de consumo alimentar por *S. frugiperda* no laboratório, C 909 e C 511 foram os menos consumidos, apresentando não-preferência para alimentação e/ou antibiose, enquanto AG 8012 foi o mais consumido.

Farias et al. (2014) testaram a resistência de 15 genótipos de milho (nove linhagens endogâmicas e seis híbridos- sendo que um deles continha toxinas *Bt*) à *H. zea* e *S. frugiperda* e verificaram que, dentre as linhagens testadas, uma delas (não transgênica) mostrou-se como resistente, sendo essa resistência constatada através da menor profundidade de penetração larval (1,61 cm) e da menor área consumida (1,44 cm²) em relação à testemunha suscetível (7,53 cm e 14,16 cm², para profundidade de penetração larval e área consumida, respectivamente). Os autores destacaram ainda que a pequena injúria causada às espigas desse genótipo se aproximou daquela verificada no híbrido contendo as toxinas de *Bt* e por essa razão esse genótipo foi inserido no programa de melhoramento com a intenção de realizar introgressão dessa resistência nos genótipos de alta produtividade, incluindo os híbridos *Bt*.

Siloto (2002), realizou estudo com 12 genótipos de milho à campo em duas safras consecutivas e em três locais distintos, encontrando diferenças significativas no tocante à resistência destes genótipos à lagarta-do-cartucho, sendo a interação ambiente x genótipo não significativa. Os genótipos Z 8486 e C 333 B foram os que apresentaram menores danos por lagarta-do-cartucho no campo. Segundo o autor, esses genótipos apresentaram arquitetura de planta bem definida e maior tamanho de planta, além de folhas com verde mais intenso e mais espessas. Os mais atacados foram os híbridos Piranão e XL 212. Nos testes laboratoriais, que consistiam em alimentar as lagartas com folhas dos híbridos com posterior realização de mensurações, os parâmetros peso de lagartas, viabilidade da fase larval e longevidade apresentaram diferença significativa entre os híbridos. Justamente as lagartas alimentadas com as folhas do material Piranão, considerado padrão de suscetibilidade no campo, foram as que tiveram maior longevidade, sendo a menor longevidade obtida com o material Z 8486. Em relação à viabilidade da fase larval, o material Z 8486 foi um dos que apresentou a menor (84,6% de viabilidade), e o material Dina 766 (96% de sobrevivência de lagartas) o que

apresentou a maior. Nas duas pesagens de lagartas (7 e 14 dias de idade), novamente o material Z 8486 apresentou menores valores. As características duração da fase larval, peso de pupas, duração e viabilidade da fase pupal, fecundidade e deformação de pupas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Com base nos resultados laboratoriais, o autor separou os genótipos em 4 grupos e elencou um genótipo de cada grupo para realização de testes de não preferência, sendo que o material XL 212 apresentou maior atratividade à *S. frugiperda*, confirmando o resultado no campo. Os demais genótipos não mostraram diferença significativa no teste de não preferência.

3.5 Hospedeiros alternativos influenciando na dinâmica de *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae), de *Helicoverpa* spp. e *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae)

No sul da Flórida, embora o milho não esteja disponível o ano todo para o desenvolvimento da mosca-da-espiga, quatro espécies aparecem rotineiramente nas primeiras lavouras de milho doce, mostrando que este inseto possui hospedeiros alternativos (GOYAL et al., 2012).

Goyal et al. (2012) realizaram trabalho com 14 espécies de plantas, incluindo espécies cultivadas (*Brassica oleracea* L. Brassicaceae, *Capsicum chinense* Jacquin Solanaceae, *Capsicum annum* L. Solanaceae, *Carica papaya* L. Caricaceae, *Persea americana* Mill. Lauraceae, *Raphanus sativus* L. Brassicaceae, *Saccharum officinarum* L. Poaceae, *Solanum lycopersicum* L. Solanaceae, *Daucus carota* L. Apiaceae e *Solanum tuberosum* L. Solanaceae) e daninhas (*Amaranthus spinosus* L. Amaranthaceae, *Portulaca oleraceae* L. Portulacaceae, *Sorghum halepense* (L.) Poaceae e *Typha* sp. Typhaceae), visando avaliar as taxas de desenvolvimento e sobrevivência pupal das espécies de moscas-da-espiga *C. massyla*, *E. annonae* e *E. stigmatias* em raízes, caules, folhas ou frutos de espécies potencialmente hospedeiras. Os autores constataram que as três espécies de moscas-da-espiga ovipositaram em todas as plantas, não completando seu desenvolvimento apenas em tubérculos de batata e em raízes tuberosas de cenouras. Portanto, muitas mono e dicotiledôneas cultivadas, plantas daninhas e plantas nativas estão disponíveis e fornecem recursos para o desenvolvimento e sobrevivência destas espécies na ausência de milho e podem influenciar na sua dinâmica populacional no agroecossistema de milho.

