

BASES PARA A TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

por

NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES SOUSA

(Sob Orientação do Dr. Miguel Michereff Filho – CNPH e Jorge Braz Torres - UFRPE)

RESUMO

O tomateiro possui importância mundial como alimento *in natura* e para processamento industrial. Entretanto, infestações de pragas reduzem a produtividade, com destaque para a ocorrência da *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), em especial, no Brasil, pela sua recente introdução. O impacto econômico desta praga em tomateiro está associado a redução direta na produção devido ao broqueamento dos frutos. Portanto, estudos para a caracterização das perdas, como também, as mensurações dos níveis populacionais para orientar a adoção de controle são necessárias. O monitoramento da *H. armigera* foi realizado com armadilhas de feromônio sexual em 11 áreas comerciais de tomate para processamento industrial (80 a 120 hectares cada) durante as safras de 2015 e 2016. Também, o nível de dano econômico (NDE) foi determinado mediante o confinamento de plantas de tomate na fase reprodutiva, em gaiolas em campo, e infestadas com larvas de segundo instar, em 2017 e 2018. A captura de adultos em armadilha de feromônio foi positivamente correlacionada com a infestação de ovos, larvas e porcentagem de frutos broqueados na planta. Referente à avaliação de perdas em tomateiro confinado em gaiolas, diferenças significativas foram encontradas nas relações entre a densidade larval, porcentagem de frutos broqueados, produção e perda de rendimento. O NDE variou entre 1,23 a 3,08 larvas por metro linear de plantas nas duas safras. Com base nos

resultados da porcentagem de frutos broqueados acumulados em função da captura acumulada de adultos em armadilha iscada com feromônio sexual, sugere-se a tomada de decisão de controle de *H. armigera* quando for capturado de 5 a 8 adultos por armadilha acumulado na semana. Ainda, a depender do custo de controle e valor da produção, o nível de controle recomendado varia entre 0,99 a 2,46 larvas de *H. armigera* por metro linear de plantas de tomateiro para processamento industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo integrado de pragas, lagarta-do-tomate, custo de controle, feromônio sexual, nível de dano econômico.

BASES FOR CONTROL DECISION OF *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)

(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN PROCESING TOMATO

por

NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES SOUSA

(Under the Direction of Dr. Miguel Michereff Filho – CNPH and Jorge Braz Torres - UFRPE)

ABSTRACT

Tomato cropping is relevant worldwide and the fruits are commercialized as fresh food or for industrial processing. Pest infestation, however, reduces tomato yield with *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) considered as key insect pest of tomatoes, in special, in Brazil due to its recent record of introduction. The pest status is directly associated to the fruit damage. Thus, studies to determine yield losses and other information to help control decision are needed. The monitoring of *H. armigera* infesting 11 tomato fields for processing (80 to 120 hectares each) using traps lured with sex pheromone was carried out during 2015 and 2016 crop seasons. Further, the determination of crop losses during fruiting stage was done using field cages and artificial infestation with 2nd-instar larvae during 2017 and 2018. Adult moth fluctuation monitored with pheromone traps correlated positively with densities of eggs and larvae, and percentage of damaged fruits. Concerning the evaluation of losses for caged tomatoes plants there were significant relationship of damaged fruits with yield decrease. The economic threshold (ET) level varied from 1.23 to 3.08 larvae per linear meter of tomatoes in 2017 and 2018 trials, respectively. Based on the results of the percentage of damaged fruits accumulated as a function of the adults captured in a sex pheromone traps suggest decision to control *H. armigera* when catching 5 to 8 adults per trap accumulated per week. Thus, depending on control costs and yield value, the decision for recommending curative control against *H.*

armigera larvae varies between 0.99 and 2.46 larvae per linear meter of plants for processing tomatoes.

KEY WORDS: Integrated pest management, tomato fruitworm, control cost, sex pheromone, economic injury level.

BASES PARA A TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

por

NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES SOUSA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2019

BASES PARA A TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

por

NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES SOUSA

Comitê de Orientação:

Miguel Michereff Filho – CNPH

Jorge Braz Torres – UFRPE

BASES PARA A TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

por

NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES SOUSA

Orientadores:

Miguel Michereff Filho – CNPH

Jorge Braz Torres – UFRPE

Examinadores:

José Ednilson Miranda - CNPA

Marcos Gino Fernandes – UFGD

José Vargas de Oliveira – UFRPE

DEDICATÓRIA

À Deus, por estar comigo em todos os momentos. Aos meus pais, Iranildes e Heronides (*in memoriam*) pelo exemplo de luta e por todo amor e carinho.

“AINDA que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine. E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria. O amor é sofredor, é benigno; o amor não é invejoso; o amor não trata com leviandade, não se ensoberbece. Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.” (I Coríntios 13: 1, 2, 4 e 7)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo amor e graça que tem derramado sobre a minha vida, durante esse longo trajeto da vida acadêmica, guiando os meus passos e trazendo paz em meio as turbulências. Por ter permitido eu chegar até aqui, ter vivenciado tudo que vivi, pelas coisas boas e as ruins também.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela realização do curso de doutorado em Entomologia Agrícola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão a bolsa de estudos.

Aos meus orientadores (pais), Dr. Miguel Michereff Filho e Dr. Jorge Braz Torres pela orientação, conselhos, sugestões e auxílio na execução dos experimentos e manuscrito. Que Deus retribua a vocês em amor, luz e saúde.

À Embrapa Hortaliças pela disponibilização da infraestrutura e logística, para execução das atividades relacionadas ao presente estudo.

Aos professores do PPGEA da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo conhecimento adquirido durante as disciplinas do curso de doutorado.

À flor mais linda, Iranildes Nunes de Magalhães Sousa e ao meu pai Heronides Pires de Sousa (*in memoriam*), por me ensinarem a lutar pelo que acredito e serem meu porto seguro.

À família Magalhães, a família que Deus me presenteou na terra. Pela união e amor, pelos momentos de descontração e apoio em todas as decisões.

Ao meu Lindo (José Luiz Pereira), companheiro para todas as horas, amigo e luz na minha vida.

Ao grupo Sorgatto Agroindustrial e Agropecuária Agriter Ltda. que permitiram a realização do estudo nas suas áreas de produção de tomate para processamento industrial. Ao gerente agrícola Maurício Bakalarczyk (Sorgatto), ao gerente agrícola Lupersy Bassan (Agriter), pelo apoio logístico durante os levantamentos. Ao técnico agrícola Adoilson Filho (Sorgatto), pelo suporte e informações prestadas referente as áreas de cultivo (pivô).

Ao pesquisador da Embrapa Hortaliças e grande amigo MSc. Antônio Williams Moita pela amizade, conselhos, momentos de descontração e sugestões nas análises estatísticas.

Aos pesquisadores da, Dra. Alice Quezado (informações sobre a cadeia produtiva/sistema de produção de tomate para processamento industrial), MSc. Raphael Melo (informações sobre manejo fitotécnico e fenologia do tomateiro), PhD. Maria Esther Boiteux (sequenciamento de DNA para identificação de *Helicoverpa armigera*) e Dr. Alexandre Specht (identificação morfológica de *Helicoverpa armigera*).

À equipe do laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, Moises, Marcus, Alan, Paloma, Jefferson e Flávio que contribuíram para a concretização desse trabalho, pelo ombro amigo e as boas risadas também. Eu me orgulho em dizer que tive a melhor equipe.

Aos funcionários e técnicos dos campos experimentais da Embrapa Hortaliças. Em especial ao Frederico, Piauí, Zé Carlos, Ronan, Reginaldo, Raimundo, Itamar, Divino, Seu Vitor, Tião Bala, Wilson e Mourão pela contribuição na execução dos experimentos de campo.

Aos funcionários do laboratório de biologia celular da Embrapa Hortaliças, pela disponibilização dos equipamentos para avaliação dos experimentos.

As amigas que a Embrapa me presenteou Cristina Gravina, Karla Aires e Patrícia Silva. Muita luz e paz na vida de vocês, que Deus retribua todo o carinho e acolhimento. Em especial, a Cecília Rodrigues, amiga conselheira de todas as horas.

Aos senhores Carlos Frederico e Sebastião Godoy do Centro de Transferência de Raças Zebuínas Leiteiras, por disponibilizarem o alojamento. Em especial a Pércia, Carol e Diene amigas que Deus me presenteou.

As amigas que a biologia me deu, Su, Nay, Tay e Bia. Aos agregados Cris e Ramon.

Aos amigos que convivi durante as disciplinas no PPGEA-UFRPE, Gui, Alê, Paolo, Tâmara, Rozi, Andreso, Cris, Tayron, Juan, Alice, Lucas, Nathalia. Em especial a Aline e ao Paulo, pelo apoio e ombro amigo que me deram, vocês são luzes!

Aos amigos da Igreja Batista Missionária e ao pastor José Bartolomeu pelos ensinamentos e ajuda nos momentos de ansiedade. Aos amigos do “Selva”, Fagner, Carlos ‘Touca’, Camila, Soma, Bárbara, Renata e demais, pelas aventuras, risadas e energia positiva.

A todos aqueles que colaboraram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, agradeço.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	8
2 MONITORAMENTO DE ADULTOS DE <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE EM TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL.....	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	19
RESUTADOS	21
DISCUSSÃO.....	23
AGRADECIMENTOS.....	27
LITERATURA CITADA.....	28
3 AVALIAÇÃO DE PERDAS E DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL .	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41

MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS.....	49
DISCUSSÃO.....	51
AGRADECIMENTOS.....	55
LITERATURA CITADA.....	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. = *Lycopersicon esculentum* Mill.) é originário da região andina da América do Sul, compreendida pelo Equador, Colômbia, Peru, Bolívia e o norte do Chile (Sims 1980, Ferreira *et al.* 2010). Posteriormente, foi levado para os demais continentes por colonizadores europeus (Nuez 2001, Colvine & Branthôme 2016). O tomateiro é uma dicotiledônea, pertencente à família Solanaceae, perene e de porte arbustivo, cultivada anualmente com desenvolvimento em três formas distintas, rasteira, semi-ereta ou ereta (Filgueira 2008). Desenvolve-se melhor em condições amenas, com temperaturas entre 15 e 19 °C, e altitudes maiores que 1000 metros. Entretanto, a planta pode ser cultivada em diferentes climas, como tropical de altitude, subtropical e temperado (Filgueira 2008).

O tomate é consumido mundialmente, possuindo importância econômica e social. É fonte de vitaminas A, B1, B2, B6, C, E, e minerais como fósforo, potássio, magnésio, manganês, zinco, cobre, sódio, ferro e cálcio (Jaramillo *et al.* 2007, Gaur & Goyal 2016). Possui efeitos benéficos como a prevenção de doenças, principalmente o câncer e patologias cardíacas, por ser fonte de licopeno, um carotenoide vermelho (Gaur & Goyal 2016). Esse pigmento tem propriedades antioxidante capaz de neutralizar a ação dos radicais livres ligados ao envelhecimento e degeneração das células (Candelas-Cadilho 2005, Jaramillo *et al.* 2007). Possui grande importância na dieta humana, devido à sua versatilidade de uso, podendo ser consumido *in natura* ou na sua forma processada (extratos, molhos prontos, *catchup* e suco) (Gaur & Goyal 2016).

A produção mundial do tomate, em 2017, foi de aproximadamente 160 milhões de toneladas, cerca de 40 milhões foram destinadas à indústria (Pathak & Stoddard 2018). Os

principais países produtores de tomate são China (40,8%), Índia (14,7%), Estados Unidos (10,1%) e Turquia (9,5%), sendo o Brasil o oitavo produtor. Em 2017, a produção nacional foi de 4,3 milhões de toneladas, tendo como maiores produtores os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais (AGRIANUAL 2017). Nesses três estados é colhida mais de 60% da produção brasileira (IBGE 2018).

Vários fatores contribuem para a redução da produtividade na cultura do tomateiro, com destaque para a incidência de pragas e doenças (Pratissoli & Carvalho 2015). Dentre os insetos considerados pragas-chave da cultura do tomateiro no Brasil, destacam-se os vetores de fitovírus como mosca-branca [*Bemisia tabaci* (Genn.) grupo MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae)] e tripes [*Frankliniella schultzei* (Trybom), *F. occidentalis* (Pergande), *Thrips palmi* (Karny) e *T. tabaci* (Lindeman) (Thysanoptera: Thripidae)], os broqueadores de frutos como a traça-do-tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)], broca-pequena [*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), e a lagarta-do-tomate [*Helicoverpa armigera* (Hübner)] (Souza & Reis 2003, Pratissoli & Carvalho 2015), embora possam variar em importância de região para região.

Dentre essas pragas do tomateiro, *H. armigera* apresenta distribuição mundial (Zalucki *et al.* 1986, Guo 1997, EPPO 2018). Nas Américas, sua ocorrência não havia sido documentada até 2013, quando infestações em diferentes lavouras foram registradas em várias regiões agrícolas do Brasil (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013, Tay *et al.* 2013) e no Paraguai (Senave 2013). Posteriormente, a ocorrência foi relatada na Argentina (Murúa *et al.* 2014), Bolívia (Kriticos *et al.* 2015) e no Uruguai (Castiglioni *et al.* 2016). Também, as recentes interceptações desta praga nos Estados Unidos da América e condições favoráveis para o seu estabelecimento na região, servem de alerta ao risco de introdução neste país e em países vizinhos (El-Lissy 2015, Kriticos *et al.* 2015).

No mundo, já foram documentadas infestações de *H. armigera* em cerca de 180 espécies de plantas, pertencentes à 45 famílias, dentre elas, Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae e Solanaceae (Zalucki *et al.* 1986, Fitt 1989, Tay *et al.* 2013). No Brasil, a presença de larvas foi registrada em várias culturas de importância econômica como a soja, milho, algodão, feijão, tomate, sorgo, citros e pastagens (Czepak *et al.* 2013, Bueno & Sosa-Gómez 2014).

Helicoverpa armigera é uma das pragas-chave de grande importância no tomateiro em vários países (Cameron *et al.* 2001, Torres-Vila *et al.* 2003). Os adultos possuem atividade predominantemente crepuscular permanecendo em repouso durante o dia (Hardwick 1965). Além disso, esse noctuídeo é influenciado pela temperatura, umidade do ar e fotoperíodo. Dessa forma, ocorrem variações no número de gerações de acordo com o ano e o local de ocorrência (Hardwick 1965, Martins 1990). As fêmeas apresentam longevidade média de 11,7 dias e os machos de 9,2 dias (Ali & Choudhury 2009). Os adultos são atraídos por flores que produzem néctar, sendo um recurso importante na seleção do hospedeiro, influenciando sua capacidade de oviposição (Zalucki *et al.* 1986, Fitt 1989, Cunningham *et al.* 1999, Cameron *et al.* 2001).

Adultos de *H. armigera* possuem alta capacidade de dispersão, o que contribui para a sua ampla distribuição geográfica, além de apresentarem diapausa facultativa, polifagia, alta fecundidade e propensão para o desenvolvimento da resistência aos inseticidas usados incorretamente, favorecendo a sua expansão e o status de praga mundial (Zalucki *et al.* 1986, Fitt 1989, Torres-Vila *et al.* 2002). As fêmeas desta espécie possuem asas anteriores na tonalidade marrom, enquanto os machos apresentam a coloração cinza-esverdeada com uma pequena mancha escurecida no centro da asa e uma banda levemente mais escura no terço distal da asa posterior (Ali & Choudhury 2009). Assim, como outros lepidópteros, apresenta metamorfose completa. Os ovos de *H. armigera* possuem coloração branco-amarelado com aspecto brilhante após serem depositados, adquirindo a coloração marrom-escura próximo da

eclosão das larvas (Zalucki *et al.* 1986). O período de incubação dos ovos ocorre, em média, em 3,3 dias (Ali & Choudhury 2009).

A fase larval possui o desenvolvimento em seis instares distintos que pode variar de 11 a 22 dias de duração em função de vários fatores como condições climáticas e hospedeiros (Casimero *et al.* 2000). Nos primeiros instares larvais mantém preferência por partes tenras das plantas, podendo produzir um tipo de teia protetora cuja os fios facilitam a dispersão (Ávila *et al.* 2013, Johnson *et al.* 2006). A fase larval causa injúrias indiretas, devido a alimentação de partes como folhas e caules, e direta com ataque em frutos, vagens e inflorescências, ocasionando perdas na fase vegetativa e reprodutiva da planta hospedeira (Reed 1965, Zalucki *et al.* 1986). Apesar das larvas se alimentarem de várias estruturas da planta, preferem as suas estruturas reprodutivas como flores e frutos de diferentes idades (Zalucki *et al.* 1986). Em tomateiro, o consumo da polpa dos frutos na forma de perfurações e galerias resulta em frutos deformados (Nazarpour *et al.* 2015, Pratissoli *et al.* 2015). O fruto jovem quando broqueado pode ser abortado pela planta, principalmente se for pequeno ($\pm 2,5$ cm de diâmetro), e grande parte do seu conteúdo interno for consumido (Zalucki *et al.* 1986). Os orifícios de alimentação tornam o fruto suscetível a entrada para infecções secundárias por microrganismos saprófitos, que levam o fruto ao apodrecimento (Fitt 1989).

A pupa de *H. armigera* apresenta coloração marrom e superfície arredondada na região terminal, a duração desse estágio varia entre 10 a 14 dias ocorrendo no solo, podendo entrar em diapausa de acordo com as condições climáticas (Karim 2000, Ali & Choudhury 2009).

A disponibilidade de alimento durante todo o ano em clima subtropical e tropical, como no Brasil, favorece a presença quase constante dessa praga na paisagem agrícola. Com a disponibilidade de condições favoráveis e hospedeiros, o aumento populacional resulta em perdas severas em diferentes culturas (Fitt 1989, Feng *et al.* 2009). No Brasil, e na região desse estudo (Centro-Oeste), hospedeiros preferenciais da *H. armigera*, como a soja, milho, grão-de-

bico e o algodão podem compartilhar a mesma paisagem agrícola que o tomateiro (Pessoa *et al.* 2016). Nesta região, o estágio reprodutivo do algodoeiro (março-junho) é concomitante com o início do plantio e florescimento do tomate (fevereiro-maio), criando uma zona transitória na forma de “ponte verde” para a dispersão da *H. armigera* entre as culturas em escala de paisagem (Michereff Filho *et al.* 2018). Maior atenção relativa ao cultivo de grão-de-bico deve ser preconizada, pois a cultura está em expansão no Brasil, com projeções em área de Cerrado. Essa cultura pode aumentar os riscos de ocorrência de surtos populacionais de *H. armigera* na microrregião de Cristalina-GO, pois é um hospedeiro que favorece o seu desempenho biológico (Razmjou *et al.* 2014). Além disso, o plantio da cultura é concomitante com o período de cultivo do tomate (Artiaga *et al.* 2015).

