

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DINÂMICA POPULACIONAL, INFESTAÇÃO NATURAL E  
ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens*  
(WALKER: 1857) E *Spodoptera* spp. (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E ALGODOEIRO  
*Bt* QUE EXPRESSAM PROTEÍNAS CRY**

**Daniela de Lima Viana**  
Bióloga

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DINÂMICA POPULACIONAL, INFESTAÇÃO NATURAL E  
ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens*  
(WALKER: 1857) E *Spodoptera* spp. (LEPIDOPTERA:  
NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E ALGODOEIRO  
*Bt* QUE EXPRESSAM PROTEÍNAS CRY**

**Daniela de Lima Viana**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Entomologia Agrícola).

V614d Viana, Daniela de Lima  
Dinâmica populacional, infestação natural e aspectos biológicos de *Chrysodeixis includens* (Walker: 1857) e *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de soja e algodoeiro *Bt* que expressam proteínas Cry / Daniela de Lima Viana. -- Jaboticabal, 2018  
ix, 103 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018  
Orientador: Antonio Carlos Busoli  
Banca examinadora: Raphael de Campos Castilho, Arlindo Leal Boiça Junior, Marcos Doniseti Michelotto, José Roberto Scarpellini  
Bibliografia

1. *Bacillus thuringiensis*. 2. Cry1Ac. 3. Falsa-medideira. 4. Proteínas piramidadas. 5. Transgênicos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.78:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.  
E-mail: danielaviana28@gmail.com

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: DINÂMICA POPULACIONAL, INFESTAÇÃO NATURAL E ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens* (WALKER: 1857) E *Spodoptera* SPP (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E ALGODOEIRO *Bt* QUE EXPRESSAM PROTEÍNAS CRY

**AUTORA: DANIELA DE LIMA VIANA**

**ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS BUSOLI**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



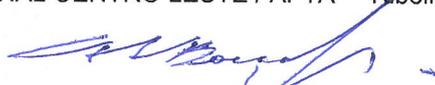
Pesquisador Dr. MARCOS DONISETI MICHELOTTO  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Pindorama/SP



Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisador Dr. JOSÉ ROBERTO SCARPELLINI  
REGIONAL CENTRO LESTE / APTA - Ribeirão Preto, SP



Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 16 de fevereiro de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**DANIELA DE LIMA VIANA** – nascida em 28 de outubro de 1985 na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, filha de Antônio Bonildo Viana e Maria Rejane de Lima. Formada no Curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, concluindo seus estudos no ano de 2010. Estagiou e foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Laboratório de Entomologia do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Julho de 2008 à Julho de 2010 sob orientação do Pesquisador Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva. No ano de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Entomologia Agrícola, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, estado de São Paulo. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu o Projeto da Dissertação na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Pragas, Entomologia Agrícola, sob orientação do Professor Dr. Antonio Carlos Busoli, projeto concluído em fevereiro de 2014. Em março de 2014, iniciou o Doutorado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, sob orientação do Professor Dr. Antonio Carlos Busoli. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Atualmente é professora da Universidade de Cuiabá, Faculdade de Primavera do Leste, estado do Mato Grosso. Desenvolveu o projeto da Tese na linha de pesquisa em Manejo Integrado de Pragas da Soja e do Algodoeiro, cujos resultados estão descritos nesta Tese.

E-mail: danielaviana28@gmail.com

*“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos!”*

Friedrich Nietzsche

*“Uma chave importante para o sucesso é **autoconfiança**. Uma chave importante para a autoconfiança é a **preparação**”*

Arthur Ashe

*“Não vos inquieteis, pois, com o dia de amanhã, o dia de amanhã terá as suas preocupações próprias. Basta a cada dia a própria dificuldade.”*

(Mateus 6, 34)

*À Deus, por tudo que me tem concedido,  
pela saúde e disposição para superar obstáculos,  
me iluminando em todos os momentos de minha vida,*  
**Agradeço**

*À Maria Rejane de Lima, por ser o alicerce da minha vida, e aos meus irmãos, Hélder de  
Lima Viana, Rodolfo de Lima Viana e ao meu sobrinho Pedro Henrique, pelo afeto, apoio e  
carinho de sempre,*  
**Dedico**

*Ao meu noivo, Jacob Crosariol Netto, pelo apoio, incentivo, dedicação e companheirismo de  
sempre, com amor,*  
**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pela proteção, por iluminar meu caminho para a realização deste trabalho e por me permitir vencer mais uma etapa;