Espécies do gênero *Helicoverpa* são consideradas extremamente polífagas, podendo atacar mais de 60 espécies de plantas cultivadas e silvestres e possuindo cerca de 67 famílias

hospedeiras, incluindo Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae e Solanaceae (PAWAR et al., 1986; FITT, 1989; CAPINERA, 2000; POGUE, 2004), podendo causar danos a diferentes culturas de importância econômica, como o algodão, leguminosas em geral, sorgo, milho, tomate, plantas ornamentais e frutíferas (REED, 1965; FITT, 1989; MORAL GARCIA, 2006).

Diversos autores também consideram *S. frugiperda* uma praga extremamente polífaga, conhecida pela sobrevivência em diversas plantas cultivadas (SANTOS, 2002; CRUZ et al., 2011; OMOTO et al., 2013; VALICENTE, 2015; CABI, 2017). Segundo Omoto et al. (2013), este lepidóptero pode atacar plantas muito presentes na paisagem agrícola brasileira, tais como milho, algodão, arroz, milheto, sorgo e soja. Os mesmos autores afirmam que os cultivos sucessivos possibilitam a sobrevivência de elevadas populações de *S. frugiperda* e o fluxo contínuo de mariposas entre culturas hospedeiras, o que ocasiona grandes infestações da praga independentemente da fase de desenvolvimento das plantas e época de cultivo. Este inseto pode atacar mais de 100 plantas diferentes (VALICENTE, 2015; CABI, 2017) e têm sido um grande problema em toda a América tropical (CABI, 2017), causando grandes danos à gramíneas economicamente importantes como milho, arroz, sorgo e cana de açúcar, bem como repolho, beterraba, amendoim, soja, alfafa, cebola, algodão, milho, tomate, batata e algodão (CABI, 2017). Esta praga foi recentemente identificada pela primeira vez na África continental, o que gera grande preocupação com as populações que sobrevivem da agricultura de subsistência, já que nas Américas os produtores dependem do controle químico para lidar com a praga (CABI, 2017). Algumas plantas daninhas reconhecidas como hospedeiras de *S. frugiperda* incluem *Agrostis* sp. L. (Poaceae), *Digitaria* spp. (Poaceae), *Sorghum halepense* (L.) Pers (Poaceae), *Ipomoea* spp. (Convolvulaceae), *Cyperus* spp. (Cyperaceae), *Amaranthus* spp. L. (Amaranthaceae) e *Cenchrus tribuloides* L. (Poaceae) (CAPINERA, 2005).

Desta forma, as espécies que cresçam em associação temporal e/ou espacial com o agroecossistema do milho terão profundos desdobramentos sobre a dinâmica populacional desses insetos, podendo inclusive interferir na manifestação da resistência dos genótipos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização das áreas experimentais

O experimento foi conduzido em duas safras, sendo a safra 2015/2016 (Safra 2015) na Fazenda Buenos Aires (Luziânia-GO, com altitude de 920 m) e a safra 2016/2017 (Safra 2016) na Fazenda Água Limpa (Brasília-DF, com altitude de 1.080 m).

A área experimental localizada em Luziânia (Latitude 15°57'2" S e Longitude 47°56'2" O) possuía 2.400 m² e foi implantada em um talhão de 6.000 m² com irrigação por aspersão, no Núcleo Rural Bandeirante. O experimento estava localizado próximo a um cultivo de milho pamonha conduzido sob pivô central e uma área de 60.000 m² cultivada com repolho irrigado sob aspersão. As médias anuais das condições climáticas predominantes no local incluem: precipitação média de 1.695,4 mm, radiação global - 508,2 MJ/m²/dia, temperatura variando de 14,4°C a 34,5°C com média de 22,7°C, umidade relativa variando de 31,1 a 99,4% com média de 77,3% (INMET, 2015).

A área experimental da Fazenda Água Limpa estava localizada no Núcleo Rural da Vargem Bonita, sendo as coordenadas de Latitude 15°57'2" S e Longitude 47°56'2" O. A área experimental foi irrigada por aspersão e possuía 1.200 m², sendo margeada por cultivos de hortaliças, cana-de-açúcar, mandioca, milho e banana, além de plantas espontâneas e de cobertura. As médias anuais das condições climáticas predominantes no local incluem: precipitação média de 1.262,7 mm, radiação global - 494,2 MJ/m²/dia, temperatura variando de 12,9°C a 31,7°C com média de 21,6°C, umidade relativa variando de 31,6 a 99,5% com média de 81,3%. Conforme classificação de Koppen, o clima nas duas áreas é Aw, com invernos secos e verões chuvosos. A classificação do solo é igual para ambas as áreas (Latosolo Vermelho Distrófico).