O impacto econômico devido as perdas na produção ocasionadas por *H. armigera* foi registrado em países como Austrália, China e Índia, considerada praga-chave na cultura do algodão (Downes *et al.* 2007). No mundo, anualmente são perdidos mais de US\$ 2 bilhões, devido aos danos causados por *H. armigera* em diversas culturas, excluindo custos socioeconômicos e ambientais (Tay *et al.* 2013). Esta praga tem importância econômica em cultivos de tomateiro em vários países (Arnó *et al.* 1999, Cameron *et al.* 2001, Torres-Vila *et al.* 2003). Na Índia foi constatado que *H. armigera* causa perda de rendimento de até 35% em tomate (Dhandapani *et al.* 2003). No oeste da Bahia, produtores relataram infestações na soja, milho e, principalmente, no algodão, durante a safra de 2012/2013, chegando a perdas estimadas em 800 milhões de dólares (Bueno & Sosa-Gómez 2014). A ocorrência dessa praga preocupa a cadeia produtiva do tomateiro em diferentes segmentos (tomate tutorado para mesa, tomate rasteiro para mesa e para processamento industrial e produção orgânica).

Os tomates destinados ao processamento industrial devem apresentar coloração vermelho-intensa, uniformidade, livre de danos mecânicos e fisiológicos, pragas e doenças (Alvarenga & Souza 2004). Entretanto, são tolerados frutos com defeitos graves, como, broqueados (com a

presença de insetos ou furos), verdes, mofados e outros, dentro dos limites estabelecidos pela portaria nº 278, de 30 de novembro de 1988, do Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento (EMBRAPA 2018). Os padrões de qualidade variam de acordo com o uso final do produto e, principalmente, da demanda do mercado (Cameron *et al.* 2001). No Brasil, para frutos da classe especial, o mais alto padrão de qualidade, a tolerância de danos graves é <10% (Alvarenga & Souza 2004, EMBRAPA 2018). Na Espanha, o padrão de qualidade é acordado entre as indústrias de processamento e os produtores de tomate. Nesse contexto, a tolerância de danos pode variar de 2 a 5% de frutos broqueados sem a presença de larvas (Torres-Vila *et al.* 2003). Até 10% de dano pode ser tolerado para o tomate destinado à indústria na Nova Zelândia (Walker & Cameron 1990). Herman & Cameron (1993) relacionaram metade desse dano, ou seja, 5% a infestação por *H. armigera*.

O controle químico é o principal método usado visando a redução populacional de larvas de *H. armigera*, em diferentes partes do mundo (Torres-Vila *et al.* 2000, Fathipour & Sedaratian 2013). No entanto, há vários relatos de sérios problemas, principalmente a seleção de populações resistentes a diferentes classes de inseticidas (Gunning *et al.* 2005, Mironidis *et al.* 2013, Yang *et al.* 2013). Na Turquia (Konus & Karaagaç 2014), Índia (Chaturvedi 2007) e Espanha (Torres-Vila *et al.* 2002) foram encontradas populações resistentes a piretroides. Existem registros na Austrália de resistência ao endosulfan (organoclorado), organofosforados, carbamatos, clorantraniliprole e indoxacarbe (Zalucki *et al.* 2009, Bird *et al.* 2017). Qayyum *et al.* (2015) relataram resistência de populações paquistanesas de *H. armigera* ao profenofós, clorpirifós, deltametrina, cipermetrina, clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, abamectina e benzoato de emamectina. Neste mesmo trabalho, também, há evidências que novos produtos químicos (clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, abamectina e benzoato de emamectina) apresentaram níveis de resistência mais baixo, comparados aos organofosforados e piretroides testados. Estudo recente publicado no Brasil, evidencia populações de *H. armigera* resistentes a

piretroides, associada a alta frequência do gene CYP337B3 do citocromo P450 (Durigan *et al.* 2017).

A utilização de inseticidas continua sendo uma ferramenta indispensável no controle da *H. armigera* (Torres-Vila *et al.* 2000). No entanto, a eficácia de controle da praga abaixo do esperado na cultura do tomateiro, geralmente leva a aplicações sucessivas e de forma calendarizada pelos produtores brasileiros. O uso abusivo de inseticidas incide no aumento do número de aplicações por safra, elevando conseqüentemente o custo de produção (Michereff Filho & Michereff 2017). Essa prática desencadeia uma série de problemas, como surtos de pragas secundárias, aparecimento de novas pragas, eliminação dos artrópodes benéficos (inimigos naturais e polinizadores) na lavoura, os quais podem ser responsáveis pela supressão da praga alvo ou a supressão de outros artrópodes fitófagos (Fathipour & Sedaratian 2013, Michereff Filho & Michereff 2017). Portanto, a racionalização do uso dos inseticidas com conseqüente redução dos efeitos negativos no agroecossistema é de extrema importância, e pode ser contemplado através da adoção de sistemas de monitoramento e de parâmetros para tomada de decisão de controle, como o nível de dano econômico e nível de controle (Torres-Vila *et al.* 2000, 2002, Pretty & Bharucha 2015).

O nível de dano econômico (NDE) é definido como a densidade populacional da praga capaz de causar perdas à cultura, igual ao custo da adoção dos métodos de controle (Pedigo *et al.* 1986, Pedigo & Riley 1992, Riley 2008). Segundo as definições de Stern *et al.* (1959), o nível de controle (NC) é baseado na densidade populacional, na qual o controle deve ser iniciado prevenindo o aumento populacional da praga que venha exceder o nível de dano econômico.

A tomada de decisão para o controle de *H. armigera*, em lavouras no Brasil, é baseada nas informações disponíveis em outros países, devido à escassez de informações dessa praga no país. Portanto, são necessários estudos voltados à caracterização das perdas ocasionadas por essa praga em diferentes culturas, como também o estabelecimento dos níveis populacionais para

subsídio à tomada de decisão de seu controle. Níveis de dano econômico (NDE) de *H. armigera* já foram estabelecidos em outros países em culturas como tomate, grão-de-bico, soja e feijão (Cameron *et al.* 2001, Torres-Vila *et al.* 2003, Zahid *et al.* 2008, Rogers & Brier 2010, Stacke *et al.* 2018). O NDE para *H. armigera* na fase reprodutiva da soja (*Glycine max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram de 2,31 e 0,74 larvas/m², respectivamente (Rogers & Brier 2010). Cameron *et al.* (2001) na Nova Zelândia, determinou o NDE de 1 larva por planta na cultura de tomateiro. Na cultura do grão-de-bico em Bangladesh, o NDE proposto por Zahid *et al.* (2008) variou de 1,2 a 0,9 larva/m linear. Nas condições brasileiras, essa informação é inexistente na cultura do tomateiro, como também, em outras culturas de importância econômica como milho e algodão.

A determinação do NDE é de fundamental importância para a adoção de táticas de controle da praga, como exemplo, o uso de inseticidas (químicos ou biológicos), o qual deve ser realizado quando os níveis populacionais da praga justificam economicamente o seu controle curativo (Higley & Pedigo 1992). A partir da adoção do NDE espera-se reduzir gastos com aplicações desnecessárias de produtos e, conseqüentemente, garantir os benefícios econômicos e ambientais que possam ser gerados com a racionalização do uso dos inseticidas.

Literatura citada

- AGRIANUAL. 2017.** Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP Consultoria & Comércio, 472p.
- Ali, A. & R.A. Choudhury. 2009.** Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian J. Pl. Prot. 4: 99-106.
- Alvarenga, M. & R.D, Souza. 2004.** Comercialização, colheita, classificação e embalagens, p. 367-393. In M.A.R. Alvarenga. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras, MG, Editora UFLA, 455p.
- Arnó, J., R. Gabarra, J. Roig, T. Fosch & B.J. Bieche 1999.** Integrated pest management for processing tomatoes in the Ebro Delta (Spain). Acta Hort. 487: 207-211.

- Artiaga, O.P., C.R. Spehar, L.S. Boiteux & W.M. Nascimento. 2015.** Evaluation of chickpea genotypes under rain-fed conditions in the Brazilian 'Cerrado' region. *Rev. Bras. Ciênc. Agric.* 10: 102-109
- Ávila, C.J., L.M. Vivan & G.V. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (circular técnica 23)
- Bird, L.J., L.J. Drynan & P.W. Walker. 2017.** The Use of F2 Screening for Detection of Resistance to Emamectin Benzoate, Chlorantraniliprole, and Indoxacarb in Australian Populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 110: 651-659.
- Bueno, A.F. & D.R. Sosa-Goméz. 2014.** The old world bollworm in the Neotropical region: the experience of Brazilian growers with *Helicoverpa armigera*. *Outlook Pest. Manag.* 25: 1-4.
- Cameron, P.J., G.P. Walker, T.J.B. Herman & A.R. Wallace. 2001.** Development of economic thresholds and monitoring systems for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 94: 1104-1112
- Candelas-Cadillo, M.G., M.G.J. Alanís-Guzmán, M. Bautista-Justo, F. Del Río-Olague & C. García-Díaz. 2005.** Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersion lycopene content in spray-dried tomato juice. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 4: 299-307.
- Casimero, V., R. Tsukuda, F. Nakasuji & K. Fujisaki. 2000.** Effect of larval diets on the survival and development of larvae in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 35: 69-74.
- Castiglioni, E., C.R. Perini, W. Chiaravalle, J.A. Arnemann, G. Ugalde & J.V.C. Guedes. 2016.** Primer registro de ocurrencia de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) en soja, en Uruguay. *Agrocien. Urug.* 20: 31-35.
- Chaturvedi, I. 2007.** Status of insecticide resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). *J. Cent. Eur. Agr.* 8: 171-182.
- Colvine, S. & F.X. Branthôme. 2016.** The tomato: A seasoned traveller, p. 1-5. In *The tomato genome*. Berlin, Springer, 635p.
- Cunningham, J.P., M.P. Zalucki & S.A. West. 1999.** Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. *Bull. Entomol. Res.* 89: 201-207.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesq. Agropec. Trop.* 43:110-113.
- Dhandapani, N.U., R. Shekhar & M. Murugan. 2003.** Bio-intensive pest management (BIPM) in major vegetable crops: an Indian perspective. *Food Agric. Environ.* 1:333-339.

- Downes, S., R. Mahon & K. Olsen. 2007.** Monitoring and adaptive resistance management in Australia for Bt-cotton: current status and future challenges. *J. Invertebr. Pathol.* 95: 208-213.
- Durigan, M.R., A.S. Corrêa, R.M. Pereira, N.A. Leite, D. Amado, D.R. Sousa & C. Omoto. 2017.** High frequency of CYP337B3 gene associated with control failures of *Helicoverpa armigera* with pyrethroid insecticides in Brazil. *Pest. Biochem. Physiol.* 143: 73-80.
- EPPO. European Plant Protection Organization. 2018.** *Helicoverpa armigera*. Paris. Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR/distribution>. Acessado em: 20/06/2018.
- El-Lissy, O. 2015.** Detection of Old World bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Florida. Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/DA-2015-43.pdf. Acessado em: 15/01/2019.
- Fathipour, Y. & A. Sedaratian. 2013.** Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems, p. 231-280. In H. El-Shemy (ed.), Soybean-pest resistance. Rijeka, Croatia, InTech, 280p.
- Feng, H., X. Wu, B. Wu & K. Wu. 2009.** Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *J. Econ. Entomol.* 102: 95-104.
- Ferreira, S.M.R., R.J.S. Freitas, E.N.L. Karkle, D.A.Q. Quadros, L.T. Tullio & J.J. Lima. 2010.** Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. *Ciênc. Tecnol. Alim.* 30: 224-230.
- Filgueira, F.A.R. 2008.** Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV, 412p.
- Fitt, G.P. 1989.** The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 17-52.
- Gaur, I. & S.K. Goyal. 2016.** Climate change and tomato processing industry, p. 71-76. In R.K. Rao (ed.), Climate change and its implications on crop production and food security. Karaundi, Mahima, 358p.
- Gunning, R., H. Dang, F. Kemp, I. Nicholson & G. Moores. 2005.** New resistance mechanism in *Helicoverpa armigera* threatens transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac toxin. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 2558-2563.
- Guo, Y.Y. 1997.** Progress in the researches on migration regularity of *Helicoverpa armigera* and relationships between the pest and its host plants. *Acta Entomol. Sin.* 40: 1-6.
- Hardwick, D.F. 1965.** The corn earworm complex. *Mem. Entomol. Soc. Canada* 40: 1-247.
- Herman, T.J.B. & P. J. Cameron. 1993.** The value of IPM in processing tomatoes, p. 61-67. In D.M. Suckling & A.J. Popay (eds.), Plant Protection: Costs, Benefits and trade Implications. Lincoln, New Zealand: N.Z. Plant Protection Society, 161p.

- Higley, L.G. & L.P. Pedigo 1993.** Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. *Agric. Ecosys. Environ.* 46: 233-243.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.** Levantamento sistemático da produção agrícola, tomate: produção e área. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acessado em: 04/07/18.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata & T. Rengifo. 2007.** Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Medellín, FAO, 315p.
- Johnson, M. L., D.J. Merritt, B.W. Cribb, C. Trent & M.P. Zalucki. 2006.** Hidden trails: visualizing arthropod silk. *Entomol. Exp. Appl.* 121: 271-274.
- Karim, S. 2000.** Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. *Pak. J. Biol. Sci.* 3: 1213-1222.
- Konus, M. & S.U. Karaagaç. 2014.** Determination of resistance ratios of the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* (Hübner)) against insecticides in Adana. *Anadolu J. Agric. Sci.* 29:106-112.
- Kriticos D.J., N. Ota, W.D. Hutchison, J. Beddow, T. Walsh, W.T. Tay, D.M. Borchert, S.V. Paula-Moraes, C. Czepak & M.P. Zalucki. 2015.** The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: Is it just a matter of time? *PLoS One* 10: e0119618.
- Martins, F. 1990.** Grau de ataque de *Heliothis armigera* em tomate de indústria. I Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas 1:154-159.
- Michereff Filho, M. & M.F.F. Michereff. 2017.** Controle de pragas na agricultura brasileira: estamos no rumo da sustentabilidade? p. 287-315. In C.A. Lopes & M.T.M. Pedroso (eds.), *Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática*. Brasília, DF, Embrapa, 433p.
- Michereff Filho, M., M.E.N.F. Boiteux, L. Boiteux, A. Specht, A. Moita, K.F.A. Silva, P.S. Silva & N.C.M. Sousa. 2018.** Levantamento de espécies de noctuídeos em cultivos de tomateiro no Brasil. Brasília, Embrapa Hortaliças, 36p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 159).
- Mironidis, G.K., D. Kapantaidaki, M. Bentila, E. Morou, M. Savopoulou-Soultani & J. Vontas. 2013.** Resurgence of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* in northern Greece associated with insecticide resistance. *Insect Sci.* 20: 505-512.
- Murúa, M. G., F.S. Scalora, F.R. Navarro, L.E. Cazado, A. Casmuz, M.E. Villagrán & G. Gastaminza. 2014.** First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Fla. Entomol.* 97: 854-856.
- Nazarpour, L., F. Yarahmadi, A. Rajabpour & M. Saber. 2015.** Efficacy of augmentative release of *Habrobracon hebetor* Say (Hym. Braconidae) for biological control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Natural Resource Management and*

Rural Development. Disponível em: <http://www.tropentag.de/2015/abstracts/full/135.pdf>.
Acessado em: 11/11/18.

Nuez, F. 2001. El Cultivo de Tomate. Madrid, Editorial Mundi-Prensa, 793 p.

Pathak, T.B & C.S. Stoddard. 2018. Climate change effects on the processing tomato growing season in California using growing degree day modeling. *Model. Earth Model. Earth Syst. Environ.* 4: 765-775.

Pawar, C.S., V.S. Bhatnagar & D.R. Jadhav. 1986. *Heliothis* species and their natural enemies, with their potential for biological control. *Proc. Indian Acad. Sci.* 95: 695-703.

Pedigo, L.P., S.H. Hutchins & L.G., Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341-68.

Pedigo, L.P. & L.G.A Higley. 1992. New perspective of the economic injury level concept and environmental quality. *Am. Entomol.* 38: 12-21.

Pessoa, M.C.P.Y., J.S. Marinho-Prado, L.A.N. Sá, R. Mingoti, W.A. Holler & C.A. Spadotto. 2016. Priorização de regiões do Cerrado brasileiro para o monitoramento de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesqu. Agropec. Bras.* 51: 697-701.

Pratissoli, D. & J.R. Carvalho. 2015. Guia de campo: pragas da cultura do tomateiro. Alegre, UFES, 35p.

Pretty, J. & Z.P. Bharucha. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 6: 152-182.

Qayyum, M.A., W. Wakil, M.J. Arif, S. T. Sahi, N.A. Saeed & D.A Russell. (2015). Multiple resistances against formulated organophosphates, pyrethroids, and newer-chemistry insecticides in populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Pakistan. *J. Econ. Entomol.* 108: 286–293.

Razmjou, J.,B. Naseri & S.A. Hemati. 2014. Comparative performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *J. Pest Sci.* 87: 29-37.

Reed, W. 1965. *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. *Bull. Entomol. Res.* 56: 127-140.

Riley, D.G. 2008. Economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) concepts in pest management, p. 1282-1286. In J.L. Capinera (ed.), *Encyclopedia of entomology*. Dordrecht, Springer, 4346p.

Rogers, D.J. & H.B. Brier. 2010. Pest-damage relationships for *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean (*Glycine max*) and dry bean (*Phaseolus vulgaris*) during pod-fill. *Crop Prot.* 29: 47–57.

Senave en alerta tras ingreso de peligrosa plaga agrícola. 2013 ABC Color, Disponível em: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/senave-en-alerta-tras-ingreso-de-peligrosa-plaga-agricola-629240.html>. Acessado em: 20/06/18.

- Sims, W.L. 1980.** History of tomato production for industry around the World. *Acta Hortic.* 100: 25-26.
- Souza, J.C. & P.R. Reis. 2003.** Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. *Inf. Agropec.* 24: 79-92.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesqu. Agropec. Bras.* 48: 689-692.
- Stacke, R.F., J.A. Arneemann, J. Rogers, R.S. Stacke, T.T. Strahl, C.R. Perini & J.V. Guedes. 2018.** Damage assessment of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean reproductive stages. *Crop Prot.* 112: 10-17.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch & K.S. Hagen. 1959.** The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Tay, W.T., M.F. Soria, T. Walsh, D. Thomazoni, P. Silvie, G.T. Behere, C. Anderson & S. Downes. 2013.** A brave new world for an Old World pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *PLOS One* 8: e80134.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodríguez-Molina, E. Palo, E. Del Estal & A. Lacasa. 2000.** El complejo parasitario larvario de *Helicoverpa armigera* Hübner sobre tomate en las Vegas del Guadiana (Extremadura). *Bol. San. Veg. Plagas* 26: 323-333.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodriguez-Molina, A. Lacasa-Plasencia, P. Bielza-Lino & A. Rodriguez del Rincion. 2002.** Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93: 55-66.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodriguez-Molina & A. Lacasa-Plasencia. 2003.** Impact of *Helicoverpa armigera* larval density and crop phenology on yield and quality losses in processing tomato: developing fruit count-based damage thresholds for IPM decision-making. *Crop Prot.* 22: 521-532.
- Walker, G.P. & P.J. Cameron. 1990.** Pheromone trapping and field scouting for tomato fruitworm in tomatoes and sweet corn. *Proc. N.Z. Weed Pest Control Conf.* 43:17-20.
- Yang, Y., Y. Li & Y. Wu. 2013.** Current status of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* after 15 years of Bt cotton planting in China. *J. Econ. Entomol.* 106: 375-381.
- Zahid, M.A., M.M. Islam, M.H. Reza, M. H. Z. Prodhan, & M. R. Begum. 2008.** Determination of economic injury levels of *Helicoverpa armigera* (Hubner) in chickpea. *Bangladesh J. Agric. Res.* 33: 555-563.
- Zalucki, M.P., D. Adamson & M.J. Furlong. 2009.** The future of IPM: whither or wither? *Aust. J. Entomol.* 48: 85-96.
- Zalucki, M.P., G. Daglish, S. Firempong & P.H. Twine. 1986.** The biology and ecology of *Heliiothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? *Aust. J. Zool.* 34: 779-814.