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, através do Departamento de Fitossanidade e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela oportunidade concedida para a realização desse trabalho e a obtenção do título de Doutor;

Aos **docentes** do curso de Pós-graduação em Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos, que me proporcionou a formação acadêmica contribuindo para o meu crescimento profissional e humano;

Ao **Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli**, pela orientação, incentivo, ensinamentos, suporte intelectual e atenção durante toda a realização deste trabalho, bem como em diversos outros, no decorrer de todo o meu Doutorado, e ao longo de todos os meus anos enquanto aluna da Pós-Graduação;

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da Bolsa de Doutorado, fornecendo subsídio financeiro para realização deste trabalho;

Ao **Instituto Mato-grossense do Algodão**, em especial ao diretor-executivo **Álvaro Sales** pela oportunidade e disponibilidade de toda a estrutura necessária para a realização dos meus experimentos;

Aos meus **familiares**, por me ensinarem o que é amor, respeito, compreensão e tolerância, e pelo apoio durante todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais, **Antônio Bonildo Viana** e **Maria Rejane de Lima**, pelo carinho, incentivo aos meus estudos e por compartilhar as experiências de vida, em especial a **minha mãe**, exemplo de força e fé, por estar sempre presente, que me ensinou a perseverar nos momentos difíceis, pelo amor, dedicação e educação;

Aos meus estimados irmãos, **Hélder de Lima Viana** e **Rodolfo de Lima Viana**, pela paciência, apoio e carinho dedicados a mim durante todo o meu Curso de Doutorado, bem como durante todos os momentos da minha vida, por serem cúmplices de todas as minhas conquistas;

Ao meu sobrinho **Pedro Henrique**, pela alegria transmitida naturalmente, pelo carinho e amor a cada volta para casa;

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, em especial à **Lígia Dias Tostes Fiorezzi, Alex Ribeiro e Roseli Pessoa** pela disposição em ajudar a qualquer momento;

Ao meu noivo **Jacob Crosariol Netto**, por todos os momentos em que estive ao meu lado, me dando forças para seguir e conquistar essa etapa, pela companhia, respeito e carinho;

À **Maria do Carmo Schiavi Crosariol e Maurílio Crosariol** pelo incentivo, apoio e pela força durante todo este período;

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas **Diego Felisbino Fraga, Leandro Aparecido de Souza, José Fernando Jurca Grigolli, Marina Funichello, Letícia Serpa dos Santos, Oniel Jeremías Aguirre-Gil, Lumey Perez e Diego Olympio Peixoto Lopes** pela amizade, respeito, compromisso e pela troca de experiências durante todo o tempo de convivência;

Aos amigos do curso de Pós-graduação (Entomologia Agrícola), **Mirian Maristela Kubota, Luan Odorizzi dos Santos, Jeruska Brenha, Juliana Barroso e Diandro Ricardo Barilli**, pela ótima convivência, amizade e companheirismo em atividades inerentes ao curso ou não, pelos bons momentos de descontração;

À toda equipe do **Instituto Mato-grossense do Algodão**, em especial aos pesquisadores **Jean Louis Bellot, Edson Ricardo de Andrade Junior, Rafael Galbieri** e aos funcionários **Bruno Bento Batista, Lucas Ribeiro de Queiroz e Nayara Aparecida Pinho Calaça** pelo auxílio na coleta de dados, pela amizade, incentivo e incansável parceria na condução dos inúmeros trabalhos desenvolvidos;

À **Luime Lara e Mariane Rossi** pelos bons momentos que passamos juntas, pelo apoio e pela amizade que construímos nos últimos anos;

Às minhas estimadas amigas, **Moema Fernandes, Mariana Ribeiro, Gislane Ozório, Jaqueline Florêncio, Any Giselle, Mariana Medeiros, Janine Florêncio** e meu amigo **Rick Anderson** por tudo que vivemos, pela amizade, apoio e por compartilhar comigo momentos preciosos de descontração;