4.2 Caracterização dos ensaios

Em ambas as áreas, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial de cinco híbridos de milho doce (GSS 41243, GSS 3969, GSS 41499, GSS 42072 e Tropical Plus) por 2 condições de manejo de plantas daninhas (limpo – sem infestação de plantas daninhas competição e sujo- com infestação natural de plantas daninhas), totalizando 10 tratamentos

que foram dispostos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os híbridos escolhidos são plantados comercialmente no Brasil e apresentam ponto de colheita entre 90 a 100 dias após o plantio (DAP) no verão (período chuvoso) e entre 110 e 110 dias no inverno (período seco). As sementes foram cedidas pela Campo Verde Comércio e Representação Agrícola Ltda, sendo este o canal de comercialização de sementes de milho doce da empresa Syngenta Seeds para as agroindústrias da região. Estas foram tratadas com fludioxonil (concentração de 0,025 kg/litro) na dose de 0,0015 litros/kg de semente e tiametoxam (concentração de 0,350 kg/litro) na dose de 0,02 litros/kg de semente, em ambas as safras.

O manejo de plantas daninhas foi assegurado em ambas as áreas através da aplicação de herbicidas nas parcelas onde estas foram controladas, de acordo com o estágio e conforme recomendação constante na bula dos herbicidas utilizados (limpo) e roçagem das entrelinhas das parcelas, mantendo-as a 10 cm de altura onde as plantas daninhas deviam permanecer (sujo).

Na safra 2015, cada parcela apresentava 5,6 m de largura por 9 m de comprimento, sendo composta por oito linhas com espaçamento de 0,7 m e sendo mantido um corredor de 5,6 m² (1 m de largura por 5,6 m de comprimento) entre cada parcela e um corredor de 63 m² (0,7 m de largura por 90 m de comprimento) entre blocos. A área total do experimento em 2015/2016 foi de 2.400 m². Na safra 2016, devido à limitação de área, as parcelas apresentavam 6 m de comprimento por 5 m de largura, totalizando sete linhas com espaçamento de 0,7 m cada uma. Não existiam corredores entre parcelas e blocos e a área total do experimento foi de 1.200 m².

4.3 Tratos culturais

Nas safras 2015 e 2016, o preparo do solo seguiu as operações convencionais de aração e gradagem leve com o objetivo de deixar o solo livre de torrões. Em ambas as safras realizou-se plantio manual, empregando a densidade de oito sementes por metro linear dos híbridos GSS 41243, GSS 3969 e Tropical Plus e 15 sementes por metro linear nos híbridos GSS 41499 e GSS 42072. Após 15 dias da emergência (DAE) foi realizado o desbaste das plântulas de milho, buscando manter a população em torno de 55.000 plantas/ha (LUZ et al., 2014) e a aplicação do adubo nitrogenado, em cobertura, que foi realizada aos 20 DAE, estágio recomendado por Parentoni et al. (1990). A dose utilizada foi de 267 kg de uréia/ha,

conforme recomendação de Pereira Filho et. al (2015). O manejo das plantas daninhas foi mantido com aplicação dos herbicidas atrazina (2,5 L/ha) e mesotriona (0,250 L/ha) nas parcelas onde estas foram controladas, pulverizando-as com pulverizador costal manual de 20 litros marca Jacto e utilizando volume de calda de 200 L/ha.

No mesmo dia do preparo do solo na área localizada em Luziânia-GO (21/08/2015), [safra 2015] foi realizada a adubação com plantadeira de oito linhas marca Semeato utilizando 450 kg/ha da formulação 08-24-12 e o plantio manual dos híbridos. As aplicações de herbicida ocorreram aos 40 e 60 dias após o plantio (DAP). Além disso, as roçagens nas entrelinhas das parcelas onde as plantas daninhas deveriam permanecer foram realizadas aos 40, 60, 75 e 95 DAP, com o objetivo de manter estas sempre a 10 cm de altura para que a competição não impedisse o desenvolvimento das plantas de milho. A roçagem foi realizada manualmente com auxílio de enxada.

No dia posterior ao preparo do solo na área da Fazenda Água Limpa (09/09/2016) [safra 2016] foi realizado o sulcamento manual com auxílio de enxadas e a adubação manual com 950 kg/ha do formulado 04-14-08. O plantio manual foi realizado em 13/09/2016. A aplicação de herbicidas ocorreu aos 40 DAP, seguidas de capinas após essa data. Além disso, as roçagens nas entrelinhas das parcelas onde as plantas daninhas deveriam permanecer foram realizadas aos 38, 60, 75 e 95 DAP, com o objetivo de manter estas sempre a 10 cm de altura para que a competição não impedisse o desenvolvimento das plantas de milho. A roçagem também foi realizada manualmente com auxílio de enxada.