CAPITULO 2

MONITORAMENTO DE ADULTOS DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE EM TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL ¹

NAYARA C. M. SOUSA^{2,3}

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos,
52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Embrapa Hortaliças - Entomologia, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília, DF, Brasil

¹Sousa, N.C.M. Monitoramento de adultos de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) para tomada de decisão de controle em tomate para processamento industrial. A ser submetido

RESUMO - *Helicoverpa armigera* (Hübner) é uma praga que regularmente demanda aplicação de medidas de controle, devido ao grande potencial de atingir níveis populacionais que resultam em perdas econômicas à produção de tomate. O presente trabalho realizou o monitoramento da *H. armigera* com armadilhas de feromônio sexual sintético (10:1 de (Z)-11-hexadecenal e (Z)-9-hexadecenal) em 11 áreas comerciais de tomate para processamento industrial (80 a 120 hectares cada) em Cristalina-GO, durante as safras de 2015 e 2016. As armadilhas com feromônio foram distribuídas ao longo da bordadura da lavoura no início do florescimento, na densidade de uma armadilha a cada 100m. As avaliações foram realizadas duas vezes por semana durante 14 (2015) e 10 (2016) semanas, com registro do número capturado de adultos machos, densidade de ovos e larvas, e porcentagem de frutos broqueados em 70 plantas inspecionadas em sete pontos de amostragem por área. A captura de adultos machos em armadilha de feromônio foi correlacionada com a infestação de ovos, larvas e porcentagem de frutos broqueados na planta. Com base nos resultados da análise de regressão da porcentagem de frutos broqueados acumulada em função da captura acumulada de adultos, sugere-se a tomada de decisão de controle de *H. armigera* quando forem capturados de 5 a 8 adultos acumulados por armadilha na semana. De acordo com os resultados do monitoramento de adultos através de armadilha iscada com feromônio, pode-se definir práticas para a obtenção da redução populacional ou convivência com a praga a níveis inferiores ao limiar de dano econômico.

PALAVRAS-CHAVE: Decisão de controle, feromônio sexual, lagarta-do-tomate, densidade de infestação

MONITORING OF *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
ADULTS FOR MAKING CONTROL DECISIONS ON PROCESSING TOMATOES

ABSTRACT – *Helicoverpa armigera* (Hübner) regularly requires quickly deployment of control practices due to its potential of reaching infestation levels causing yield reduction of tomato crop. The monitoring of *H. armigera* adults using stick traps lured with sex pheromone with simultaneous survey of eggs, larvae and fruit damage was carried out to subsidize control decisions. The surveys were carried out on 11 tomato fields for processing (80 to 120 hectares each) during 2015 and 2016 cropping seasons. The survey initiated at flowering stage with traps set up along to the field borders 100m distant each. Evaluations of adult male capture in the traps were conducted twice a week during 14 and 10 weeks at 2015 and 2016 seasons, respectively. Simultaneously, 70 tomato plants were fully inspected for eggs, larvae and fruit damage per area using a rate of 10 plants per point in each area. The overall fluctuation of *H. armigera* adults was studied from April to September. Overall capture of adult's male correlated with subsequent eggs, larvae and damaged fruits. Based on the outcome of the regression analysis between adult moth captured and percentage of damaged fruits, the control decision is suggested when 5 to 8 adults are captured per trap during one week. Furthermore, the adult monitoring through pheromone traps help deploying chemical or biological control methods aiming to restrain pest population reaching economic threshold levels.

KEY WORDS: Control decision, sex pheromone, tomato fruitworm, density of infestation

Introdução

O recente registro da ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil, e as perdas ocasionadas na produção de diversas culturas por esta praga (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013), colocou-a como um grande desafio para todo o sistema produtivo. No continente americano, essa praga não havia sido registrada até 2013 (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013, Senave 2013, Murúa *et al.* 2014, Kriticós *et al.* 2015, Castiglioni *et al.* 2016). Atualmente é considerada praga-chave em várias culturas no Brasil (Czepak *et al.* 2013, Ávila *et al.* 2013, Bueno & Sosa-Gómez 2014). Inicialmente, focos da praga foram registrados nas safras de 2011 e 2012 no estado de Goiás e no oeste da Bahia, com altas infestações em lavouras de algodão, soja, feijão, milho e tomate (Ávila *et al.* 2013, Czepak *et al.* 2013).

Os adultos de *H. armigera* são atraídos por flores que produzem néctar, sendo esse recurso importante na seleção do hospedeiro, com influência direta na capacidade de oviposição (Zalucki *et al.* 1986, Cunningham *et al.* 1999). Na fase larval, se alimentam de folhas e caules, mantendo preferência por brotações, flores, frutos e vagens e, conseqüentemente, acarretam injúrias tanto na fase vegetativa, mas principalmente nas estruturas reprodutivas das plantas hospedeiras (Reed 1965, Wang & Li 1984). No tomateiro, os adultos de *H. armigera* preferem a fase reprodutiva, com as infestações aumentando com o surgimento das primeiras flores (Zalucki *et al.* 1986, Bues *et al.* 1988, Cameron *et al.* 2001). As larvas dessa espécie reduzem a frutificação efetiva da planta por consumirem as flores e frutos, sendo a *H. armigera* caracterizada como praga direta ou indireta, dependendo do estágio fenológico do tomateiro.

Para a eficácia do manejo de pragas é necessário estabelecer ações com base nos conhecimentos bioecológicos, para subsidiar a aplicação eficiente das práticas de controle (Lebedenco *et al.* 2007). A constatação recente de *H. armigera*, no Brasil, exigiu que os parâmetros para a decisão de controle nas lavouras atacadas fossem tomados com base nas

informações de outros países (Czepak *et al.* 2013). Contudo, são necessários estudos para a caracterização das perdas provocadas por essa praga em diferentes culturas, como também, o estabelecimento dos níveis populacionais para o seu controle ao nível local, devido às diferenças nas variedades de tomate, condições climáticas e táticas de manejo disponíveis. Assim, é relevante a necessidade do desenvolvimento de um sistema de monitoramento da praga que seja rápido e confiável. Nesse contexto, o uso de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético mostra-se como ferramenta promissora (Campion 1983).

De acordo com Izquierdo (1996), a utilização de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético visa fornecer informações simples e rápidas que possam ser úteis para indicar a ocorrência da praga no ambiente. O monitoramento com armadilha iscada com feromônio sexual pode ser utilizado para conhecimento da flutuação populacional de adultos ao longo do tempo, independente da disponibilidade da cultura alvo (Neves *et al.* 2018). Além disso, a captura de adultos em armadilha, juntamente com o conhecimento da infestação e dano da praga em campo, pode servir de base para o desenvolvimento de modelos de previsão de infestação (Prasannakumar *et al.* 2009, Neves *et al.* 2018). Essas informações são cruciais para o processo de tomada de decisão (Qureshi *et al.* 1993). Uma estratégia eficiente de controle, depende do monitoramento preciso dos estágios do inseto que causam prejuízo, assim como, prever o aumento subsequente desses estágios (Srivastava & Srivastava 1995). Para as principais espécies de broqueadores encontrados no tomateiro [*H. armigera*, *Chloridea* (= *Heliothis*) *virescens* (Fabricius), *H. zea* (Boddie), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)] já existem feromônios comerciais disponíveis no mercado.

A tomada de decisão de controle com base na captura de machos em armadilha de feromônio sexual tem sido empregada com sucesso em vários países para as espécies *Pectinophora gossypiella* (Saunders), *Earias insulana* (Boisduval), *Leucinodes orbonalis*

(Guenee), *Spodoptera litura* (Fabricius) e *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Teich *et al.* 1977, Kehat *et al.* 1980, Kehat *et al.* 1981, Critchley *et al.* 1985, Henneberry & Naranjo 1998, Prasannakumar *et al.* 2009). As informações geradas resultaram na redução do custo de controle e conseqüente redução no número de aplicações de inseticidas com o trabalho de amostragem, aumentando a eficiência do manejo da praga (Teich *et al.* 1977, Kehat *et al.* 1980, Kehat *et al.* 1981). Exemplos clássicos do uso de feromônio sexual para monitoramento são descritos para a mariposa-da-maçã *Cydia pomonella* (Linnaeus) (Alford *et al.* 1979) e a mariposa-da-ervilha *Cydia nigricana* (Fabricius) (Macaulay & Lewis 1977, Lewis & Sturgeon 1978). Estudos realizados por Qureshi *et al.* (1993) no Paquistão, recomendaram o início das aplicações de inseticida quando fossem encontradas 9 a 12 adultos de *P. gossypiella* capturados na armadilha por noite em algodoeiro. Kondo & Tanaka (1995), em estudos com *Chilo suppressalis* (Walker) na cultura do arroz no Japão, realizaram a previsão de dano através da captura de adultos em armadilha iscada com feromônio. De acordo com esses autores, as aplicações de inseticida devem ser realizadas após a captura total de 56 adultos acumulados nas armadilhas iscadas com feromônio, até o pico de ocorrência das mariposas.

Desta forma, o presente trabalho objetivou determinar um índice de armadilha para subsidiar a tomada de decisão de controle da *H. armigera* em tomateiro. Assim, realizou-se o monitoramento de *H. armigera* durante dois anos em 11 áreas comerciais (80 a 120 ha) de tomate para processamento industrial em Cristalina - GO, com armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético e determinou-se a relação entre a captura de machos e os níveis subseqüentes de infestação e dano.

Material e Métodos

Caracterização da Área de Estudo. Os estudos foram realizados em 11 áreas comerciais de tomateiro para processamento industrial, irrigados por pivô central, pertencentes ao Grupo

Sorgatto Agroindustrial e Agropecuária Agriter Ltda., Cristalina, Goiás (16° 21'S; 47° 32'O e 16° 18'S; 47° 37'O). As cultivares de tomate cultivadas nas áreas do estudo foram AP533 (Seminis, Missouri, EUA), TY2006 (Seminis, Missouri, EUA) e H9553 (Heinz Seed, Pensilvânia, EUA). Os estudos foram realizados durante a safra de 2015 (abril a agosto) e 2016 (junho a setembro). Os produtores mantiveram as suas práticas culturais usuais, como também, as aplicações de inseticidas.

Relação entre Captura de Machos em Armadilha com Feromônio e Perdas na Produção por *Helicoverpa armigera*. Armadilhas iscadas com o feromônio sexual sintético foram distribuídas ao longo da bordadura da lavoura e na densidade de uma armadilha para cada 100 metros (Guerrero *et al.* 2014), totalizando sete armadilhas em cada uma das 11 áreas comerciais (pivô central). O período em que as armadilhas permaneceram no campo foram de 14 e 10 semanas, para os anos de 2015 e 2016, respectivamente. As armadilhas do tipo Delta[®] foram iscadas com um septo de borracha na forma comercial Bio *Helicoverpa* (BioControle[®]), composto de 500 µg de uma mistura a 10:1 de (Z)-11-hexadecenal e (Z)-9-hexadecenal, como descrito por Rothschild *et al.* (1982). As armadilhas foram instaladas durante o período inicial do florescimento do tomateiro, ou seja, 40 dias após o transplante. As avaliações foram realizadas duas vezes na semana, mediante registro do número capturado de adultos machos nas armadilhas, densidade de ovos e larvas nas plantas e a porcentagem de frutos broqueados. A densidade de ovos, larvas e porcentagem de frutos atacados foram determinadas através da inspeção de 10 plantas aleatórias em sete pontos de amostragem totalizando 70 plantas por área distribuídos ao longo da bordadura e interior da lavoura aleatoriamente. Os dados de captura de adultos por armadilha foram correlacionados com os níveis de infestação de *H. armigera* (densidade de ovos e larvas) e dano (porcentagem de frutos broqueados) em 10 plantas. Além disso, o número médio de ovos, larvas e a porcentagem de frutos broqueados registrados na semana (n) foram correlacionados com o número de machos capturados na semana (n), uma (n-

1) e duas semanas (n-2) anteriores. Para as análises de regressão e correlação linear de Pearson (SAS Institute 2002), foram utilizados dados transformados em $\log_{10}(x+1)$. Os resultados obtidos foram empregados na previsão de infestação e nas perdas da produção, para subsidiar a tomada de decisão de controle dessa praga em lavouras de tomate (80 a 120 ha) para processamento industrial.

Resultados

Relação entre Captura de Machos em Armadilha com Feromônio e Perdas na Produção por *Helicoverpa armigera*. Dados de captura semanais evidenciaram os períodos de atividade dos adultos de *H. armigera* nas safras de 2015 e 2016. O monitoramento ocorreu nos meses de abril a agosto, com períodos de maior coleta de adultos na 19^a e 30^a semanas do ano de 2015, ou seja, entre os dias 13 e 26 dos meses de maio e julho, respectivamente (Fig.1). As maiores densidades de ovos em plantas de tomateiro ocorreram no início de junho (21^a semana) e julho (27^a semana) do ano de 2015 (Fig.1). A densidade larval de *H. armigera* variou entre maio a julho, com maiores infestações na 21^a e 28^a semanas, correspondente aos dias 28 e 9 nos meses de maio e julho, respectivamente (Fig.1). A porcentagem de frutos broqueados em 2015 foi maior na última semana de abril (18^a semana), e na penúltima semana de julho (30^a semana) (Fig.1).

Na safra de 2016, as maiores capturas de adultos ocorreram na 24^a (junho) e 34^a (agosto) semanas, correspondendo a data da primeira amostragem e 22 dias após o início do monitoramento (Fig.2). A maior densidade de ovos foi observada em junho (24^a semana), correspondendo ao período de maior captura de adultos (Fig.2). Maiores infestações de larvas foram obtidas na 25^a e 32^a semanas, ou seja, junho e agosto, respectivamente. A porcentagem de frutos broqueados foi maior no mês de agosto, com ocorrência na 31^a e 34^a semanas (Fig.2).

O número de adultos capturados em armadilha iscada com feromônio sexual variaram de 0 a 4,04 adultos/armadilha/noite, nas duas safras. A densidade de ovos variou de 0 a 3,14 ovos, em média, por 10 plantas nos dois anos de estudo. Já para a infestação de larvas, os valores médios encontrados foram de 0 a 3,07 larvas/10plantas/semana, em ambos os anos. Na avaliação de frutos broqueados, o dano médio durante os dois anos de estudo variou de 0 a 12%, semanalmente.

Densidade de ovos, larvas e porcentagens de frutos broqueados em função da captura de adultos machos, em armadilha iscada com feromônio sexual durante os anos de 2015 e 2016, apresentaram alguma correlação (Tabela 1). A detecção de adultos em armadilhas de feromônio foi seguida pela ocorrência de oviposição, infestação larval e porcentagem de frutos broqueados, evidenciando relações entre a atividade dos adultos e a densidade de ovos e larvas, e subsequente dano. Houve correlação significativa e positiva ($P < 0,0001$) na infestação de ovos nas plantas de tomate em função da captura de adultos na armadilha na mesma semana (n) no ano de 2016, já nas avaliações realizadas em 2015, não houve significância ($P > 0,05$) entre esses parâmetros, vale salientar que neste ano também houve menor captura de adultos. Contudo, a relação da captura de adultos e a densidade de larvas na mesma semana de avaliação, fase da praga causadora de injúrias as plantas e principal alvo de controle, foi significativa e positiva para os dois anos de estudos (Tabela 1). Em 2016, observou-se melhor ajuste da correlação quando a infestação larval foi relacionada com a contagem de adultos duas semanas anteriores (n-2), entretanto, no ano de 2015 não foi observada correlação da infestação larval (n) com a captura de adultos uma semana antes (n-1) (Tabela 1). Da mesma forma, verificou-se uma relação significativa e positiva na porcentagem de frutos broqueados em função da captura de adultos em armadilha, registrados na semana (n), uma (n-1) e duas semanas anteriores (n-2), no ano de 2016 (Tabela 1). Nas avaliações de 2015, observou-se correlação significativa apenas na

comparação da porcentagem de frutos broqueados e a captura de adultos de duas semanas anteriores (n-2) (Tabela 1).

Houve correlação significativa e positiva ($P < 0,05$) para a relação de densidade de ovos em tomateiro na semana (n), uma (n-1) e duas semanas anteriores (n-2), em função da infestação de larvas na semana (n), para ambos os anos de estudo (Tabela 2a). Porém, a porcentagem de frutos broqueados na semana foi correlacionada significativamente, apenas, com a densidade de ovos na semana (n) e duas semanas anteriores (n-2) no ano de 2016 (Tabela 2a). Nesse mesmo ano, houve relação significativa e positiva na porcentagem de frutos broqueados e a densidade larval, ambos na semana atual (n) (Tabela 2b).

A relação da captura de mariposas acumuladas na armadilha e a porcentagem de frutos broqueados acumulados foram altamente correlacionadas, em ambos os anos (Fig.3). O número médio de adultos capturados por armadilha em 2015 durante 113 dias consecutivos foi de 71 adultos, ou 0,63 adultos/armadilha/noite. No ano de 2016, foram capturados 85 adultos (1,10 adultos/armadilha/noite) durante 77 dias. Essas quantidades de mariposas capturadas foram suficientes para indicarem perdas significativas, caso nenhuma medida de controle seja tomada. A captura média de 5 a 8 mariposas acumuladas, na semana nas armadilhas iscadas com feromônio, é o índice para tomada de decisão de controle da *H. armigera* em tomateiro. Essa captura, correspondeu ao dano de 6%, nos anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Discussão

A flutuação populacional de adultos de *H. armigera* ocorrida no monitoramento com armadilhas iscadas com o feromônio sexual é atribuída a fatores bióticos e abióticos. Estudos realizados por Malik *et al.* (2003), evidenciaram os efeitos da temperatura e umidade no desenvolvimento e distribuição de *H. armigera*. Segundo Sharma *et al.* (2012), as temperaturas máxima e mínima apresentaram correlação positiva com a captura de machos e a infestação

larval em campo, enquanto a umidade relativa apresentou correlação negativa. Esses resultados foram encontrados para *H. armigera* na cultura do grão-de-bico. Essas influências tornam a obtenção de correlações significativas da captura de adultos, imaturos e danos nas lavouras difíceis de serem ajustadas, em especial, para espécies polípagas como *H. armigera*. Apesar do tomateiro ser um hospedeiro preferencial de *H. armigera*, a presença de hospedeiros alternativos dividindo a mesma paisagem agrícola, desempenha um papel importante na determinação do impacto que a espécie terá nos cultivos de tomateiro (Reed & Pawar 1982, Zalucki *et al.* 1986, Rhino *et al.* 2014). *H. armigera* permanece no ambiente, mesmo sem a presença do tomateiro, pois utiliza diferentes hospedeiros, cultivados e não cultivados, que possibilitam seu desenvolvimento, com permanência no ambiente até a ocorrência de culturas preferidas (Firempong & Zalucki 1991). Contudo, os resultados obtidos são promissores quanto a sua utilização como subsídio para a tomada de decisão de controle da praga em tomateiro industrial. Isto porque é uma técnica relativamente de fácil utilização e comum entre produtores de tomate para processamento industrial.