Enfim, à todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

**Muito Obrigada!!**

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>SUMMARY</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	vii
<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	1
1. Introdução .....	1
2. Revisão de Literatura .....	3
2.1. Cultura do algodoeiro, <i>Gossypium hirsutum</i> : aspectos gerais .....	3
2.2. Cultura da soja, <i>Glycine max</i> : aspectos gerais .....	5
2.3. Lepidópteros-praga: <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera</i> spp. ....	7
2.4. Plantas geneticamente modificadas resistentes à insetos .....	13
3. Referências .....	17
<b>CAPÍTULO 2 – EFEITO DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO E DE PROTEÍNAS CRY NOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE <i>Chrysodeixis includens</i> (WALKER: 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)</b> .....	29
Resumo .....	29
Abstract .....	30
1. Introdução .....	31
2. Material e Métodos .....	33
2.1. Descrição do local e do cultivo .....	33
2.2. Criação de manutenção de <i>Chrysodeixis includens</i> .....	34
2.3. Parâmetros biológicos de <i>Chrysodeixis includens</i> criados em cultivares de algodoeiro transgênicos <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	35
2.3.1. Fases de larva e de pupa .....	36
2.3.2. Fase adulta .....	36
2.4. Delineamento e Análise estatística .....	37
3. Resultados e Discussão .....	38

4. Conclusões.....	47
5. Referências .....	48
<b>CAPÍTULO 3 – EFEITO DE CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICAS <i>Bt</i> E NÃO <i>Bt</i> NOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE <i>Chrysodeixis includens</i> (WALKER: 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) .....</b>	<b>53</b>
Resumo .....	53
Abstract .....	54
1. Introdução .....	55
2. Material e Métodos .....	57
2.1. Descrição do local de cultivo.....	57
2.2. Criação de manutenção <i>Chrysodeixis includens</i> .....	58
2.3. Parâmetros biológicos de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com cultivares de soja transgênica <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	59
2.3.1. Fases de larva e de pupa.....	59
2.4. Delineamento e Análise estatística.....	60
3. Resultados e Discussão .....	61
4. Conclusões .....	67
5. Referências.....	68
<b>CAPÍTULO 4 – INFESTAÇÃO DE <i>Chrysodeixis includens</i> E DE <i>Spodoptera</i> spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E ALGODÃO <i>Bt</i> E NÃO <i>Bt</i>, EM CONDIÇÕES DE CAMPO .....</b>	<b>72</b>
Resumo .....	72
Abstract .....	73
1. Introdução .....	74
2. Material e Métodos .....	76
2.1. Local dos experimentos .....	76
2.2. Dinâmica populacional de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares transgênicas de soja <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	76
2.3. Dinâmica populacional de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares transgênicas de algodoeiro <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	77

3. Resultados e Discussão .....	79
3.1. Dinâmica populacional de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares transgênicas de soja <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	79
3.2. Dinâmica populacional de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares transgênicas de algodoeiro <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> .....	86
4. Conclusões .....	95
5. Referências .....	96
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>

**DINÂMICA POPULACIONAL, INFESTAÇÃO NATURAL E ASPECTOS  
BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens* (WALKER: 1857) E *Spodoptera*  
spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E  
ALGODOEIRO *Bt* QUE EXPRESSAM PROTEÍNAS CRY**

**RESUMO** – O cenário agrícola no Centro Oeste conta com os chamados sistemas de produção, nos quais os cultivos ocorrem de forma constante e sucessiva durante um mesmo ano agrícola. No entanto, isso tem propiciado problemas cada vez mais frequentes relacionados a alguns grupos de pragas, dentre eles os lepidópteros. Espécies como *Chrysodeixis includens* e o complexo de *Spodoptera* vem crescendo de importância, causando prejuízos, principalmente em culturas como a soja e o algodoeiro. Dentre os métodos mais utilizados para o controle de insetos-praga no Brasil, destaca-se o uso de OGM, a partir da inserção de genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), com expressão de proteínas com ações inseticidas. Entretanto, um dos grandes problemas é a seleção de populações de pragas resistentes aos cultivos *Bt* devido ao uso contínuo e inadequado da tecnologia. Diante disso, os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos de cultivares *Bt* de soja e algodoeiro, que expressam proteínas inseticidas Cry, sobre os aspectos biológicos de *C. includens* em laboratório, como também avaliar a dinâmica populacional e a infestação natural de lagartas de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em condições de campo, no estado do Mato Grosso. Para o estudo dos aspectos biológicos, utilizou-se lagartas neonatas que foram alimentadas com folhas das cultivares de soja e algodoeiro não *Bt* e *Bt* de diferentes tecnologias. Os experimentos de campo foram realizados em área experimental do IMAmt na safra 2016/2017, utilizando cultivares de soja e algodoeiro não *Bt* e *Bt* com expressão de diferentes proteínas Cry. As cultivares de soja *Bt*, que expressam a proteína Cry1Ac, afetam os parâmetros biológicos de *C. includens*, controlando de maneira eficiente, tanto em laboratório quanto em campo. Em relação às lagartas de *Spodoptera* spp. observou-se que as cultivares de soja *Bt* não controlam eficientemente esses lepidópteros. A cultivar de algodoeiro que expressa a proteína Cry1Ac, causa pouco efeito sobre as lagartas de *C. includens*, não apresentando controle satisfatório, tanto nos aspectos biológicos observados em laboratório quanto na infestação em campo, se comportando de forma similar à cultivar de algodoeiro não *Bt*. As cultivares de algodoeiro *Bt* piramidadas, Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae, apresentaram controle de *C. includens*, afetando a sobrevivência de lagartas pequenas em laboratório e campo. Por outro lado, a piramidação de cultivares por si só não é suficiente, por exemplo, para as lagartas de *Spodoptera* spp. Nos eventos de algodão *Bt* em campo, verificou-se que as cultivares que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry1Ac+Cry1F, não suprimem suas infestações, enquanto que nas cultivares piramidadas que expressam Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae a supressão foi considerada eficiente.