4.4 Avaliação dos insetos-praga na parte aérea das plantas

Na safra 2015 foram realizadas sete avaliações da parte aérea das plantas aos 42, 49, 77, 84, 87, 105 e 112 DAP, as quais consistiram na realização de contagem direta das quantidades de adultos e imaturos de *Euxesta* spp., *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda* em 10 plantas de milho localizadas nas fileiras centrais e na porção central (descontando-se 1,5 metros do início e fim da parcela) das parcelas cultivadas no limpo e com interferência de plantas daninhas. Nas mesmas plantas escolhidas para a contagem dos insetos da parte aérea, a presença ou ausência de ataque de *S. frugiperda* às folhas também foi avaliada. Na safra 2016 foram realizadas 12 avaliações aos 31, 38, 52, 59, 66, 72, 79, 86, 94, 100, 107 e 115 DAP, utilizando os mesmos critérios descritos acima.

4.5 Avaliação da incidência de plantas daninhas nas parcelas experimentais

Nas parcelas cultivadas em associação com as plantas daninhas, foram feitas duas avaliações em cada uma das safras para verificação da quantidade e diversidade (espécie ou morfoespécie) de plantas daninhas contidas nas entrelinhas. Para tal, em cada avaliação foram selecionadas, ao acaso, duas áreas de 0,7 m² (0,7 m de largura por 1 m de comprimento) de cada parcela, localizadas nas entrelinhas centrais, sendo verificada a espécie e o número de plantas encontradas em cada uma delas no campo. Na safra 2015 essas avaliações foram realizadas aos 49 e 77 DAP e na safra 2016 aos 79 e 100 DAP.

4.6 Armadilhas

Em ambas as safras, os adultos de *Euxesta* spp. também foram monitorados através de painel amarelo adesivo de 30 x 10 cm da Isca® tecnologia (armadilhas), os quais foram mantidos entre 20 a 40 cm acima do dossel superior das plantas de milho doce, sendo em número de um por parcela e fixados em suportes de bambu de 2,5 a 3,0 m de comprimento com auxílio de arame inseridos nos orifícios dos próprios painéis. Na safra 2015 as armadilhas foram coletadas aos 40, 56, 73 e 98 DAP. Na safra 2016 as armadilhas foram coletadas aos 52, 59, 79, 100 e 115 DAP.

Os painéis coletados foram envoltos em filme de PVC transparente, identificados quanto à parcela experimental de onde foram retirados e destinados ao Laboratório de Proteção de Plantas onde foram armazenados em local refrigerado entre 10 a 15 °C até a avaliação das armadilhas. Durante a avaliação, foram contabilizados o número de adultos de *Euxesta* spp. capturados, em ambos os lados da armadilha, sob microscópio estereoscópio binocular regulado para aumento de 40x.

O intervalo em que as armadilhas permaneceram no campo foi variável entre algumas coletas e, deste modo, para efeito de análise, a quantidade de insetos coletados foi reduzida para a quantidade coletada diariamente, através da divisão da quantidade total de insetos contabilizados pelo intervalo de coleta (intervalo em que a armadilha permaneceu a campo).

4.7 Avaliação do ataque de *Euxesta* spp., de *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda* às espigas

Para constatação da presença e ataque de *Euxesta* spp., *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda* às espigas por ocasião das diferentes fases de desenvolvimento dos grãos de milho foram realizadas 3 avaliações em cada uma das safras. Na safra 2015 foram realizadas as colheitas das espigas aos 89, 109 e 123 DAP e na safra 2016 as coletas foram realizadas aos 94, 107 e 142 DAP. Em todas as avaliações, e independente da safra em questão, foram coletadas em cada parcela cinco espigas aleatoriamente na mesma porção da parcela experimental sujeita à amostragem de insetos da parte aérea.

Na primeira avaliação realizada na safra 2015, aos 89 DAP, foram avaliados o número de larvas de *Euxesta* spp., o número de lagartas de *Helicoverpa* spp., o número de lagartas de *S. frugiperda* e o escore de dano de lagartas na ponta da espiga (PIONEER, 2008). A escala de dano empregada classifica o ataque das lagartas-da-espiga (sem distinção de espécies) em níveis de severidade baseado na medição longitudinal (em cm) do dano de lagartas na ponta da espiga. Desta forma, os danos são classificados em três níveis de severidade: 0 – nula: ausência de dano nos grãos; 1 – baixa: comprimento do dano menor que 1 cm; 2 – média: comprimento do dano entre 1 cm e 2,5 cm; 3 – alta: comprimento do dano maior que 2,5 cm. O comprimento do dano às espigas foi mensurado empregando régua de 30 cm de comprimento.

Na segunda avaliação realizada na safra 2015, aos 109 DAP, além das variáveis avaliadas aos 89 DAP, foram contabilizados o comprimento e o diâmetro com e sem palha e o número de palhas das espigas. O comprimento e o diâmetro das espigas com palha foram subtraídos do comprimento e diâmetro das espigas sem palha, respectivamente, de tal forma a se obter a diferença de comprimento e diâmetro.