A atratividade de adultos de *H. armigera* pela planta de tomate varia de acordo com a sua fenologia (Firempong & Zalucki 1991). Plantas em período de florescimento e frutificação apresentam maior atratividade dos adultos para oviposição (Zalucki *et al.* 1986, Bues *et al.* 1988, Cameron *et al.* 2001). Dessa forma, a observação de maior densidade de ovos ocorreu na 21^a semana (maio) em 2015 e 24^a semana (junho) em 2016, devido ao período de florescimento do tomate na região. Após o mês de setembro, os cultivos de tomate que estavam em alta produtividade na região, começaram a entrar em senescência, coincidindo com a redução da atratividade de adultos nas armadilhas e, conseqüentemente, a redução da densidade de ovos nas plantas. Hendricks & Hartstack (1978) relataram maior densidade de ovos entre três a quatro dias após a captura dos machos em armadilha iscada com feromônio sexual para *Heliothis* spp., fato que corrobora com os encontrados neste estudo para *H. armigera*. O monitoramento

ofertando tal tipo de informação é fundamental para o planejamento de práticas de controle, como a liberação de parasitoides oófagos (Figueiredo *et al.* 2003, Zuim *et al.* 2017)

A captura de machos de *H. armigera* foi seguida subsequentemente pela infestação de larvas e porcentagem de frutos broqueados, com correlação entre esses parâmetros em 2016. Estes resultados estão de acordo com Kehat *et al.* (1982), Rothschild *et al.* (1982) e Srivastava & Srivastava (1995). Esses autores relataram que as maiores capturas de *H. armigera*, em armadilha iscada com feromônio sexual, foram seguidos por um aumento consecutivo no número de ovos e larvas, em lavouras de algodão e grão-de-bico, o que subsidia a aplicação dos resultados obtidos neste estudo para a tomada de decisão de controle de *H. armigera*, em tomate para processamento industrial. A captura de adultos teve reflexo na incidência de larvas, isto é, quando a captura de machos aumentou, houve um aumento subsequente na população de larvas (Figs. 1 e 2). No entanto, como esperado, houve um intervalo de uma a duas semanas entre eles. Assim, a captura de adultos é indicativa da ocorrência subsequente de larvas nas plantas a depender das condições favoráveis para o desenvolvimento dessas como neste estudo. Dessa forma, as práticas de manejo da fase larval da praga devem ser iniciadas dentro do intervalo máximo de duas semanas, para evitar maiores perdas ocasionados pela praga.

O número de machos capturados na semana da amostragem (n), uma (n-1) e duas semanas (n-2) anteriores, foi correlacionado com a densidade de ovos, larvas e porcentagem de frutos broqueados na semana (n). Resultados semelhantes foram observados por Nyambo *et al.* (1989), Srivastava *et al.* (1990) e Pal *et al.* (2014). Esses autores relataram correlação significativa e positiva na captura de adultos (n-1) com a infestação larval na semana (n), e na porcentagem de frutos broqueados (n) em função da captura de adultos de *H. armigera* na semana anterior (n-1).

O nível de 5% de frutos broqueados é utilizado para a tomada de decisão de controle da *H. armigera* em vários países como a Índia, Nova Zelândia e Espanha (Cameron *et al.* 2001,

Torres-Vila *et al.* 2003). Segundo Torres-Vila *et al.* (2003), para evitar que esse nível de 5%, referente a qualidade do fruto na colheita, seja atingido, a tomada de decisão deve ser realizada quando forem amostrados 6% de frutos broqueados durante o crescimento da cultura. Isto porque, os frutos mesmo atacados continuam o seu desenvolvimento, mas a extensão dos danos promove a senescência precoce, a maturação excessiva e o apodrecimento por microrganismos, de modo que os frutos atacados possam cair antes da colheita. Essas situações resultam em frutos avaliados como atacados durante o crescimento da cultura, porém, não presentes na colheita. Dessa forma, o nível de controle de 6% de frutos broqueados é um nível de segurança. É possível estimar a porcentagem de frutos broqueados através da captura de mariposas de *H. armigera* em armadilha iscada com feromônio sexual. Isso nos possibilita inferir que 5 a 8 mariposas de *H. armigera* capturadas em armadilha correspondem a 6% de dano, em tomateiro para processamento industrial nas condições do estudo. Dessa forma, é necessário que a população de mariposas atinja esse nível na armadilha de feromônio para dar início a aplicação do controle químico ou outra prática de redução populacional.

Outro fato relevante dos resultados obtidos é que apesar de estudos prévios correlacionando a coleta de adultos e a tomada de decisão, os resultados mostram que é variável entre regiões e, especialmente a cultura, devido ao seu valor. Prasad *et al.* (1993) recomendam o controle da *H. armigera* em algodoeiro, quando a captura de adultos em armadilha de feromônio exceder 7 mariposas/armadilha/noite. Estudos realizados por Cruz *et al.* (2012) com *S. frugiperda*, definiram como critério para tomada de decisão de controle, a captura acumulada de 3 mariposas por armadilha ao longo do tempo, com inspeções diárias das armadilhas. Assim, foi adotada a aplicação de inseticida aos 10 dias após a captura desse número de mariposas em armadilhas iscadas com feromônio sexual. Novas aplicações seguiram esse mesmo padrão de captura. Porém, as contagens de mariposas ocorreram após quatro dias da última pulverização. A aplicação do inseticida realizada após 10 dias da concentração de capturas de adultos sucederá

ao período exigido de desenvolvimento do ovo, e as larvas estarão no período inicial de desenvolvimento larval, quando ainda são suscetíveis aos inseticidas sintéticos e biológicos (Vivan *et al.* 2017). Segundo Kondo & Tanaka (1995), o momento ideal para o início das aplicações de inseticidas para o controle de *C. suppressalis* na cultura do arroz, deve ocorrer em uma a duas semanas após pico de captura de mariposas.

O monitoramento populacional da *H. armigera* é de extrema importância em programas visando o seu manejo. A flutuação populacional da praga ao longo do ciclo das culturas e entre os cultivos, inclusive, a inspeção de plantas e frutos em busca da presença de ovos e larvas subsidia uma tomada de decisão economicamente viável. De acordo com os resultados encontrados, o monitoramento da *H. armigera* empregando armadilha iscada com feromônio pode definir práticas para a obtenção da redução populacional ou convivência com a praga a níveis inferiores ao limiar de dano econômico. Práticas de controle disponíveis como programar liberações de parasitoides de ovos (Reddy & Manjunatha 2000, Hussain *et al.* 2015, Zuim *et al.* 2017), uso de pulverizações com inseticidas biológicos que são mais eficazes sobre larvas ainda pequenas (Vivan *et al.* 2017), ou mesmo, pulverizações com inseticidas sintéticos, que poderão promover controle indistintamente da idade das larvas (Kuss *et al.* 2016, Karar *et al.* 2017, Vivan *et al.* 2017). Os resultados obtidos nesse estudo fornecem informações úteis, sobre a flutuação populacional de *H. armigera* e índice de armadilha para tomada de decisão de controle da praga em cultivos de tomateiro para processamento industrial no estado de Goiás. Entretanto, estudos adicionais são necessários para determinar essas relações em outras culturas hospedeira da praga na mesma paisagem agrícola, como também, em diferentes localidades produtoras de tomate para processamento industrial.

Agradecimentos

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo e suporte através do projeto PROCAD NF no. 179923. A Embrapa Hortaliças pela infraestrutura e logística disponibilizadas. Ao grupo Sorgatto Agroindustrial e Agropecuária Agriter Ltda. que permitiram a realização do estudo nas suas áreas de produção de tomate para processamento industrial, e pelo auxílio na coleta de dados de campo. Aos gerentes, Maurício Bakalarczyk (Grupo Sorgatto) e Lupersy Bassan (Agropecuária Agriter) pelo acesso aos cultivos de tomateiro e apoio logístico durante o período de levantamento. Ao técnico agrícola Adoilson (Grupo Sorgatto), pelo suporte e informações prestadas referente as áreas de cultivo (pivô). Ao funcionário Moises Lopes Fernandes, aos estudantes Marcus Vinícius da Silveira Ehrhardt e Alan da Miranda Silva do laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, pelo auxílio na execução e avaliação dos experimentos. Ao pesquisador MSc. Antônio Williams Moita da Embrapa Hortaliças, pelo suporte na análise dos dados.

Literatura Citada

- Alford, D.V., P.W. Carden, E.B. Dennis, H.T. Gould & J.D.R. Vernon. 1979.** Monitoring codling and tortrix moths in United Kingdom apple orchards using pheromone traps. *Ann. Appl. Biol.* 91: 165-178.
- Ávila, C.J., L.M. Vivan & G.V. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (Circular Técnica 23)
- Bueno, A.F. & D.R. Sosa-Goméz. 2014.** The old world bollworm in the Neotropical region: the experience of Brazilian growers with *Helicoverpa armigera*. *Outlook Pest. Manag.* 25: 1-4.
- Bues, R., J.F. Toubon, H.S. Poitout & L. Boudinhon. 1988.** Dynamique des populations et lutte microbiologique contra la noctuelle de la tomate (*H. armigera*) sous serre dans le sud de la France. *Rev. Hortic.* 285:43-48.
- Cameron, P.J., G.P. Walker, T.J.B. Herman & A.R. Wallace. 2001.** Development of economic thresholds and monitoring systems for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 94: 1104-1112.
- Campion, D.G. 1983.** Pheromones for the control of insect pests in Mediterranean countries. *Crop Prot.* 2:3-16.

- Castiglioni, E., C.R. Perini, W. Chiaravalle, J.A. Arnemann, G. Ugalde & J.V.C, Guedes. 2016.** Primer registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) en soja, en Uruguay. *Agrocien. Urug.* 20: 31–35.
- Critchley, B.R., D.G. Campion, L.J. McVeigh, E.M. McVeigh, G.G. Cavanagh, M.M. Hosny & M. Naguib. 1985.** Control of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae), in Egypt by mating disruption using hollow-fibre, laminate-flake and microencapsulated formulations of synthetic pheromone. *Bull. Entomol. Res.* 75: 329-346.
- Cruz, I., M.D.L. Figueiredo, R.B.D. Silva, I.F.D. Silva, C.D. Paula & J.E. Foster. 2012.** Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize. *Int. J. Pest Manag.* 58: 83-90.
- Cunningham, J.P., M.P. Zalucki & S.A. West. 1999.** Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. *Bull. Entomol. Res.* 89: 201-207.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesqu. Agropec. Trop.* 43:110-113.
- Figueiredo, E., F. Amaro, M. Godinho, S. Stilwell, S. Albano, E. Salgado & A. Mexia. 2003.** Proteção integrada em tomate de indústria: estimativa do risco de lagarta do tomate *Helicoverpa armigera*. 6º ENPI, Painéis de Horticultura: 557-564.
- Firempong, S. & M.P. Zalucki. 1991.** Host plant selection by *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): the role of some herbivore attributes. *Aust. J. Zool.* 39: 343-350.
- Guerrero, S., J. Brambila & R.L. Meagher. 2014.** Efficacies of four pheromone-baited traps in capturing male *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in northern Florida. *Fla. Entomol.* 97: 1671-1679.
- Hardwick, D.F. 1965.** The corn earworm complex. *Mem. Entomol. Soc. Canada.* 40: 1-247.
- Hendricks, D.E. & A.W. Hartstack. 1978.** Pheromone trapping as an index for initiating control of cotton insects, *Heliothis* spp: a compendium, p. 116-120. In *Proc. Beltwide Cotton Conf.* New Orleans, LA.
- Henneberry, T.J. & S.E. Naranjo. 1998.** Integrated management approaches for pink bollworm in the southwestern United States. *Int. Pest Manag. Rev.* 3: 31-52
- Hussain, D., A. Hussain, M. Qasim & J. Khan. 2015.** Insecticidal susceptibility and effectiveness of *Trichogramma chilonis* as parasitoids of tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera*. *Pakistan J. Zool.* 47: 1427-1432.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.** Levantamento sistemático da produção agrícola, tomate: produção e área. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e->

pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados.

Acessado em: 13/12/18.

- Izquierdo, J.I. 1996.** *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae): relationship between captures in pheromone traps and egg counts in tomato and carnation crops. J. Appl. Entomol. 120: 281-290.
- Karar, H., M.S. Akhtar, A. Khaliq, A. Hussain, I.A. K. Niazi, A.A. Anees-ul-Hasnain & A. Abdullah. 2017.** Effect of novel insecticides on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on seed crop of berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) and their impact on seed yield. Pakistan Entomol. 39: 9-15.
- Kehat, M., S. Gothilf, E. Dunkelblum & S. Greenberg. 1980.** Field evaluation of female sex pheromone components of the cotton bollworm *Heliothis armigera*. Entomol. Exp. Appl. 27: 188-193.
- Kehat, M., S. Gothilf, E. Dunkelblum & I. Mazor. 1981.** Sex pheromone traps as a potential means of improving control programmes for the spiny bollworm *Earias insulana*. Phytoparasitic. 9: 191-196.
- Kehat, M., S. Gothilf, E. Dunkelblum & S. Greenberg. 1982.** Sex pheromone traps as a means of improving control programs for the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 11: 727-729.
- Kondo, A. & F. Tanaka. 1995.** An estimation of the control threshold of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) based on the pheromone trap catches. Appl. Entomol. Zool. 30: 103-110.
- Kriticos D.J., N. Ota, W.D. Hutchison, J. Beddow, T. Walsh, W.T. Tay, D.M. Borchert, S.V. Paula-Moreas, C. Czepak & M.P. Zalucki. 2015.** The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: Is it just a matter of time? PLOS One. 10: e0119618.
- Kuss, C.C., R.C.R. Kuss-Roggia, C.J. Basso, M.C.N. Oliveira, O.H. Castro Pias & S. Roggia. 2016.** Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. Pesqu. Agropec. Bras. 51: 527-536.
- Latheef, M.A., J.A. Witz & J.D. Lopez. 1991.** Relationships among pheromone trap catches of male corn earworm moths (Lepidoptera: Noctuidae), egg numbers, and phenology in corn. Can. Entomol. 123: 271-281.
- Lebedenco, A., A.M. Auad & S.N. Kronka. 2007.** Métodos de controle de lepidópteros na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Acta Sci. Agron. 29: 339-344.
- Lewis, T. & D.M. Sturgeon. 1978.** Early warning of field hatching in pea moth (*Cydia nigricana* (F.)). Ann. Appl. Biol. 88: 199-210.
- Macauley, E.D.M. & T. Lewis. 1977.** Attractant traps for monitoring pea moth, *Cydia nigricana* (Fabr.). Ecol. Entomol. 2: 279-284.
- Malik, M.F., S.W. Hussainy, A. Munir & L. Ali. 2003.** Efficacy of synthetic pheromone for the control of *Helicoverpa armigera* in tomato. Asian J. Pl. Sci. 2:415-417.

- Murúa, M.G., F.S. Scalora, F.R. Navarro, L.E. Cazado, A. Casmuz, M.E. Villagrán & G. Gastaminza. 2014.** First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. Fla. Entomol. 97: 854-856.
- Neves, R.C.S., J.B. Torres, E.M. Barros & L.M. Vivan. 2018.** Boll weevil within season and off-season activity monitored using a pheromone-and-glue reusable tube trap. Sci. Agric. 75:313-320.
- Nyambo, B.T. 1989.** Assessment of pheromone traps for monitoring and early warning of *Heliothis armigera* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) in the western cotton-growing areas of Tanzania. Crop Prot. 8: 188-192.
- Pal, S., H. Chatterjee & S.K. Senapati. 2014.** Monitoring of *Helicoverpa armigera* using pheromone traps and relationship of moth activity with larval infestation on carnation (*Dianthus caryophyllus*) in Darjeeling Hills. J. Entomol. Res. 38: 23-26.
- Prasad, V., L. Rambabu & G.P.V. Reddy. 1993.** An action threshold for *Helicoverpa armigera* Hb. based on pheromone trap catches in cotton. Indian J. Pl. Prot. 21:17-18.
- Prasannakumar, N., A. Chakravarthy & L.V. Kumar. 2009.** Relationship between pheromone trap catches and field damage of selected lepidopterous pests on vegetable crops. Pest Manag. Hortic. Ecosys. 15: 63-67.
- Qureshi, Z.A., N. Ahmad & T. Hussain. 1993.** Pheromone trap catches as a means of predicting damage by pink bollworm larvae in cotton. Crop Prot. 12: 597-600.
- Reddy, G.V.P. & M. Manjunatha. 2000.** Laboratory and field studies on the integrated pest management of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in cotton, based on pheromone trap catch threshold level. J. Appl. Entomol. 124: 213-221.
- Reed, W. 1965.** *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. Bull. Entomol. Res. 56: 127-140.
- Reed, W & C.S. Pawar. 1982.** *Heliothis*: a Global Problem, p. 9-14. In Proceedings of the International workshop on *Heliothis* Management. Patancheru, India, ICRISAT, 430p.
- Rhino, B., I. Grechi, G. Marliac, M. Trebeau, C. Thibaut & A. Ratnadass. 2014.** Corn as trap crop to control *Helicoverpa zea* in tomato fields: importance of phenological synchronization and choice of cultivar. Int. J. Pest Manag. 60: 73-81.
- Rothschild, G.H.L., A.G.L. Wilson & K.W. Malafant. 1981.** Preliminary studies on the female sex pheromones of *Heliothis* species and their possible use in control programs in Australia, p. 319-327. In Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* Management. Patancheru, India, ICRISAT, 430p.
- Santos, L.M.D., L.R. Redaelli, L.M.G. Diefenbach & C.F.S. Efrom. 2003.** Larval and pupal stage of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet and field corn genotypes. Braz. J. Biol. 63: 627-633.
- Senave en alerta tras ingreso de peligrosa plaga agrícola. 2013** ABC Color, Disponível em: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/senave-en-alerta-tras-ingreso-de-peligrosa-plaga-agricola-629240.html>. Acessado em: 20/06/18.