**Palavras-Chave:** *Bacillus thuringiensis*, Cry1Ac, falsa-medideira, proteínas piramidadas, transgênicos.

**POPULATION DYNAMICS, NATURAL INFESTATION AND BIOLOGICAL ASPECTS OF *Chrysodeixis includens* (WALKER: 1857) and *Spodoptera* spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN SOYBEAN AND COTTON CULTIVARS EXPRESSING CRY PROTEINS**

**SUMMARY** - The agricultural scenario in the Brazilian Midwest counts on the so-called production systems, in which crops occur constantly and successively during the same agricultural year. However, this has caused increasingly frequent problems related to some groups of pests, among them the Lepidoptera. Species such as *Chrysodeixis includens* and the *Spodoptera* complex have been increasing in importance, causing damage, especially in crops such as soybean and cotton. Among the most used methods for the control of insect pests in Brazil, the use of GMOs, from the insertion of genes of the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), with expression of proteins with insecticidal actions, stands out. However, one of the major problems is the selection of populations of pests resistant to *Bt* crops due to the continuous and inadequate use of the technology. The objectives of the present study were to evaluate the effects of *Bt* cultivars of soybean and cotton, which express insecticidal Cry proteins, on the biological aspects of *C. includens* in the laboratory, as well as to evaluate the population dynamics and the natural infestation of caterpillars *C. includens* and *Spodoptera* spp. under field conditions, in the state of Mato Grosso. For the study of the biological aspects, we used caterpillars that were fed with leaves of the cultivars of soybean and non-*Bt* and *Bt* cotton of different technologies. Field experiments were carried out in the experimental area of the IMAmT in the 2016/2017 season, using soybean and cotton cultivars non-*Bt* and *Bt* with different Cry protein expression. Soybean *Bt* cultivars, which express the Cry1Ac protein, affect the biological parameters of *C. includens*, efficiently controlling both in the laboratory and in the field. In relation to the caterpillars of *Spodoptera* spp., it was observed that *Bt* soybean cultivars do not efficiently control these lepidoptera. The cotton cultivar that expresses the Cry1Ac protein causes little effect on the caterpillars of *C. includens*, not showing satisfactory control, both in the biological aspects observed in the laboratory and in the infestation in the field, behaving in a similar way to the cultivar of non-*Bt* cotton. Cotton *Bt* cultivars, Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 and Cry1Ab+Cry2Ae, showed control of *C. includens*, affecting the survival of small caterpillars in the laboratory and in the field. On the other hand, the pyramiding of cultivars alone is not sufficient, for example, for the caterpillars of *Spodoptera* spp. In the field cotton *Bt* events, it was found that cultivars expressing the Cry1Ac and Cry1Ac+Cry1F proteins do not suppress their infestations, whereas in pyramided cultivars expressing Cry1Ac+Cry2Ab2 and Cry1Ab+Cry2Ae suppression was considered efficient.