Na última avaliação realizada na safra 2015, aos 123 DAP, foram avaliadas além das características descritas nas demais avaliações (89 e 109 DAP), o peso com e sem palha das espigas e a quantidade de grãos totais e de grãos perdidos devido ao ataque de lagartas às espigas. À semelhança do comprimento e diâmetro, o peso das espigas com palha foi subtraído do peso das espigas sem palha, de tal forma a se obter a diferença de peso. Para estimativa dos grãos totais das espigas de milho foram contabilizados os grãos presentes em uma fileira vertical completa (sem ataque) da espiga e os grãos totais presentes em uma fileira horizontal (diâmetro) da espiga. A mesma lógica foi aplicada à estimativa dos grãos danificados, quantificando-se os vários grãos perdidos na vertical e na horizontal, de tal forma

a permitir a obtenção do número de grãos perdidos em decorrência do ataque das lagartas-da-espiga. Esses valores foram empregados para estimativa da porcentagem de grãos perdidos em decorrência do ataque das lagartas-da-espiga.

Na safra 2016, em todas as avaliações realizadas (aos 94, 107 e 142 DAP) foram avaliadas as diferenças de comprimento e diâmetro das espigas com e sem palha, a área danificada (em cm), o escore de dano de lagartas na ponta da espiga (PIONEER, 2008), a porcentagem de grãos perdidos em decorrência do ataque das lagartas às espigas, o número de palhas das espigas e as quantidades de larvas de *Euxesta* spp., lagartas *Helicoverpa* spp. e *S. frugiperda*, conforme realizado na safra 2015. Na avaliação realizada aos 142 DAP, contabilizou-se ainda a diferença entre o peso da espiga com e sem palha.

4.8 Análises estatísticas

Os dados relativos à quantidade de adultos e larvas de *Euxesta* spp., lagartas de *Helicoverpa* spp. e de *S. frugiperda* amostrados nas plantas a campo, bem como o número de plantas danificadas por *S. frugiperda*, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por medidas repetidas, seguida de teste Tukey a $p \leq 0,05$ sempre que foram detectados efeitos significativos de tratamentos, empregando o SAS software (SAS, 2002). Os dados foram transformados para $\sqrt{x} + 0,5$, quando falharam em atender algum dos pressupostos da ANOVA.

Os dados relativos à captura de adultos de *Euxesta* spp. em armadilhas do tipo painel adesivo amarelo, bem como os dados relativos à avaliação das espigas foram submetidos à ANOVA seguida de teste Tukey a $p \leq 0,05$ sempre que foram detectados efeitos significativos de tratamentos, empregando o SAS software (SAS, 2002), em cada momento de amostragem.

As características morfológicas das espigas (número de palhas, diferença entre o comprimento, o diâmetro e o peso com e sem palha), a quantidade de lagartas encontradas nas espigas e de larvas de mosca-da-espiga, o ataque mensurado através da escala de danos, a área perdida (em cm) e a porcentagem de grãos perdidos foram correlacionados entre si, dentro de um mesmo momento de avaliação. No caso da última avaliação realizada em cada safra (123 DAP em 2015 e 142 DAP em 2016), foi realizada ainda análise de correlação com a abundância de adultos de *Euxesta* spp. avaliados na parte aérea das plantas ao longo do

cultivo. Em ambos os casos, empregou-se correlação de Pearson a $p \leq 0,05$, empregando-se o SAS software (SAS, 2002), na tentativa de explicar os resultados encontrados.

Os dados relativos à avaliação das plantas daninhas nas parcelas experimentais foram empregados no cálculo da porcentagem de infestação e as plantas mais frequentes foram utilizadas para confecção de gráficos descritivos da média de infestação em cada parcela.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, C.A.; WILSON, R.L.; WISEMAN, B.R.; WHITE, W.H.; DAVIS, F.M. Conventional resistance of experimental maize lines to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae), and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology**, 93: 3, 982-988, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABSEM). Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil- ano base 2012. ABSEM, 2014. p. 47-52.

BARBOSA, N.A.; PAES, M.C.D.; TEIXEIRA, F.F.; PEREIRA FILHO, A.I.; SANT' ANA, R.C.O. Perda de massa em espigas minimamente processadas de diferentes cultivares de milho doce durante armazenamento em condições de comercialização a varejo. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: Embrapa Milho e Sorgo**, 2012. p. 3625-3629.

BASTOS, C. S.; RIBEIRO, A. V.; SUINAGA, F. A., BRITO, S. M., OLIVEIRA, A. A. S.; BARBOSA, T. M.; DOS SANTOS, P. J.; OLIVEIRA, D. V. V.; TEICHMANN, Y. S. K. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. In: Visôto, L. E. (Ed.). **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015, p. 31-72.