- Sharma, P.K., U. Kumar, S. Vyas, S. Sharma & S. Shrivastava. 2012.** Monitoring of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) through pheromone traps in chickpea (*Cicer arietinum*) crop and influence of some abiotic factors on insect population. Environ. Sci. Toxicol. Food. Technol. 1: 44-46.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. Pesqu. Agropec. Bras. 48: 689-692.
- Srivastava, C.P. & R.P. Srivastava 1995.** Monitoring of *Helicoverpa armigera* (Hbn.) by pheromone trapping in chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Appl. Entomol. 119: 607-609.
- Teich, I., S. Neumark & M. Jacobson. 1977.** The capture threshold of male pink bollworm moth with gossyplure and its effect on infestation and frequency of insecticidal treatment. J. Environ. Sci. Health A Environ. Sci. Eng. 12: 423-430.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodríguez-Molina & A. Lacasa-Plasencia. 2003.** Testing IPM protocols for *Helicoverpa armigera* in processing tomato: egg-count-vs. fruit-count-based damage thresholds using Bt or chemical insecticides. Crop prot. 22:1045-1052.
- Vivan, L.M., J.B. Torres & P.L.S. Fernandes. 2017.** Activity of selected formulated biorational and synthetic insecticides against larvae of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 101: 118-126.
- Wang, N.C. & Z.H. Li. 1984.** Studies on the biology of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) and tobacco budworm (*Heliothis assulta* Quenee). J. Shandong Agri. Univ. 2:13-25.
- Zalucki, M.P., G. DGLISH, S. Firepong, & P.H. Twine. 1986.** The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? Aust. J. Zool. 34: 779-814.
- Zuim, V., H.S. Rodrigues, D. Pratissoli, J.B. Torres, D.F.M. Fragoso & R.C.O.F. Bueno. 2017.** Age and density of eggs of *Helicoverpa armigera* influence on *Trichogramma pretiosum* parasitism. Acta Sci. Biol. Sci. 39: 513-520.

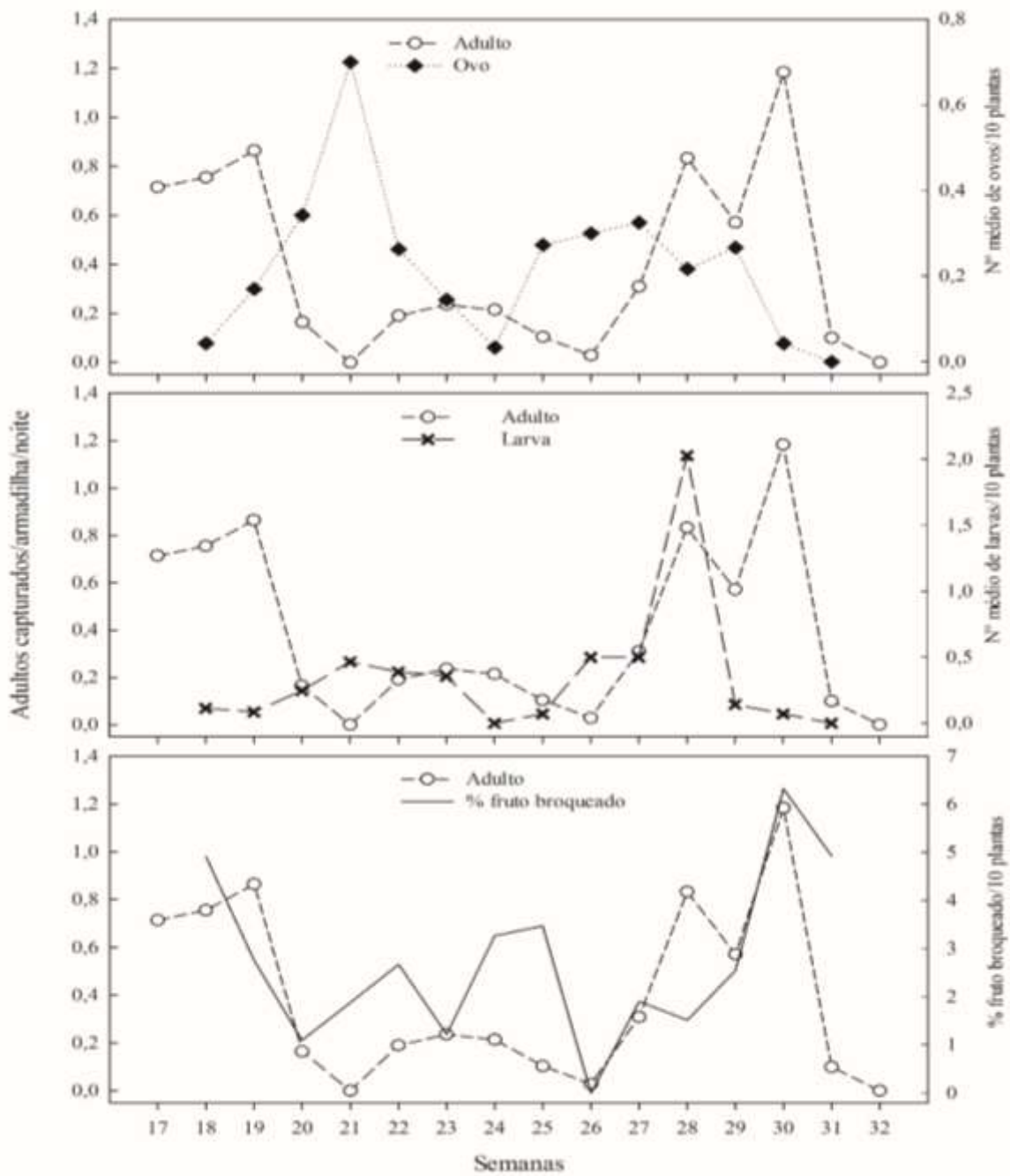


Figura 1. Dinâmica populacional da captura média diária de *Helicoverpa armigera* em armadilha iscada com feromônio sexual sintético, infestação média de ovos e larvas e a porcentagem de frutos broqueados. Cristalina, Goiás, 2015.

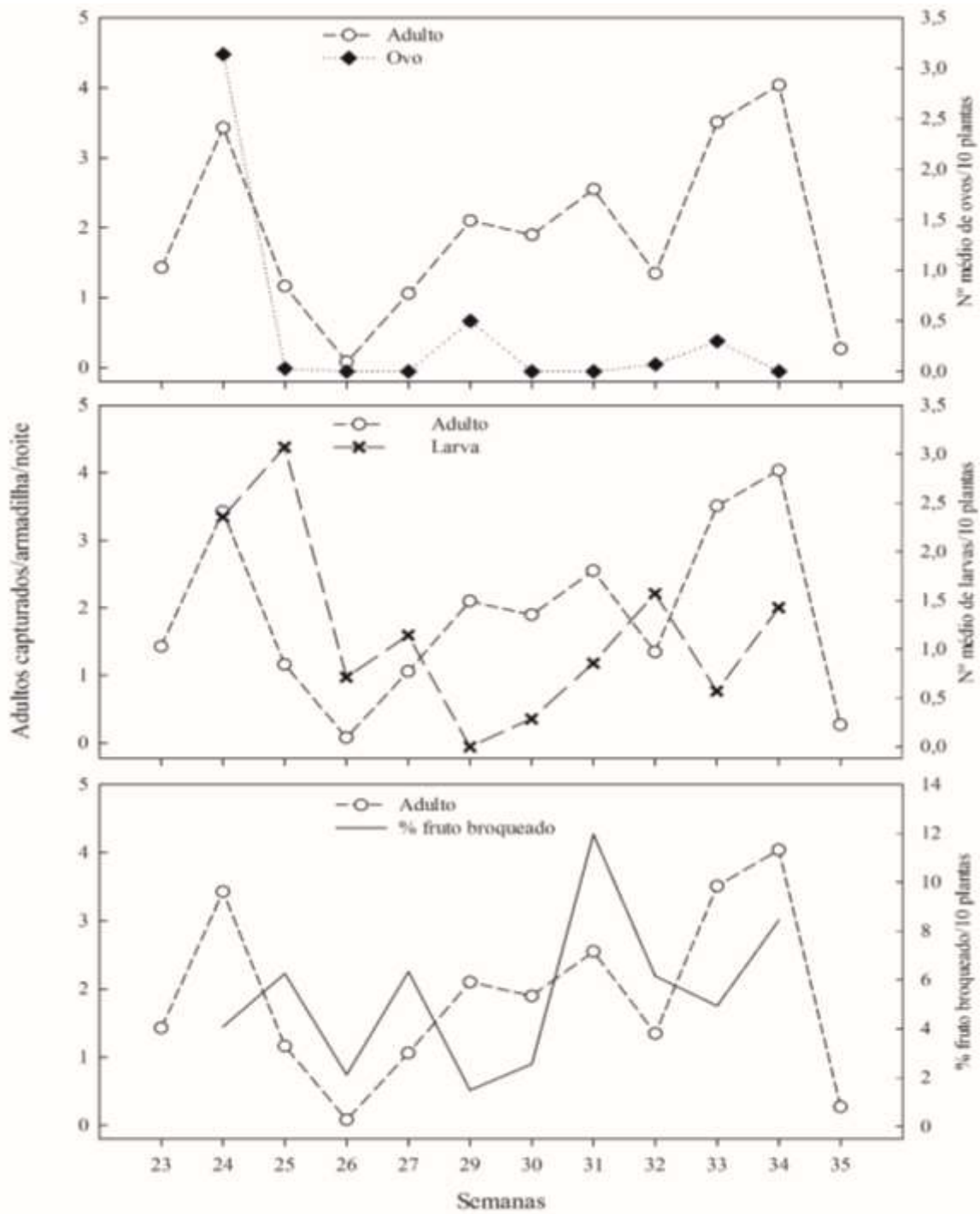


Figura 2. Dinâmica populacional da captura média diária de *Helicoverpa armigera* em armadilha iscada com feromônio sexual sintético e a infestação média de ovos e larvas e a porcentagem de frutos broqueados. Cristalina, Goiás, 2016.

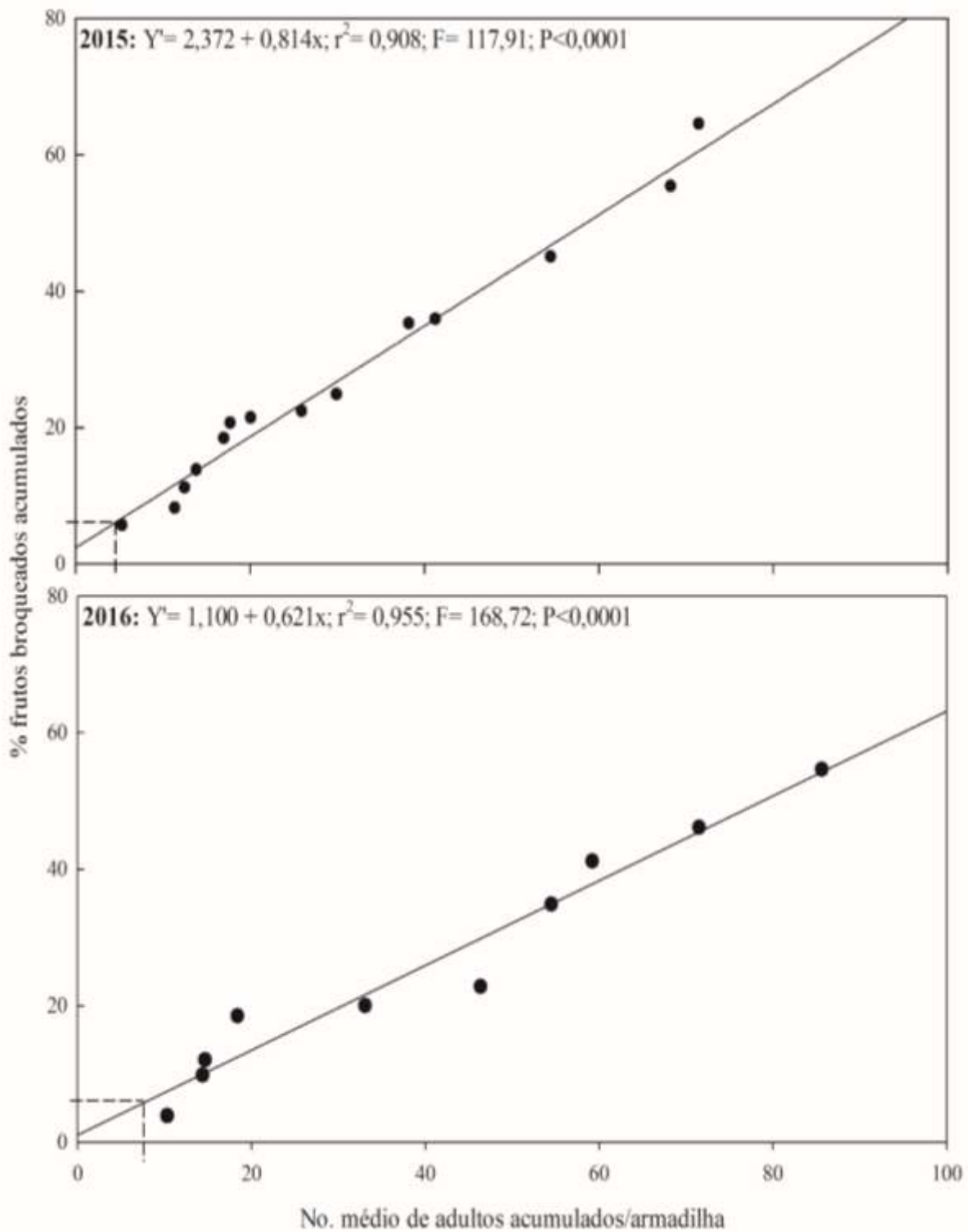


Figura 3. Relação entre o número médio de mariposas acumuladas semanalmente em armadilha iscada com feromônio sexual e a porcentagem de frutos broqueados acumulados semanalmente. Cristalina, Goiás, 2015-2016. Marca pontilhada indica o nível de controle.

Tabela 1. Correlações (r) da captura de machos de *Helicoverpa armigera* e o nível de infestação e dano, em tomate para processamento industrial, Cristalina, Goiás, 2015-2016.

Número de adultos capturados	Coeficiente de correlação (r) ¹		
	No. de ovos	No. de larvas	Frutos broqueados (%)
	Safrá 2015		
Semana atual (n)	-0,048	0,164*	0,060
Uma semana anterior (n-1)	-0,069	0,115	-0,061
Duas semanas anteriores (n-2)	-0,200*	-0,215*	0,198*
	Safrá 2016		
Semana atual (n)	0,387**	0,188*	0,293**
Uma semana anterior (n-1)	0,125	0,187*	0,327**
Duas semanas anteriores (n-2)	0,063	0,228*	0,297*

¹Dados transformados em $\log_{10}(x+1)$. *P<0,05; **P<0,0001, enquanto que as outras correlações não foram significativas a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Correlação (r) da média semanal de infestação e danos em tomate para processamento industrial, safras 2015 e 2016. Cristalina, Goiás.

a) Correlação do número médio de larvas e a porcentagem de frutos broqueados em função do número médio de ovos da *Helicoverpa armigera*

Número de ovos	Coeficiente de correlação (r) ¹	
	No. de larvas	Frutos broqueados (%)
	Saфра 2015	
Semana atual (n)	0,205*	-0,026
Uma semana anterior (n-1)	0,172*	0,072
Dois semanas anteriores (n-2)	0,224*	0,055
	Saфра 2016	
Semana atual (n)	0,318**	-0,156*
Uma semana anterior (n-1)	0,177*	0,094
Dois semanas anteriores (n-2)	0,346**	0,242*

b) Correlação da porcentagem de frutos broqueados em função do número médio de larvas da *Helicoverpa armigera*

Número de larvas	Coeficiente de correlação (r) ¹	
	Frutos broqueados (%)	
	Saфра 2015	
Semana atual (n)	0,120	
Uma semana anterior (n-1)	0,121	
Dois semanas anteriores (n-2)	-0,030	
	Saфра 2016	
Semana atual (n)	0,407**	
Uma semana anterior (n-1)	-0,100	
Dois semanas anteriores (n-2)	-0,074	

¹Dados transformados em $\log_{10}(x + 1)$. *P $\leq 0,05$; ** P $\leq 0,0001$, enquanto que as demais correlações não foram significativas a 5% de probabilidade.

CAPÍTULO 3

DETERMINAÇÃO DE PERDAS E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL¹

NAYARA C.M. SOUSA^{2,3}

²Departamento de Agronomia - Entomologia, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Embrapa Hortaliças - Entomologia, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília, DF, Brasil.

¹Sousa, N.C.M. Determinação de perdas e nível de dano econômico para *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro para processamento industrial. A ser submetido.

RESUMO - O tomateiro é hospedeiro de várias espécies de pragas, com recente destaque no Brasil para *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Assim, o conhecimento das perdas e o estabelecimento do nível de dano econômico (NDE) são fatores-chaves para o controle desta praga. Neste estudo, as perdas acarretadas pela infestação de larvas de *H. armigera* na fase reprodutiva do tomateiro para processamento industrial foram determinadas, bem como, geradas estimativas numéricas para determinação do NDE. O tomateiro foi cultivado em campo durante dois anos, empregando gaiolas (2,0 x 6,0 x 3,0 m) cobertas com tela antiáfido, contendo seis plantas cada. O experimento foi conduzido com sete densidades de larvas, sendo 0, 1, 3, 6, 12, 24 e 48 larvas de tamanho médio (~2,5 cm) por metro linear. As larvas foram colocadas individualmente na terceira folha do broto terminal. A avaliação constou do número de frutos sadios, broqueados, tamanho e peso dos frutos. A porcentagem de perda de produção variou de 3,49 a 38,64% em função da infestação de 1 a 48 larvas/m linear, com reduções de 0,25 e 2,32 kg/m linear, respectivamente. O NDE variou de 1,23 a 1,51 e 2,52 a 3,08 larvas por metro linear de plantas, para as safras 2017 e 2018, respectivamente. Com base nesses resultados, vale ressaltar que, mesmo em baixas densidades de infestação, há impacto significativo de *H. armigera* na produção de tomate, e destaca-se a importância do monitoramento da cultura do tomateiro para o estabelecimento do momento ideal de controle de *H. armigera*.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, Heliiothinae, MIP, controle químico, tomada de decisão

DETERMINATION OF LOSSES AND ECONOMIC INJURY LEVEL OF *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN PROCESSING TOMATO

ABSTRACT - Tomato plants host various pest species including *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), which was recently introduced in Brazil and became widely spread throughout the production areas. Therefore, the determination of losses and establishment of the economic injury level (EIL) are core components of its control program. The losses caused by *H. armigera* larvae on tomato and numeric estimates of EIL for processing tomato were determined. The trial was run during two years using tomato plants cultivated in the field and used large cages (2.0 x 6.0 x 3.0 m) covering six tomato plants each. The experiment consisted of seven densities of larvae (ca. 0, 1, 3, 6, 12, 24 and 48 larvae per row-meter) of medium size (~2.5 cm). The larvae were placed individually on the third upper fully developed leaf. The evaluation consisted of the number of healthy and damaged fruits, size and weight of the fruits. The percentage of yield losses ranged from 3.49 to 38.64% as function of infestation of 1 to 48 larvae/row-m resulting in yield reduction of 0.25 and 2.32 kg/row-m, respectively. The EIL ranged from 1.23 to 1.51 and from 2.52 to 3.08 larvae per row-meter of plants in 2017 and 2018 cropping seasons, respectively. Based on these results, it is worth mentioning that, even at low larval densities, there is a significant impact of *H. armigera* on reducing tomato yield and highlights the importance of tomato crop monitoring for *H. armigera* infestation aiming at adequate control decision-making.

KEY WORDS: *Solanum lycopersicum*, Heliothinae, IPM, chemical control, control decision

Introdução

Helicoverpa armigera é amplamente distribuída na Ásia, África, Europa e Oceania (EPPO 2018). Recentemente, sua ocorrência foi estendida para o continente americano, sendo detectada no Brasil (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013) e Paraguai (Senave 2013) em 2013, Argentina em 2014 (Murúa *et al.* 2014), Bolívia em 2015 (Kriticos *et al.* 2015) e no Uruguai em 2016 (Castiglioni *et al.* 2016). É caracterizada como sendo altamente polífaga, podendo se alimentar de plantas cultivadas e nativas pertencentes a inúmeras famílias, como Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae e Solanaceae (Hardwick 1965, Reed & Pawar 1982, Fitt 1989, Zalucki *et al.* 1986). De acordo com Tay *et al.* (2013), mundialmente são perdidos mais de US\$ 2 bilhões por ano, devido aos danos causados por *H. armigera* em diversas culturas, excluindo custos socioeconômicos e ambientais. *Helicoverpa armigera* é considerada uma das pragas mais prejudiciais ao tomateiro destinado ao processamento industrial na Espanha (Arnó *et al.* 1999, Lammers & MacLeod 2007). Na Índia, *H. armigera* foi responsável por perda de produção de até 35% de tomate (Dhandapani *et al.* 2003). No Brasil, foram registradas ocorrências de perdas em culturas de grande impacto econômico como a soja, algodão, milho, feijão, tomate e sorgo (Czepak *et al.* 2013, Ávila *et al.* 2013, Bueno & Sosa-Gómez 2014). No oeste da Bahia, foram estimadas perdas na ordem de 800 milhões de dólares, por produtores de soja, milho e algodão durante a safra de 2012/2013 (Bueno & Sosa-Gómez 2014). Assim, a ocorrência dessa praga preocupa a cadeia produtiva do tomateiro em diferentes segmentos (tomate tutorado para mesa, tomate rasteiro para mesa e para processamento industrial e produção orgânica).

A cultura do tomate, soja, grão-de-bico e o algodão, hospedeiros preferenciais de *H. armigera*, podem compartilhar a mesma paisagem agrícola em algumas regiões do Centro-Oeste brasileiro (Pessoa *et al.* 2016), onde este estudo foi realizado. O período de reprodução do algodoeiro (março-junho) coincide com o início do plantio e florescimento do tomate (fevereiro-maio), atuando como uma “ponte verde” para a dispersão de *H. armigera* entre as culturas em

escala de paisagem (Michereff Filho *et al.* 2018). Maior atenção em torno do grão-de-bico deve ser preconizada, pois a cultura está em expansão no Brasil, com projeções em áreas de Cerrado. Essa cultura pode aumentar os riscos de ocorrência de surtos populacionais de *H. armigera* na microrregião de Cristalina, pois é um hospedeiro importante em que *H. armigera* apresenta alto desempenho biológico (Razmjou *et al.* 2014). Além disso, o plantio da cultura é concomitante com o período de cultivo do tomate (Artiaga *et al.* 2015).

Larvas de *H. armigera* podem consumir a parte vegetativa, mas principalmente as estruturas reprodutivas das plantas (Fitt 1989). A alimentação nos primeiros instares larvais ocorre inicialmente nas partes mais tenras das plantas, com dispersão facilitada através da produção de fios de seda (Zalucki *et al.* 1986, Ávila *et al.* 2013). A preferência pela fase reprodutiva das plantas acarreta elevadas perdas mesmo com poucos indivíduos, visto que apresenta o comportamento de deslocamento entre frutos hospedeiros, sem consumi-los totalmente (Zalucki *et al.* 1986). Em tomateiro, os frutos atacados pelas larvas apresentam deformidade na forma de perfurações e galerias. As larvas podem ingerir o conteúdo interno dos frutos, inviabilizando-os para o comércio (Nazarpour *et al.* 2015, Pratisoli *et al.* 2015, Michereff Filho *et al.* 2018). Os orifícios de alimentação abrem porta de entrada para infecções secundárias por microrganismos saprófitos, que levam o fruto ao apodrecimento (Fitt 1989).

A rápida adaptação de *H. armigera* às condições brasileiras, aliada à sua alta polifagia, contribuíram para sucessivas infestações e elevadas perdas na produção de diversas culturas, tornando-se necessária a busca por métodos de controle eficientes (Czepak *et al.* 2013). A utilização de inseticidas continua sendo uma ferramenta indispensável no controle de *H. armigera* (Torres-Vila *et al.* 2000). Contudo, o uso indiscriminado de inseticidas incide no aumento do número de aplicações por safra, elevando conseqüentemente o custo de produção (Michereff Filho & Michereff 2017). Além da perda monetária, o uso abusivo dos inseticidas colabora com a ocorrência de surtos de pragas secundárias, aparecimento de novas pragas e

favorece a seleção de indivíduos para a resistência aos ingredientes ativos mais utilizados rotineiramente (Alvi *et al.* 2012, Fathipour & Sedaratian 2013). Pode ocorrer também a eliminação dos artrópodes benéficos (inimigos naturais e polinizadores) na lavoura, os quais podem ser responsáveis pela supressão da praga alvo ou a supressão de outros artrópodes fitófagos (Fathipour & Sedaratian 2013, Michereff Filho & Michereff 2017). Assim, a racionalização do uso dos inseticidas e a redução dos efeitos negativos no agroecossistema são de extrema importância e podem ser contemplados através da adoção de sistemas de monitoramento e de parâmetros para tomada de decisão de controle, como o nível de dano econômico e o nível de controle (Torres-Vila *et al.* 2000, 2002, Pretty & Bharucha 2015).

O nível de dano econômico (NDE) é definido como a densidade populacional da praga capaz de causar prejuízos equivalentes ao custo da adoção dos métodos de controle (Pedigo *et al.* 1986, Riley 2008). Segundo as definições de Stern *et al.* (1959), o nível de controle é baseado na densidade populacional na qual o controle deve ser iniciado, prevenindo o aumento populacional da praga que venha exceder o nível de dano econômico. Conforme os estudos realizados por Cameron *et al.* (2001), para uma média de quatro aplicações (\$70 dólares/ha) para o controle de *H. armigera* e o valor da colheita em 6.000 US\$/ha, o custo de controle foi ~5% do valor da safra. Essa porcentagem é equivalente ao nível de dano aceito pelas indústrias de processamento de tomate.

Antes de serem destinados ao processamento industrial, os frutos passam por uma seleção, devendo apresentar características como, coloração vermelho-intensa, uniformidade, livre de danos mecânicos e fisiológicos, pragas e doenças (Alvarenga & Souza 2004). Contudo, alguns defeitos podem ser tolerados dentro dos limites estabelecidos através da portaria nº 278, de 30 de novembro de 1988, do Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento (EMBRAPA 2018), dentre eles, frutos broqueados (com a presença de insetos ou furos), pequenos, verdes e mofados. Os padrões de qualidade variam de acordo com o uso final do

produto e, principalmente, da demanda do mercado (Cameron *et al.* 2001). No Brasil, para frutos da classe especial, o mais alto padrão de qualidade, a tolerância de danos graves é <10% para o tomate destinado à indústria (Alvarenga & Souza 2004, EMBRAPA 2018). Na Espanha, o padrão de qualidade é acordado entre as indústrias de processamento e os produtores de tomate. Nesse contexto, a tolerância de danos pode variar de 2% a 5% dos frutos sem a presença de larvas (Torres-vila *et al.* 2011). Por outro lado, até 10% de dano pode ser tolerado para o tomate destinado à indústria na Nova Zelândia (Walker & Cameron 1990). Nesse país, Herman & Cameron (1993) presumiram que metade desse dano, ou seja, 5% pode ser atribuído ao ataque de *H. armigera*.

A constatação recente de *H. armigera*, no Brasil, exigiu que os parâmetros para a tomada de decisão de controle nas lavouras fossem realizados com base nas informações de outros países (Czepak *et al.* 2013). Contudo, são necessários estudos regionais para a caracterização das perdas provocadas na cultura de interesse como o estabelecimento dos níveis de infestação para a adoção de táticas de controle. No presente trabalho foi determinado as perdas de produção de acordo com os níveis populacionais da *H. armigera*, bem como realizou estimativas numéricas para a determinação do nível de dano econômico (NDE) e do nível de controle (NC), em cultivo de tomateiro para processamento industrial.

Material e Métodos

O estudo envolveu experimentos de laboratório, casa de vegetação e campo, que foram conduzidos na Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil (15° 56' S 48° 06' W). Os estudos realizados em condições de campo ocorreram durante os anos de 2017 e 2018 (junho-outubro). **Criação de *Helicoverpa armigera*.** Os indivíduos utilizados para o estabelecimento da criação e a realização dos experimentos originaram-se de população de larvas coletadas em cultivos de tomate para processamento industrial na região de Cristalina, Goiás. Larvas recém-eclodidas

foram individualizadas em copos plásticos de 50 mL fechados com tampa de acrílico e colocados em suportes de isopor com furos apropriados. As larvas foram criadas em dieta artificial preparada conforme Greene *et al.* (1976) com modificações, permanecendo até atingirem a fase de pupa. As pupas foram sexadas de acordo com Butt & Cantu (1962), desinfetadas com formol 5%, água destilada e solução de cobre 1%, respectivamente, e acondicionadas em caixas tipo Gerbox[®], contendo vermiculita até a emergência dos adultos. Estes foram transferidos para gaiolas de PVC (21cm de altura e 15cm de diâmetro), forradas internamente com papel kraft natural, utilizado como substrato para oviposição. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%. A população de *H. armigera* (adultos e larvas) foi mantida em sala climatizada com temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Uma amostra das mariposas advindas da primeira geração em laboratório foi submetida à análise molecular (sequenciamento de DNA) para confirmação da espécie, seguindo os procedimentos propostos por Specht *et al.* (2013).

Produção de Mudas e Preparo do Solo. A produção das mudas de tomateiro foi realizada em bandejas de 128 células com substrato comercial para hortaliças (Bioplant[®]) e irrigação diária. As plantas foram mantidas em casa de vegetação, da sementeira até o transplante, para evitar qualquer exposição a outros insetos. Ao atingir 5-7 folhas verdadeiras as mudas foram transplantadas para o solo. A cultivar utilizada foi a Heinz-9553 (Heinz Seed, Pittsburgh, PA), que representa um dos híbridos mais plantados no Brasil (Luz *et al.* 2016). Este híbrido apresenta crescimento determinado, atingindo o ponto de colheita em 110 a 124 dias após a sementeira. O solo para os ensaios foi preparado de acordo com as práticas usuais: aração, gradagem, adubação com NPK na formulação comercial 4-30-10 a 1000 kg/ha, seguida de gradagem. A adubação foi realizada com base na análise química do solo. O plantio foi conduzido no espaçamento de 0,2m entre plantas e, utilizado o sistema de irrigação e fertirrigação por gotejamento.

Infestação Artificial na Fase Reprodutiva do Tomateiro. A intensidade de injúria provocada por larvas nas plantas foi avaliada considerando o ataque aos frutos por *H. armigera*, em condições de campo. As parcelas experimentais foram instaladas em 20 de junho de 2017 e 17 de junho de 2018. Para o controle da infestação foram utilizadas gaiolas confeccionadas com armação modular de ferro galvanizado (2m de altura x 6m de comprimento x 3m de largura) cobertas com tela antiáfídeo (fig. 1A). Cada gaiola correspondeu a uma repetição e confinou seis plantas, equivalente a um metro linear (fig. 1B). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete densidades de larvas: 0 (testemunha), 1, 3, 6, 12, 24 e 48 larvas por metro linear (gaiola) e quatro repetições por densidade. A infestação foi realizada com larvas de segundo instar colocadas individualmente, com auxílio de um pincel, na terceira folha completamente expandida do terço apical da planta, para simular o local de oviposição e início preferencial da infestação por *H. armigera*, em tomateiro (Torres-Vila *et al.* 2003). As infestações ocorreram em duas etapas, a primeira com 50% de frutos verdes (± 5 cm de diâmetro) e a segunda infestação, 15 dias após a primeira liberação de larvas. Ao final do experimento, que correspondeu 30 dias após a infestação inicial, as parcelas experimentais foram colhidas manualmente, sendo os frutos acondicionados em caixas plásticas devidamente identificadas, por repetição e densidade de infestação. O número de frutos por planta, o número de frutos broqueados e o peso dos frutos foram registrados.

Os frutos foram considerados broqueados quando apresentaram alguma injúria, como orifícios devido à alimentação das larvas. O peso total dos frutos por parcela foi transformado em quilogramas por metro linear (kg/m linear), de acordo com o sistema de produção adotado no Centro-Oeste brasileiro. A porcentagem de perda de rendimento foi calculada considerando a redução no rendimento nos respectivos tratamentos (densidades) pelo rendimento da testemunha (sem infestação), conforme proposto por Zahid *et al.* (2008). O peso médio e números de frutos nos tratamentos foram submetidos à análise de variância (PROC GLM, SAS

Institute 2002). Os dados relativos à produção e à perda de produção em função da densidade larval e da porcentagem de frutos broqueados foram submetidos à análise de regressão linear, utilizando a função PROC REG do programa estatístico SAS (SAS Institute 2002).

Eficácia dos Inseticidas em Casa de Vegetação. Larvas de segundo instar foram expostas aos principais inseticidas registrados para *H. armigera* em diversas culturas agrícolas no país, visando à determinação dos níveis de mortalidade (BRASIL 2018a). A eficiência acima de 80% foi usada como referência, pois é o nível mínimo exigido para registro de um inseticida no Brasil (BRASIL 2018b). O experimento foi conduzido em casa de vegetação com plantas de tomate (cv. H-9553). As plantas foram cultivadas em vasos plásticos (5L) preenchidos com substrato comercial (Bioplant[®], Nova Ponte, MG), tendo proporções iguais de solo, casca de arroz e cama de frango. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação (5 x 4 x 4,5 m), com temperatura média de $30,3 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $72,5 \pm 11\%$ e fotofase de 12h durante o estudo.

Os inseticidas (Tabela 1) foram utilizados na dosagem máxima recomendada pelo fabricante para a pulverização em tomate para processamento industrial. Ao atingir 30 dias após o florescimento, as plantas foram pulverizadas até o ponto de escorrimento da calda (50 mL de calda/planta), empregando um pulverizador de pressão acumulada (Guarany[®], capacidade de 1,25 L). Em seguida, larvas de segundo instar de *H. armigera* foram confinadas sobre a planta com auxílio de sacos de tecido tipo “organza” (10 x 15cm). A unidade experimental foi constituída por uma gaiola de tecido contendo duas larvas, com 30 repetições (gaiolas) totalizando 60 larvas por tratamento (testemunha e inseticidas). A mortalidade foi avaliada após três, sete e 10 dias da pulverização e confinamento das larvas sobre as plantas, de acordo com o tempo de ação dos produtos testados. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, tendo como tratamento os inseticidas e testemunha (sem inseticida). As mortalidades apresentadas nos tratamentos foram corrigidas pela testemunha, utilizando a fórmula de Schneider-Orelli (Püntener 1981). Os dados foram submetidos à análise de variância

e as médias comparadas pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$), empregando-se o PROC GLM do software SAS (SAS Institute 2002).

Determinação do Nível de Dano Econômico para *Helicoverpa armigera* em Tomateiro para Processamento Industrial. Os resultados obtidos nos experimentos anteriores de campo e em casa de vegetação foram utilizados como variáveis ou componentes das fórmulas matemáticas para determinação dos níveis de dano econômico (NDE), e de controle (NC), para *H. armigera* na cultura do tomate destinado ao processamento industrial. O levantamento dos custos de manejo (C) foi realizado com base nos preços médios de inseticidas obtidos em casas agropecuárias no município de Cristalina-GO em junho de 2018, durante o período do estudo, acrescido do custo médio de aplicação. Para o custo de aplicação considerou-se a utilização do pulverizador autopropelido (John Deere 4730), a depreciação do equipamento ao longo do tempo, combustível e valor pago ao operador. Esses dados foram obtidos em parceria com os técnicos e produtores envolvidos na tomaticultura na região Centro-Oeste (valores vigentes em 2018).

Para o controle de *H. armigera* na cultura do tomate são realizadas em média sete pulverizações. Assim, o custo total de manejo foi calculado tendo por base o valor médio dos inseticidas que apresentaram eficiência acima de 80% multiplicados pelo número de pulverizações. As doses (L/ha) foram multiplicadas pelo preço unitário do inseticida. Com base nos valores de mercado (V) para a tonelada de frutos de tomate para processamento (AGRIANUAL 2017, IFAG 2018), foram obtidos os valores vigentes de comercialização no Brasil. Foram calculados três cenários de valores recebidos pelos produtores de tomate para processamento industrial, baixo (R\$ 180,00/t), médio (R\$ 200,00/t) e alto (R\$ 220,00/t) multiplicado pela produtividade média de 85 toneladas por hectare (AGRIANUAL 2017). A taxa de redução da população da praga-alvo (K) foi determinada através dos resultados obtidos nas avaliações de eficiência dos inseticidas recomendados para *H. armigera* que causaram

mortalidade acima de 80%. Assim, o nível de dano econômico (NDE) foi calculado com base nos procedimentos descritos por Pedigo *et al.* (1986), usando a seguinte fórmula: $NDE = C / VIDK$; Onde: C = Custo de Controle/área (R\$/hectare), V = valor de mercado por unidade de produção (R\$/hectare), I = Unidades de injúria por inseto por unidade de produção, D = Dano por unidade de injúria, K = Coeficiente da eficiência do método de controle (K= 0,9) (Pedigo & Higley 1992). Os parâmetros D e I foram obtidos a partir do coeficiente de inclinação da regressão linear da perda de produção (kg/m linear) em função da densidade larval ($y = a + bx$), onde; a = intercepto; b = perda de produção por inseto; e x = número de insetos. Portanto, $NDE = C/VIDK = C/VbK$. O nível de controle foi considerado como 20% abaixo do nível de dano, uma vez que as medidas de controle devem ser realizadas antes da população da praga atingir o NDE (Pedigo *et al.* 1986, Mujica & Kroschel 2013).