BEHERE, G.T.; TAY, W.T.; RUSSEL, D.A.; HECKEL, D.G.; APPLETON, B.R.; KRANTHI, K.R.; BATTERHAM, P. Mitochondrial DNA analysis of field populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and of its relationship to *H. zea*. **BMC Evolutionary Biology**, 7: 1-10, 2007.

BENASSI, V. L. R.M; RAGA, A. Influência de plantas invasoras na diversidade de insetos associados ao cafeeiro. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2009, Vitória. **Anais...Vitória: Embrapa Café**, 2009, 5p.

BERTOLACCINI, B.C.; LARSEN N.; FAVARO, J.C. Especies del género *Euxesta* (Diptera: Ulidiidae = Otitidae) plagas de maíces dulces Bt en la provincial de Santa Fe, Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, 69: 123-126, 2010.

BOIÇA JR., A.L.; MARTINELLI, S.; PEREIRA, M.F.A. Resistência de genótipos de milho ao ataque de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepdoptera: Noctuidae). **Revista Ecosistema**, 26: 86-90, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Agrofit**: sistema de agrotóxicos fitossanitário. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 17 de abril de 2015.

CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCES INTERNATIONAL (CABI). **Scientists discover new crop-destroying armyworm is now “spreading rapidly” in Africa**. Disponível em: <http://www.cabi.org/news-and-media/2017/scientists-discover-new-crop-destroying-armyworm-is-now-spreading-rapidly-in-africa/>. Acesso em 11 de fevereiro de 2017.

CAPINERA, J.L. **Corn earworm - *Helicoverpa zea***. 3 ed. Florida: Universidade da Flórida, Departamento de Entomologia e Nematologia, 2000. Disponível em: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/corn_earworm.htm. Acesso em 09 de dezembro de 2015.

CAPINERA, J.L. **Fall armyworm - *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)**. 3 ed. Florida: Universidade da Flórida, Departamento de Entomologia e Nematologia, 2005, 6p.

CARDOSO, E.T. **Genética de caracteres agronômicos e de qualidade em milho doce**. 2001. 68 f. Tese (Doutorado em Plantas de Lavoura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CARVALHO, R.A.; OMOTO, C.; FIELD, L.M.; WILLIAMSON, M.S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLOS ONE**, 8: e62268, 2013

CASTRO, Y.O.; CAVALIERI, S.D.; MOURA, A.P.; GOLYNSKI, A. Interação de plantas daninhas com insetos no sistema sucessional soja e feijão caupi no estado de Goiás. In: III JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS, 3.: 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 12p.

CIVIDANES, F. J.; BARBOSA, J. C. Efeito do plantio direto e da consorciação soja-milho sobre inimigos naturais e pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36: 235-241, 2001.

COSTA, N.P. da; SANTOS, T.M. dos; BOIÇA JUNIOR, A. L. Preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* biótipo-B em genótipos de caupi. **Acta Scientiarum**, 26: 227-230, 2004.

CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2008. p. 302-362.

CRUZ, I.; SILVA, R.B.; FIGUEIREDO, M.L.C.; PENTEADO-DIAS, A.M., DEL SARTO, M.C.L.; NUSSLY, G.S. Survey of ear flies (Diptera, Ulidiidae) in maize (*Zea mays* L.) and a new record of *Euxesta mazorca* Steyskal in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 55: 102–108, 2011.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 43:110-113, 2013.

FARIAS, C.A.; BREWER, M.J.; ANDERSON, D.J., ODVODY, G.N., XU, W.; SÉTAMOU, M. Native maize resistance to corn earworm, *Helicoverpa zea*, and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, with notes on aflatoxin content. **Southwestern Entomologist**, 39: 411-426, 2014.

FERNANDES, O.D.; PARRA, J.R.P.; NETO, A.F.; PÍ- COLI, R.; BORGATTO, A.F.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 02: 25-35, 2003.

FERREIRA, Adriano Cezar. **Condicionamento fisiológico, fitorreguladores e qualidade de sementes de milho-doce**. 2011. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FITT, G. P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. **Annual Review of Entomology**, 34: 17-52, 1989.

GATEHOUSE, J.A. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. **New Phytologist**, 156: 145-169, 2002.

GOULD, F; BLAIR, N.; REID, M.; RENNIE, T. L.; LOPEZ, J.; MICINSKI, S. *Bacillus thuringiensis*-toxin resistance management: stable isotope assessment of alternate host use by *Helicoverpa zea*. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, 99: 16581–16586, 2002.

GOYAL, G.; NUSSLY, G.S.; SEAL, D.R.; CAPINERA J.L.; STECK, G.J.; BOOTE, K.J. Distribution of picture-winged flies (Diptera: Ulidiidae) infesting corn in Florida. **Florida Entomologist**, 94: 35-47, 2011.

GOYAL, G; NUSSLY, G.S.; SEAL, D.R.; STECK, G.J., CAPINERA; J.L.; BOOTE, K.J. Alternative plants for development of picture-winged fly pests of maize. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 143: 177–184, 2012.