Resultados

Infestação Artificial na Fase Reprodutiva do Tomateiro. A presença de diferentes densidades de larvas nas plantas não afetou o peso médio dos frutos sadios (67,7 g/fruto) ($P = 0,987$). Contudo, análise de regressão evidenciou uma relação significativa entre a densidade de larvas e a produção ($F = 21,33$; $r^2 = 0,45$; $P < 0,0001$) durante a safra de 2017, como também, na safra de 2018 ($F = 17,05$; $r^2 = 0,49$; $P < 0,001$), resultado que caracterizou uma redução na produção do tomate com aumento da densidade de infestação de larvas. Esse resultado corrobora com a relação significativa e positiva da porcentagem de frutos broqueados e a densidade de infestação de larvas em 2017 ($F = 311,87$; $r^2 = 0,92$; $P < 0,0001$), e em 2018 ($F = 57,19$; $r^2 = 0,76$; $P < 0,0001$). A porcentagem de frutos broqueados nos tratamentos com 1 a 48 larvas por metro linear variaram de 0,71 a 17% na safra de 2017 e de 0,77 a 4,43% na safra de 2018. A produtividade média variou em relação ao ano de cultivo, sendo o segundo ano mais produtivo que o primeiro. Na safra de 2017, ocorreu significativa variação na produção média de 33,5 a

20,5 kg/m linear, respectivamente (Tabela 2). Já no segundo ano de estudo, esses valores variaram entre 33,8 e 18,8 kg/m linear para os tratamentos com 1 e 48 larvas. Os resultados evidenciam que a porcentagem de frutos broqueados está significativamente relacionada à redução da produtividade do tomate na safra de 2017 ($F = 32,78$; $r^2 = 0,56$; $P < 0,001$) e na safra de 2018 ($F = 21,40$; $r^2 = 0,54$; $P < 0,001$). Na safra de 2017, foi observada maior perda de produção comparada à safra de 2018. A porcentagem de perda variou de 3,49 a 38,64% para os diferentes níveis de infestação nas duas safras, correspondendo à redução entre 0,25 e 2,32 kg/m linear (Tabela 2). Na safra de 2017, o dano de 5% estabelecido pelas indústrias de processamento como padrão de qualidade do produto (Cameron *et al.* 2001), foi alcançado com a infestação de 1 larva/m linear, porém, na safra de 2018 este nível de exigência pela indústria somente foi atingido a partir de 6 larvas/m linear. A produção obtida no tratamento sem infestação foi estimada em 33,7 kg/m linear (2017) e 34,5 kg/m linear (2018) (Tabela 2).

Eficácia dos Inseticidas em Casa de Vegetação. Todos os produtos estudados são registrados para o controle de *H. armigera* e, ocasionaram mortalidade superior a 87% para larvas de segundo instar, indiferente de sintético ou biológico (Tabela 3). A mortalidade acumulada aos 3, 7 e 10 dias de confinamento não diferiu entre esses tratamentos.

Determinação do Nível de Dano Econômico para *Helicoverpa armigera* em Tomateiro para Processamento Industrial. O custo de controle para *H. armigera*, com aplicação via terrestre através de um pulverizador autopropelido foi de R\$1017,39. Esse é o valor médio dos inseticidas testados multiplicado por sete pulverizações. Deste custo, 16% estão relacionados aos valores operacionais (combustível, depreciação do equipamento e operador) e o valor remanescente, de 84% refere-se ao preço dos inseticidas (Tabela 4). O valor do custo de controle obtido foi maior para o inseticida clorfenapir e menor para o inseticida biológico *Bta*. Apesar do inseticida clorfenapir ser de menor valor comercial por unidade, comparado aos demais produtos avaliados, a alta dosagem recomendada (1200 mL/ha) requer aquisição de maior quantidade de

produto. Os valores de produção do tomate considerando a produtividade de 85 toneladas por hectare, variaram de R\$15.300,00 a R\$18.700,00 para os três possíveis cenários de mercado (baixo, médio e alto) (Tabela 5).

O coeficiente de inclinação do modelo ajustado (componente da fórmula do NDE) foi utilizado na estimativa das perdas qualitativas. Com base no coeficiente angular da análise de regressão da perda de produção em função da densidade larval, estima-se a redução proporcionalmente por larva de *H. armigera* de 0,049 e 0,024 kg, no peso total dos frutos produzidos por metro linear de cultivo, durante as duas safras do estudo, respectivamente (Fig. 2).

Os valores de NDE considerando os valores de mercado da cultura baixo, médio e alto para a safra de 2017 foram de 1,51, 1,36 e 1,23 larvas por metro linear, respectivamente. Assim, os valores obtidos para o NC variaram de 0,99 a 1,21 larvas por metro linear, para os três cenários de mercado do tomate (Tabela 6). Por outro lado, no segundo ano de cultivo, os valores de NDE foram de 3,08 (baixo), 2,77 (médio) e 2,52 (alto) larvas por metro linear considerando os valores recebidos pelos produtores de tomate destinado à indústria. O NC em 2018 variou de 2,02 a 2,46 larvas/m linear (Tabela 6).

Discussão

Um fator relevante para o cálculo do NDE é a eficácia dos inseticidas recomendados (Stern *et al.* 1959, Higley & Pedigo 1992), embora desprezado em vários trabalhos. O componente K da fórmula de Pedigo *et al.* (1986), ou seja, o dano evitado pela aplicação oportuna da tática de manejo, pode alterar significativamente os valores encontrados para o NDE. Assim, menores eficiências dos inseticidas podem resultar em maiores perdas e estarem associadas a tolerância de menores níveis de dano econômico (Higley & Pedigo 1992, Naranjo *et al.* 1996). Neste estudo, contudo, a exposição de larvas aos inseticidas testados resultou em mortalidades acima

de 87%, confirmando sua eficácia sobre *H. armigera* e, conseqüentemente, seu potencial de emprego na determinação do NDE. Os produtos biológicos *Bta* e HearNPV apresentaram eficiência no controle da praga, com recomendações para outras culturas além do tomate como a soja e algodão, dentre outras (Moore *et al.* 2004, Yang *et al.* 2013, Arrizubieta *et al.* 2016, Kuss *et al.* 2016). Vale salientar que a mortalidade acumulada das larvas após a exposição ao HearNPV atingiu o máximo aos 10 dias. Esse resultado advém do modo de ação do vírus, pois após a ingestão, as cápsulas proteicas do HearNPV se dissolvem e liberam virions que entram em contato com o núcleo das células do intestino médio das larvas. As células infectadas multiplicam os virions, que são liberados e infectam novas células até espalhar-se por todo o corpo do hospedeiro (Granados 1980). A morte das larvas ocorre em torno de sete dias após o contato com o vírus (Arrizubieta 2013). Todos os demais produtos, exceto o *Bta*, que possui também modo de ação assemelhando ao baculovírus, quanto ao tempo de ação (IRAC 2016), foram de ação rápida, apresentando mortalidade larval acima de 80%, entre 48 e 120h. Vivan *et al.* (2017) obtiveram resultados semelhantes, empregando dieta contaminada com inseticidas sintéticos e biológicos na mortalidade de larvas de *H. armigera*. Os resultados de mortalidade mostrados nesse estudo estão em conformidade com outros trabalhos como Chatterjee & Mondal (2012), Abbas *et al.* (2015) e Kuss *et al.* (2016), no controle da *H. armigera*.

O custo de controle possui caráter variável, pois depende do custo de aplicação, quantidade e valor dos inseticidas a serem aplicados (Pedigo *et al.* 1986, Higley & Pedigo 1992). Durante o período de florescimento até a colheita do tomate podem ser realizadas, em média, sete aplicações de inseticidas para o controle de *H. armigera* (Cameron *et al.* 2001, Taylor & Riley 2008). Desta forma, o custo de controle representa aproximadamente 5% do custo de produção do tomate para processamento industrial na região. Portanto, a decisão de controlar a praga deve considerar as variáveis de definição do custo de controle. Por exemplo, Pereira *et al.* (2017) em estudo com *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae) na cultura

da melancia, determinaram que o custo de controle foi de aproximadamente 2% do valor de produção. Isso ocorreu devido ao menor preço dos inseticidas utilizados no controle do tripses, como também, em razão do alto valor de mercado da melancia (US \$218,75 dólares/t).

A porcentagem de frutos broqueados, como também a produtividade do tomateiro, diferiu nos dois anos de estudo. Mudanças eventuais no clima ocorreram nas duas safras, como estiagem prolongada e precipitação pluviométrica antes do período definido no Cerrado. Estudos realizados por Setiawati (1990), na Indonésia, demonstraram que a porcentagem de dano e perda na produção de frutos de tomate por *H. armigera* foram significativamente maiores na estação seca, comparados com os resultados obtidos na estação chuvosa. Para a região de maior produção de tomate no Brasil e realização deste estudo, o tomateiro é cultivado de fevereiro a meados de outubro. *H. armigera* possui alta capacidade de sobrevivência em condições ambientais adversas como excesso de calor, frio ou seca (Fitt 1989). Essa característica, própria da espécie, pode ter favorecido a maior porcentagem de broqueamento no tomate durante a safra de 2017, quando sobreveio o período de estiagem mais acentuado no Cerrado. Pomari-Fernandes *et al.* (2015) salientam que, em alguns estados brasileiros como a Bahia, tipicamente secos e quentes, a ocorrência e o dano de *H. armigera* podem ser maiores em comparação a outras regiões, como o Sul do país, com registro de baixa incidência da praga.

O presente estudo mostra que mesmo em baixa infestação, como aquela de uma larva por metro linear, a produtividade do tomate para processamento foi reduzida significativamente. As reduções de produtividade em baixa infestação encontrada em nosso estudo estão de acordo com Cameron *et al.* (2001), Torres-vila *et al.* (2003) e Stacke *et al.* (2018) nas culturas do tomate e soja. Além disso, a porcentagem de frutos danificados, tolerada pelas indústrias brasileiras baseia-se, apenas, na qualidade esperada dos frutos na colheita, não levando em consideração as questões econômicas relacionadas ao rendimento. Nesse sentido, recomendamos a utilização do NDE para o controle de *H. armigera*, pois incorpora parâmetros econômicos e de mercado

para a tomada de decisão. Isto considerando que o valor pago no mercado do tomate, inseticida e custo de aplicação tem influência direta na determinação da densidade populacional que justifica a aplicação do controle (Naranjo *et al.* 1996, Mujica & Kroschel 2013). Isto é claramente demonstrado pelo menor valor de NDE com o aumento do valor de mercado do tomate, porém, maior será o valor de NDE quando o valor por aplicação do inseticida for maior que o retorno com o controle.

Helicoverpa armigera nos primeiros instares larvais causa desfolha e reduz a frutificação efetiva, devido ao consumo de flores; porém, o broqueamento de frutos é o principal dano provocado por essa espécie definindo-a como praga direta no tomateiro. Para o tomate de mesa, qualquer injúria ocasionada pela praga é caracterizada como perda total, pois qualquer tipo de broqueamento leva ao descarte do fruto. No tomate destinado ao processamento industrial, o fruto ainda que broqueado é aproveitado pela indústria, porém, com o seu peso reduzido pelo consumo da polpa. Além da perda de produção da cultura, a injúria causada pela praga pode reduzir o Brix (teor de sólidos solúveis totais) dos frutos. Com redução, ainda maior, da porcentagem de ganho dos produtores na classificação e validação da polpa pela indústria.

A alta importância econômica da *H. armigera*, na cultura do tomateiro, ocorre devido ao prejuízo resultante do comportamento de alimentação e voracidade das larvas. A preferência das larvas por estruturas reprodutivas e a tendência de ataque a vários frutos antes de completar o seu ciclo biológico, reduz significativamente o rendimento e a qualidade do tomate destinado à indústria, mesmo em baixa infestação (Zalucki *et al.* 1986, Torres-Vila *et al.* 2003). Portanto, o monitoramento da cultura deve ser realizado para o estabelecimento do momento ideal de controle da *H. armigera*. A adoção dos métodos de controle deve ser tomada quando há justificativa, reduzindo gastos desnecessários para os produtores. Contudo, a ação de controle deve ser rápida devido ao intervalo necessário para o inseticida matar a praga, evitando que a manutenção de indivíduos e/ou o aumento da densidade da praga cause prejuízos. Presume-se

que os valores de NDE propostos, abordam melhor as relações de custo-benefício e aspectos ambientais priorizados no MIP. Estudos adicionais devem ser realizados para validar os níveis de dano e controle proposto por esse trabalho. Essas informações servirão para melhorar a compreensão dos prejuízos causados pela praga, em condições de Cerrado brasileiro, com aplicação consciente e eficiente dos métodos de controle, com aumento da lucratividade e melhores resultados ambientais.

Agradecimentos

A todos os estagiários e bolsistas do laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, que contribuíram na concretização desse trabalho. Ao funcionário Moises Lopes Fernandes pelas sugestões e auxílio na execução das atividades. Ao pesquisador MSc. Antônio Williams Moita da Embrapa Hortaliças, pelo suporte na análise dos dados. A Embrapa Hortaliças pela infraestrutura e logística disponibilizadas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo e suporte através do Projeto PROCAD CAPES NF.

Literatura Citada

- Abbas, G., N. Hassan, M. Farhan, I. Haq & H. Karar. 2015.** Effect of selected insecticides on *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) and their successful management. *Adv. Entomol.* 3:16–23.
- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. 2017.** São Paulo, FNP Consultoria & Comércio, 472p.
- Alvarenga, M. & R.D. Souza. 2004.** Comercialização, colheita, classificação e embalagens, p. 367-393. In M.A.R. Alvarenga (ed.), *Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras, MG, Editora UFLA, 455p.
- Alvi, A.H.K., A.H. Sayyed, M. Naeem & M. Ali. 2012.** Field evolved resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ac in Pakistan. *PLOS One* 7: e47309.
- Arnó, J., R. Gabarra, J. Roig, T. Fosch & B.J. Bieche. 1999.** Integrated pest management for processing tomatoes in the Ebro Delta (Spain). *Acta Hort.* 487: 207-211.

- Arrizubieta M., O. Simón, T. Williams & P. Caballero. 2016.** Determinant factors in the production of a co-occluded binary mixture of *Helicoverpa armigera* alphabaculovirus (hearnpv) genotypes with desirable insecticidal characteristics. PLOS One 11: e0164486.
- Artiaga, O.P., C.R. Spehar, L.S. Boiteux & W.M. Nascimento. 2015.** Evaluation of chickpea genotypes under rain-fed conditions in the Brazilian 'Cerrado' region. Rev. Bras. Ciênc. Agric. 10: 102-109.
- Ávila, C.J., L.M. Vivan & G.V. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (circular técnica 23).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018a.** Agrofit. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 10/10/2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018b.** Manual de procedimentos para registro de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/manual-de-procedimentos-para-registro-de-agrotoxicos.pdf>. Acessado em: 05/11/2018.
- Butt, B.A. & E. Cantu. 1962.** Sex determination of lepidopterous pupae. Washington, DC: USDA, 7p.
- Cameron, P.J., G.P. Walker, T.J.B. Herman & A.R. Wallace. 2001.** Development of economic thresholds and monitoring systems for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in tomatoes. J. Econ. Entomol. 94: 1104-1112.
- Carvalho, C.R.F., N.J. Ponciano, P.M. Souza, C.L.M. Souza & E.F. Sousa. 2014.** Viabilidade econômica e de risco da produção de tomate no município de Cambuci/RJ, Brasil. Cienc. Rural. 44: 2293-2299.
- Castiglioni, E., C.R. Perini, W. Chiaravalle, J.A. Arnemann, G. Ugalde & J.V.C. Guedes. 2016.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, em Uruguai. Agrociên. Urug. 20: 31-35.
- Chatterjee, M.L. & S. Mondal. 2012.** Sustainable management of key lepidopteran insect pests of vegetables. Acta Hort. 958: 147-153.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivan, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesqu. Agropec. Trop. 43:110-113.
- Dhandapani, N.U., R. Shekhar & M. Murugan. 2003.** Bio-intensive pest management (BIPM) in major vegetable crops: an Indian perspective. Food Agric. Environ. 1:333-339.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018.** Classificação de hortaliças. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/26382/1/do_22.pdf. Acessado em: 10/10/2018.

- EPPO. European Plant Protection Organization. 2018.** *Helicoverpa armigera*. Paris. Disponível em: <https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR/distribution>. Acessado em: 20/06/18.
- Fathipour, Y. & A. Sedaratian. 2013.** Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems, p. 231-280. In H. El-Shemy (ed.), Soybean-pest resistance. Rijeka, Croatia, InTech, 280p.
- Fitt, G.P. 1989.** The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. Annu. Rev. Entomol. 34: 17-52.
- Granados, R.R. 1980.** Infectivity and mode of action of baculoviruses. Biotechnol. Bioeng. 22:1377-1405.
- Greene, G.L., N.C. Leppa & W.A. Dickerson. 1976.** Velvetbean caterpillar (Lepidoptera, Noctuidae) rearing procedure and artificial medium. J. Econ. Entomol. 69: 487-488.
- Guil-Guerrero, J.L. & M.M. Reboloso-Fuentes. 2009.** Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. J. Food Compos. Anal. 22: 123-129.
- Hardwick, D.F. 1965.** The corn earworm complex. Mem. Entomol. Soc. Canada 40: 1-247.
- Herman, T.J.B. & P.J. Cameron. 1993.** The value of IPM in processing tomatoes, pp. 61-67. In D. M. Suckling & A. J. Popay (eds.), Plant Protection: Costs, Benefits and trade Implications. Lincoln, New Zealand, N.Z. Plant Protection Society, 161p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.** Levantamento sistemático da produção agrícola, tomate: produção e área. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acessado em: 04/07/18.
- IFAG. Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás. 2018.** Estimativa de custo de produção, tomate industrial. Disponível em: <file:///C:/Users/e14105/Downloads/Estimativa%20de%20Custo%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20-%20Tomate%20ind%C3%BAstria.pdf>. Acessado em: 05/06/18.
- Kriticos D.J., N. Ota, W.D. Hutchison, J. Beddow, T. Walsh, W.T. Tay, D.M. Borchert, S.V. Paula-Moreas, C. Czepak & M.P. Zalucki. 2015.** The potential distribution of invading *Helicoverpa armigera* in North America: Is it just a matter of time? PLOSOne. 10: e0119618.
- Kuss, C.C., R.C.R. Kuss-Roggia, C.J. Basso, M.C.N. Oliveira, O.H. Castro Pias & S. Roggia. 2016.** Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. Pesqu. Agropec. Bras. 51: 527-536.
- Lammers, J. & A. Macleod 2007.** Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hbn). Plant Protection Service (NL) and Central Science laboratory (UK), 18 p.
- Liedl, B., J.A. Labate, J.R. Stommel, A. Slade & C. Kole. 2013.** Genetics, genomics and breeding of tomato. Kole, Uganda, CRC Press, 479p.

- Luz, J.M.Q., C.A. Bittar, R.C. Oliveira, A.R. Nascimento & A.P.O. Nogueira. 2016.** Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. *Hortic. Bras.* 34:483-490.
- Michereff Filho, M. & M.F.F. Michereff. 2017.** Controle de pragas na agricultura brasileira: estamos no rumo da sustentabilidade? p. 287-315. In C.A. Lopes & M.T.M, Pedroso (eds.), *Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática*. Brasília, DF, Embrapa, 433p.
- Michereff Filho, M., M.E.N.F. Boiteux, L. Boiteux, A. Specht, A. Moita, K.F.A. Silva, P.S. Silva & N.C.M. Sousa. 2018.** Levantamento de espécies de noctuídeos em cultivos de tomateiro no Brasil. Brasília, Embrapa Hortaliças, 36p (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 159).
- Moore, S.D., T. Pittaway, G. Bouwer & J.G. Fourie. 2004.** Evaluation of *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus (HearNPV) for Control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on Citrus in South Africa. *Biocontrol Sci. Techn.* 14: 239-250.
- Mujica, N. & J. Kroschel. 2013.** Pest intensity-crop loss relationships for the leafminer fly *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. *Crop Prot.* 47: 6-16.
- Murúa, M.G., F.S. Scalora, F.R. Navarro, L.E. Cazado, A. Casmuz, M.E. Villagrán & G. Gastaminza. 2014.** First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. *Fla. Entomol.* 97: 854-856.
- Nazarpour, L., F. Yarahmadi, A. Rajabpour & M. Saber. 2015.** Efficacy of augmentative release of *Habrobracon hebetor* Say (Hym. Braconidae) for biological control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Natural Resource Management and Rural Development*. Disponível em: <http://www.tropentag.de/2015/abstracts/full/135.pdf>. Acessado em: 11/11/18.
- Naranjo, S.E., C.C. Chu & T.J. Henneberry. 1996.** Economic injury levels for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton: impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Prot.* 15: 779-788.
- Pedigo, L.P., S.H. Hutchins & L.G. Higley. 1986.** Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341-68.
- Pedigo, L.P. & L.G.A Higley. 1992.** New perspective of the economic injury level concept and environmental quality. *Am. Entomol.* 38: 12-21.
- Pereira, P.S., R.A. Sarmiento, T.V. Galdino, C.H. Lima, F.A. Santos, J. Silva & M.C. Picanço. 2017.** Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. *Pest Manag. Sci.* 73: 1438-1445.
- Pessoa, M.C.P.Y., J.S. Marinho-Prado, L.A.N. Sá, R. Mingoti, W.A. Holler & C.A. Spadotto. 2016.** Priorização de regiões do Cerrado brasileiro para o monitoramento de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesqu. Agropec. Bras.* 51: 697-701.
- Pomari-Fernandes, A., A. Freitas-Bueno & D.R. Sosa-Gómez. 2015.** *Helicoverpa armigera*: Current status and future perspectives in Brazil. *Curr. Agric. Sci. Technol.* 21:1-7.

- Pratissoli, D. & J.R. Carvalho. 2015.** Guia de campo: pragas da cultura do tomateiro. Alegre, UFES, 35p.
- Pretty, J. & Z.P. Bharucha. 2015.** Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 6: 152-182.
- Püntener W. 1981.** Manual for field trials in plant protection. Basle: Ciba-Geigi, 205p.
- Razmjou, J., B. Naseri & S.A. Hemati. 2014.** Comparative performance of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *J. Pest Sci.* 87: 29-37.
- Reed, W. & C.S. Pawar. 1982** *Heliothis*: a global problem, p. 9–14. In Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* Management. Patancheru, India, ICRISAT, 430p.
- Riley, D.G. 2008.** Economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) concepts in pest management, p. 1282-1286. In J.E. Capinera (ed.), *Encyclopedia of Entomology*. Dordrecht, Springer, 4346p.
- Robertson L.D. & J.A. Labate. 2007.** Genetic resources of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and wild relatives, p. 25-75. In M.K. Razdan & A.K. Mattoo (eds.), *Genetic improvement of solanaceous crops, tomato*. Enfield, NH: Science Publishers, 637p.
- SAS Institute. 2002.** The SAS System. Version 9.00. Cary: SAS Institute.
- Senave en alerta tras ingreso de peligrosa plaga agrícola, 2013.** ABC Color, Disponível em: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/senave-en-alerta-tras-ingreso-de-peligrosa-plaga-agricola-629240.html>. Acessado em: 20/06/18.
- Setiawati, W. 1990.** Damage and yield losses of tomato caused by *Heliothis armigera* Hubn. (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Penelitian Hort.* 19:14-17.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gómez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesqu. Agropec. Bras.* 48: 689-692.
- Stacke, R.F., J.A. Arnemann, J. Rogers, R.S. Stacke, T.T. Strahl, C.R. Perini & J.V. Guedes. 2018.** Damage assessment of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean reproductive stages. *Crop Prot.* 112: 10-17.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. Van den Bosch & K.S. Hagen. 1959.** The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81–101
- Tay, W.T., M.F. Soria, T. Walsh, D. Thomazoni, P. Silvie, G.T. Behere, C. Anderson & S. Downes. 2013.** A brave new world for an old-world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *PLOS ONE* 8: e80134.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodríguez-Molina, E. Palo, E. Del Estal & A. Lacasa. 2000.** El complejo parasitario larvario de *Helicoverpa armigera* Hübner sobre tomate en las Vegas del Guadiana (Extremadura). *Bol. San. Veg. Plagas* 26: 323-333.

- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodriguez-Molina, A. Lacasa-Plasencia, P. Bielza-Lino & A. Rodriguez del Rincion. 2002.** Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93: 55–66.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodriguez-Molina & A. Lacasa-Plasencia. 2003.** Impact of *Helicoverpa armigera* larval density and crop phenology on yield and quality losses in processing tomato: developing fruit count-based damage thresholds for IPM decision-making. *Crop Prot.* 22: 521-532.
- Vivan, L.M., J.B. Torres & P.L.S. Fernandes. 2017.** Activity of selected formulated biorational and synthetic insecticides against larvae of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 101: 118–126.
- Walker, G.P. & P.J. Cameron. 1990.** Pheromone trapping and field scouting for tomato fruitworm in tomatoes and sweet corn. *Proc. N.Z. Weed Pest Control Conf.* 43:17-20.
- Yang, Y., Y. Li & Y. Wu. 2013.** Current status of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* after 15 years of Bt cotton planting in China. *J. Econ. Entomol.* 106: 375-381.
- Zahid, M.A., M.M. Islam, M.H. Reza, M.H.Z. Prodhan & M.R. Begum. 2008.** Determination of economic injury levels of *Helicoverpa armigera* (Hubner) in chickpea. *Bangladesh J. Agric. Res.* 33: 555-563.
- Zalucki, M.P., G. DGLISH, S. Firempong & P.H. Twine. 1986.** The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? *Aust. J. Zool.* 34: 779–814.



Figura 1. Parcelas experimentais representadas por gaiolas de armação modular cobertas com tela antifúngica (A), contendo seis plantas de tomateiro cv. H9553 (B) utilizadas no experimento de infestação larval.

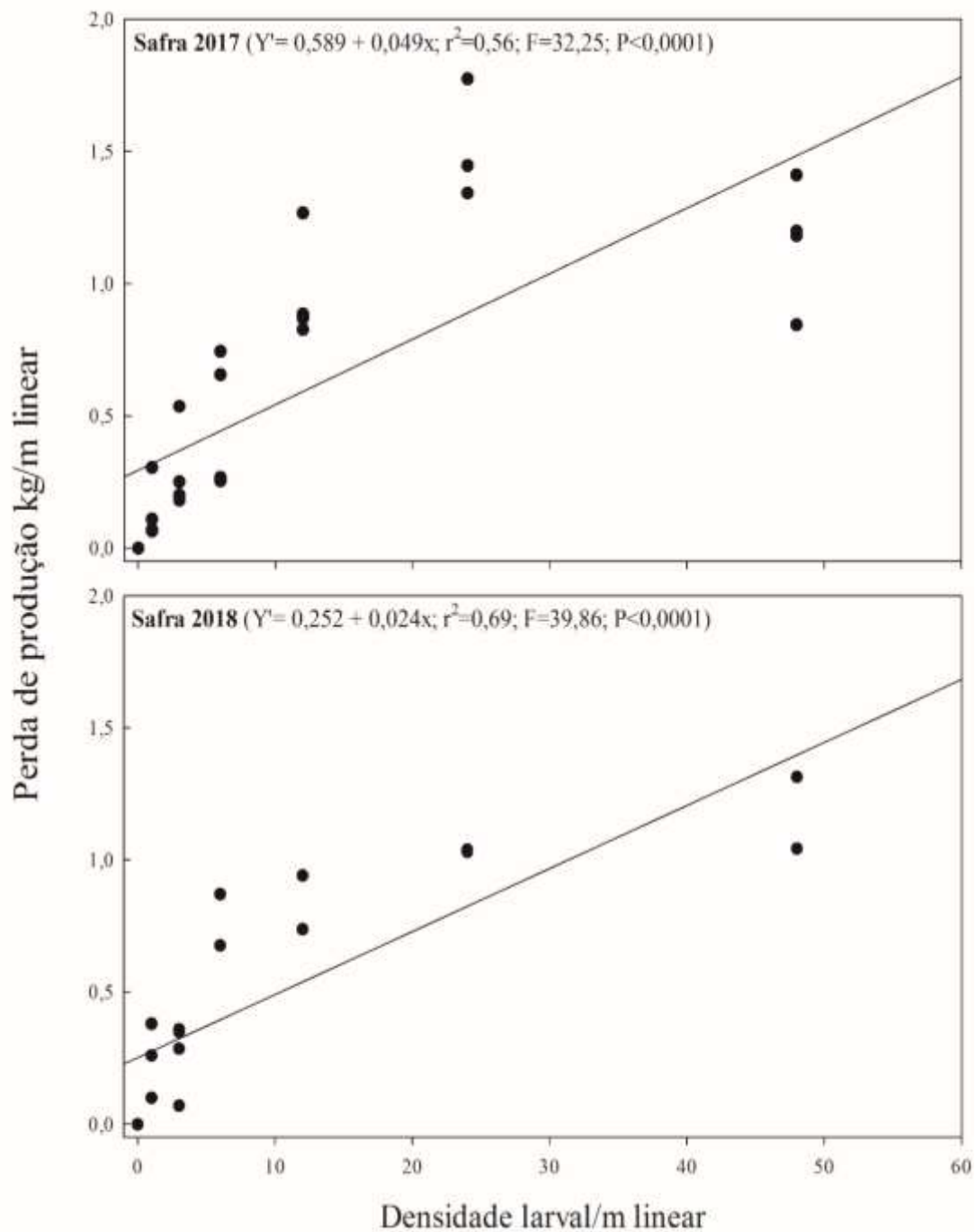


Figura 2. Relação entre a perda de produção (kg/m linear) de tomate para processamento industrial em função da densidade larval da *Helicoverpa armigera* durante as safras de 2017 e 2018. Gama, Distrito Federal, 2017-2018.

Tabela 1. Inseticidas e dosagens utilizadas no experimento de eficiência de controle da *Helicoverpa armigera* em tomateiro, em casa-de-vegetação.

Inseticidas	Formulação	Grupo químico	Produto comercial (p.c.)	Dose do p.c. (mL ha ⁻¹) ¹
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (<i>Bta</i>) estirpe GC 91	WP	Biológico	Agree® (Biocontrole, São Paulo, Brasil)	750
Clorfenapir	SC	Análogo de pirazol	Pirate® (BASF Corporation, Ludwigshafen am Rhein, Alemanha)	1200
Flubendiamida	SC	Diamida do ácido ftálico	Belt® (Bayer CropScience, Leverkusen, Alemanha)	125
<i>Helicoverpa armigera</i> Nucleopolyhedrovirus – HearNPV	SC	Biológico	Diplomata® (Koppert, Berkel e Rodenrijs, Holanda)	200

¹BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018. Agrofit. Disponível em:

http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 10/10/2018

Tabela 2. Produtividade média, perda de produção e porcentagem de perda de produção de frutos de tomate para processamento industrial cv. H9553, submetido à infestação com diferentes densidades de larvas de *Helicoverpa armigera*, em gaiolas de campo.

Densidade de larvas por metro linear	Produção (kg/m linear)	Perda de produção (%) ¹
Safrá 2017		
0	33,7 ± 3,49	-
1	33,5 ± 2,59	6,00
3	33,3 ± 2,34	9,56
6	30,1 ± 3,12	9,87
12	22,6 ± 1,65	32,07
24	20,9 ± 3,38	34,37
48	20,5 ± 1,78	38,64
Safrá 2018		
0	34,5 ± 2,58	-
1	33,8 ± 2,63	3,49
3	33,4 ± 0,76	4,51
6	25,8 ± 2,80	6,34
12	20,8 ± 8,08	22,24
24	20,2 ± 1,96	28,27
48	18,8 ± 3,65	34,06

$$^1\text{Perda de produção} = \frac{\text{fruto sadio (kg mL)} - \text{fruto broqueado (kg mL)}}{\text{fruto sadio (kg mL)}} \times 100 \text{ (Zahid et al. 2008).}$$

Tabela 3. Mortalidade corrigida (\pm EP) de larvas de *Helicoverpa armigera*, confinadas em plantas cultivadas em casa de vegetação e pulverizadas com diferentes inseticidas aos 10 dias após confinamento.

Inseticidas	n ¹	Mortalidade (%) ²
<i>Bta</i>	60	96,5 \pm 3,48 a
Clorfenapir	48	95,7 \pm 4,25 a
Flubendiamida	60	87,8 \pm 5,41 a
HearNPV	60	91,3 \pm 4,39 a

¹Número de insetos testados.

²Mortalidade corrigida através da fórmula de Schneider-Orelli (Püntener 1981). Média seguida pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Tabela 4. Estimativa dos custos, em reais, de controle de *Helicoverpa armigera* em tomate para processamento industrial.

Inseticidas	Dosagem utilizada (mL p.c./ha)	Custo de uma aplicação de inseticida (R\$/ha)	Custo da aplicação (R\$)	Custo do inseticida + aplicação (R\$/ha)	Custo total (7 aplicações) (R\$/ha)
<i>Bta</i>	750	75,00	22,50	97,53	682,70
Clorfenapir	1200	168,00	22,50	190,53	1333,70
Flubendiamida	125	98,20	22,50	120,78	845,45
HearNPV	200	150,00	22,50	172,53	1207,70
Média	-	122,81	22,50	145,34	1017,39

Tabela 5. Valor de mercado, produtividade, preço do produto e produção do tomate para processamento industrial em Cristalina, Goiás, Brasil, 2018.

Valor de mercado	Produtividade média (t/ha)	Preço do produto (R\$/t)	Custo de produção (R\$/ha)
Baixo	85	180,00	15.300,00
Médio	85	200,00	17.000,00
Alto	85	220,00	18.700,00

Tabela 6. Nível de dano econômico (NDE) gerado a partir da relação linear entre a densidade de larvas/m linear, a perda na produção (kg/m linear), e o valor da produção de tomate para processamento industrial.

Período do cultivo	NDE (NC) Número de larvas/m linear		
	Baixo ¹	Médio	Alto
Safra 2017	1,51 (1,21)	1,36 (1,09)	1,23 (0,99)
Safra 2018	3,08 (2,46)	2,77 (2,22)	2,52 (2,02)

¹Valor recebido pelo produtor na comercialização de tomate para processamento industrial, baixo (R\$ 180,00/t), médio (R\$ 200,00/t) e alto (R\$ 220,00/t).

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do tomateiro é de grande valor econômico com investimentos na produção de 1 hectare podendo chegar a 20 mil reais, e o retorno bruto esperado, em média, de 100 t/ha de tomate para processamento. Apesar das variações de preços ao longo das safras, a produção é altamente rentável se comparado com a produção de outras hortaliças dividindo o mesmo agroecossistema e que, também, são atacadas pela *Helicoverpa armigera*. A tomada de decisão com a correta adoção de nível de controle para a adoção de medidas de manejo pode contribuir efetivamente para evitar perdas econômicas, investimentos desnecessários e a contaminação ambiental, bem como para a preservação do controle biológico natural, pela decisão da aplicação do controle químico de forma racional.

A utilização da armadilha iscada com feromônio sexual sintético como ferramenta para monitoramento de adultos de *H. armigera* permitiu a previsão de perdas na produção de tomate industrial ocasionadas por essa praga, como também, a identificação dos períodos de maior ocorrência da praga para subsidiar a melhor época de plantio do tomateiro em condições de cerrado. Nossos resultados demonstram o potencial de impacto da *H. armigera* na redução da produção do tomate para processamento industrial mesmo em baixas infestações, visto que, o nível de dano econômico (NDE) varia entre 1,23 a 3,08 larvas por metro linear de plantas. A variação no NDE está em função do valor da produção, apesar do valor da cultura ter se mantido estável durante os últimos anos no Brasil. Com base no valor da produção, pode-se obter o NDE menor, ou seja, aceitar menos perdas se o produto (preço pago pela polpa) estiver valorizado, ou aceitar mais perdas caso o produto sofra desvalorização no mercado.

O NDE também varia de acordo com o custo de controle, porém poucos inseticidas são registrados no Brasil para o controle da *H. armigera* no tomateiro, embora os produtos sintéticos e biológicos disponíveis sejam opções para o controle da praga. Futuramente, outros produtos poderão ser disponibilizados no mercado viabilizando a redução do custo de controle. Assim, é importante salientar que, dependendo do valor do produto e do custo de controle, o NDE determinado neste estudo pode variar e que deve ser ajustado para continuar sendo uma ferramenta viável no suporte a decisão de controle. Contudo, este ajuste pode ser realizado de maneira relativamente fácil substituindo os valores atualizados da produção, do novo custo de controle, ou de ambos simultaneamente, nas fórmulas de cálculo do NDE. Isto porque a parte experimental da relação de infestação da praga e perdas já foi definida, neste estudo, e espera-se pouca alteração em razão da validação futura em amplas condições de cultivo de tomate para processamento industrial. Vale salientar, no entanto, que estudos futuros quanto ao uso de plantas resistentes serão de grande importância, pois o uso de cultivares com maior tolerância ao ataque de pragas, pode resultar em maior relação de infestação com menores perdas e, conseqüentemente, redução do custo de controle e número de aplicações de inseticidas alterando o NDE.

Espera-se que a partir da adoção do NDE determinado neste estudo, as recomendações das aplicações de inseticidas ocorram somente quando os níveis populacionais ou intensidade de injúria do inseto justificar economicamente o seu controle e, conseqüentemente, todos os benefícios econômicos e ambientais a serem propiciados pela adoção racional do controle químico. Além disso, armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético são ferramentas de fácil execução, rápidas e altamente confiáveis para o monitoramento da praga em áreas extensas como as áreas de cultivo de tomate para processamento industrial.