GUO, Y. Y. Progress in the researches on migration regularity of *Helicoverpa armigera* and relationships between the pest and its host plants. **Acta Entomologica Sinica**, 40: 1-6, 1997.

HAGSTRUM, D.W.; FLINN, P.W. Integrated pest management of stored-grain insects. In: Sauer, D.B. (Eds.). **Storage of cereal grains and their products**. 4.ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. p.535-562.

HALLAUER, A. R. Preface. In: HALLAUER, A.R. (Ed.). **Specialty corns**. 2. Ed. Florida: CRC Press, 2001. p. 3-4.

HARDWICK, D.F. The corn earworm complex. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, 97: 5-247, 1965.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estações automáticas-gráficos**. Brasília, 1:1-8, 2015. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acessado em 09 de dezembro de 2015.

KALSI, M. **Potential predators of corn-infesting picture-winged flies (Diptera: Ulidiidae) in homestead, Flórida: seasonal abundance, distribution and functional response**. 2011. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade da Flórida, Flórida.

KALSI, M.; SEAL, D.R.; NUSSLY, G.S.; CAPINERA, J.L.; MARTIN, C.G. Distribution of arthropod predators and their responses to *Euxesta* spp. (Diptera: Ulidiidae) in the laboratory and in corn fields in south Florida. **Florida Entomologist**, 97: 911-920, 2014.

KWIATKOWSKI, A; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 1: 93-103, 2007.

LEITE, N.A.; ALVES-PEREIRA, A.; CORRÊA, A.S., ZUCCHI, M.I.; OMOTO, C. Demographics and genetic variability of the new world bollworm (*Helicoverpa zea*) and the old world bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil. **PLOS ONE**, 09: e113286, 2014.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; OLIVEIRA, A.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; SANTOS, J.P.O.; TABOSA, J.N. Capacidades geral e específica de combinação em híbridos simples de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, 23: 48-56, 1999.

LUZ J.M.Q.; CAMILO J.S.; BARBIERI V.H.B.; RANGEL R.M.; OLIVEIRA R.C. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. **Horticultura Brasileira**, 32: 163-167, 2014.

MATRANGOLO W.J.R.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA; T.M.C. Densidade populacional de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) nas fases de ovo, larva e adulto em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 1: 21-28, 1998.

MAURICIO, R.; RAUSHER, M.D.; BURDICK, D.S. Variation in the defense strategies of plants: are resistance and tolerance mutually exclusive? **Ecology**, 78: 1301–1311, 1997.

MONSANTO. Seminis: **Performance Series Sweet Corn- 2015**. St. Louis, 2015, 2p. Disponível em: <http://www.seminis.com/global/us/products/Pages/Performance-Series-Sweet-Corn-Seed-Varieties.aspx>. Acesso em 09 de dezembro de 2015.

MORAL GARCIA, F.J. Analysis of the spatiotemporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, 93: 253-259, 2006.

MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M. **Boas práticas agrícolas para a produção integrada de tomate industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2009. 12 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica Embrapa, 75).

NAIS, J. **Infestação de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* em híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L.)**. 2012. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NILSSON, P.A. Predator behaviour and prey density: evaluating density-dependent intraspecific interactions on predator functional responses. **Journal of Animal Ecology**, 70: 14-19, 2001.

NUESSLY, G.S.; HENTZ, M.G. Contact and leaf residue activity of insecticides against the sweet corn pest *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae). **Journal of Economic Entomology**, 97: 496-502, 2004.

NUESSLY, G.S.; SCULLY, B.T.; HENTZ, M.G.; BEIRIGER, R.; SNOOK, M.E.; WIDSTROM, N.W. Resistance to *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetic systems. **Journal of Economic Entomology**, 100: 1887-1895, 2007.

OLIVEIRA, T.S.; SANTOS, D.C.; COSTA, F.M.; TEIXEIRA, F.F. Avaliação de características agrônomicas em híbridos-elite de milho doce. In: I SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC JUNIOR, 1., 2010, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 7p.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J.R. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas e plantas Bt**. Piracicaba: Comitê brasileiro de ação de resistência a inseticidas, ESALQ/USP, 2013. 6p.

OWENS, D.; NUESSLY, G.S., GATES, M. *Pachycrepoideus vindemniae* (Hymenoptera: Pteromalidae) as a potential natural enemy of maize-infesting Ulidiidae. **Florida Entomologist**, 98: 276-279, 2015.

PACHECO, L. A.; D.C. PAULA. 1995. **Insetos de grãos armazenados: identificação e biologia**. Campinas: Fundação Cargill, 1995. 228 p.

PAINTER, R.H. **Insect Resistance in Crop Plants**. Kansas: Kansas University Press, 1951. 520 p.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; VILLAS BOAS, G.L. Milho doce. **Informe Agropecuário**, 14: 17-22, 1990.

PAWAR, C.S.; BHATNAGAR, V.S.; JADHAV, D.R. *Heliothis* species and their natural enemies, with their potential for biological control. **Proceedings Indian Academy of Sciences**, 95: 695-703, 1986.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; GAMA, E.E.G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.17-30.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; DA COSTA, R.V. **Milho doce**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3wpdjd8h.html>. Acesso em 04 de outubro de 2015.

PIONEER. **Escore de dano de *Helicoverpa zea* na espiga**. Pioneer Hi-Bred international, Monitoramento – Brasil – Versão Português, 2008. 2 p.

POGUE, M.G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). **Annals of the Entomological Society of America**, 97: 1222-1226, 2004.

PRATISSOLI D.; OLIVEIRA, H.N. Notas científicas- Influência da idade dos ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie) no parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 891-896, 1999.

REED, W. *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. **Bulletin of Entomological Research**, 56: 127-140, 1965.

REIS, S.R.; PEREIRA, M.G.; SILVA, R.F.; MEIRELES, R.C. Efeito da heterose na qualidade de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, 33: 310-315, 2011.

REZENDE, A.M. Métodos de análise dos danos da lagarta da espiga em médias de gerações envolvendo IAC May e Zapalote Chico. **Bragantia**, 41: 57-66, 1982.

SANTOS J.P.; OLIVEIRA, A.C. **Perda de peso em grãos armazenados devido ao ataque de insetos**. Sete Lagoas: Embrapa CNPMS. 1991. 6 p. (Embrapa CNPMS. Comunicado técnico, 6).

SANTOS, L.M. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho doce e comum**. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, L.M.; REDAELLI, L.R.; 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. **Brazilian Journal of Biology**, 63: 627-633, 2003.

SAS. **The SAS system**. Version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Stuttgart: Springer Press, 2008. 462 p.

SCHELLHORN, N.A.; SORK, V.L. The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleraceae* (Brassicaceae). **Oecologia**, 111: 233-240, 1997.

SCHOONHOVEN, L.M.; VAN LOON J.J.A.; DICKE, MARCEL. **Insect-plant biology**. Oxford: Oxford University Press, 2005. 421 p.

SCULLY, B.T.; NUSSLY, G.S., HENTZ, M.G.; BEIRIGER, R.L. A rating scale to assess damage caused by the corn silk fly (*Euxesta stigmatias* Loew) (Diptera: Otitidae) on the ears of sweet corn. **Subtropical Plant Science**, 54: 34-38, 2002.

SEAL, D.R.; JANSSON, R.K. Biology and management of corn- silk fly, *Euxesta stigmatis* Loew (Diptera: Otitidae), on sweet corn in southern Florida. **Florida Agricultural Experiment Station Journal Series**, 102: 370-373, 1989.

SILOTO, R.C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae) em genótipos de milho.** 2002. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, A.V.; GUMARÃES, P.S.; MARTIN R.B. Flutuação populacional de adultos de *Euxesta* spp. na cultura do milho (*Zea mays*). In: XVII JORNADA DE BIOLOGIA DA PUC MINAS, 18. 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: PUC Minas Gerais, 2004. 1p.

SMITH, C.M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches.** Dordrecht: Springer, 2005. 423 p.

SOARES, M.A.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, G.L.D.; REIS, T.C.; SILVA, M.A. Controle biológico de pragas em grãos armazenados: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil? **Revista Unimontes Científica**, 11: 1-8, 2009.

SPECHT A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; PAULA-MORAES, S.V.; YANO, S.A.C. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48: 689-692, 2013.

STEYSKAL, G.C.; AHLRNARK, K. M. Two new species of *Euxesta* Loew (Diptera; Otitidae). **Insecta Mundi**, 9: 189-193, 1995.

TONET, G.L.; SILVA, R.F.P. Resistência de genótipos de trigo ao pulgão verde dos cereais *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hom. Aphididae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30: 299-306, 1995.

TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.). **Specialty corns.** 2. Ed. Florida: CRC Press, 2001. p. 155-198.

TRIPLEHORN, C.A., JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2001. p. 204-209.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Vegetables 2015. Summary. **National agricultural statistics service**, 2016. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/VegeSumm/VegeSumm-02-04-2016.pdf>. Acesso em 18 de fevereiro de 2017.

VALICENTE, F. H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2015. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica Embrapa, 208).

WISEMAN, B.R.; ISENHOUR, D. J. Resistance in sweet corn to corn earworm larvae. **Agriculture Entomology**, 11: 157-163, 1994.

YU, S.J. insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 39: 84-91, 1991.

ZALUCKI, M.P. et al. The biology and ecology of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? **Australian Journal of Zoology**, 34: 779-814, 1986.

ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I.C.B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, 34: 480-487, 2012.