**Key words:** *Bacillus thuringiensis*, Cry1Ac, soybean looper, pyramidal proteins, transgenic.

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Página**

### Capítulo 4

<p><b>Figura 1.</b> Dinâmica populacional de lagartas pequenas (<math>\leq 1,5</math> cm) (A) e lagartas médias+grandes (<math>&gt; 1,5</math> cm) (B) de <i>C. includens</i> em cultivares de soja não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....</p>	80
<p><b>Figura 2.</b> Dinâmica populacional de lagartas pequenas (<math>\leq 1,5</math> cm) (A) e lagartas médias+grandes (<math>&gt; 1,5</math> cm) (B) de <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares de soja não <i>Bt</i> e <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016/2017 .....</p>	84
<p><b>Figura 3.</b> Dinâmica populacional de lagartas pequenas (<math>\leq 1,5</math> cm) (A) e lagartas médias+grandes (<math>&gt; 1,5</math> cm) (B) de <i>C. includens</i> em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....</p>	88
<p><b>Figura 4.</b> Dinâmica populacional de lagartas pequenas (<math>\leq 1,5</math> cm) (A) e lagartas médias+grandes (<math>&gt; 1,5</math> cm) (B) de <i>Spodoptera</i> spp. em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.....</p>	90

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Capítulo 2</b>	<b>Página</b>
<p><b>Tabela 1.</b> Duração média <math>\pm</math> EP (dias) dos estádios larvais de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicos <i>Bt</i> e não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016. ....</p>	39
<p><b>Tabela 2.</b> Duração média <math>\pm</math> EP (dias) e viabilidade média (%) da fase larval, peso médio <math>\pm</math> EP (g) de lagartas aos 10 dias de idade e duração média <math>\pm</math> EP (dias) do período lagarta-adulto de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicos <i>Bt</i> e não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016. ....</p>	40
<p><b>Tabela 3.</b> Duração média <math>\pm</math> EP (dias) e viabilidade média (%) da fase de pupa, razão sexual e peso médio <math>\pm</math> EP (g) de pupas com 24 horas de idade de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicos <i>Bt</i> e não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016. ....</p>	42
<p><b>Tabela 4.</b> Duração média <math>\pm</math> EP (dias) do período de oviposição, número médio <math>\pm</math> EP de ovos por fêmea, viabilidade de ovos (%) e longevidade média <math>\pm</math> EP (dias) de fêmeas de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicos <i>Bt</i> e não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2016. ....</p>	44
<h3 style="margin: 0;">Capítulo 3</h3>	
<p><b>Tabela 1.</b> Duração média <math>\pm</math> EP (dias) dos estádios larvais de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas <i>Bt</i> e não <i>Bt</i>. Primavera do Leste, MT, 2017. ....</p>	62

<b>Tabela 2.</b> Duração média $\pm$ EP (dias) e viabilidade média (%) da fase larval e duração média $\pm$ EP (dias) do período lagarta-adulto de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2017. ....	64
---	----

<b>Tabela 3.</b> Duração média $\pm$ EP (dias) e viabilidade média (%) da fase de pupa, razão sexual e peso médio $\pm$ EP (g) de pupas com 24 horas de idade de <i>Chrysodeixis includens</i> alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas <i>Bt</i> e não <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2017. ....	65
---	----

#### Capítulo 4

<b>Tabela 1.</b> Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$ cm) de <i>C. includens</i> por pano de batida em cultivares de soja não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	79
---	----

<b>Tabela 2.</b> Número médio de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$ cm) de <i>C. includens</i> por pano de batida em cultivares de soja não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	81
--	----

<b>Tabela 3.</b> Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$ cm) de <i>Spodoptera</i> spp. por pano de batida em cultivares de soja não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	83
--	----

<b>Tabela 4.</b> Número médio de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$ cm) de <i>Spodoptera</i> spp. por pano de batida em cultivares de soja não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	83
---	----

<b>Tabela 5.</b> Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$ cm) de <i>C. includens</i> por planta em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	87
---	----

<b>Tabela 6.</b> Número médio de lagartas médias+grandes (>1,5 cm) de <i>C. includens</i> por planta em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	87
<b>Tabela 7.</b> Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$ cm) de <i>Spodoptera</i> spp. por planta em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	91
<b>Tabela 8.</b> Número médio de lagartas médias+grandes (>1,5 cm) de <i>Spodoptera</i> spp. por planta em cultivares de algodoeiro não <i>Bt</i> e <i>Bt</i> . Primavera do Leste, MT, 2016/2017. ....	91



## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. Introdução

O Centro-Oeste brasileiro é uma das principais regiões agrícolas do País, e a estimativa da área cultivada com grãos, na safra 2016/2017, foi pouco mais de 25 milhões de hectares, com produção estimada de aproximadamente 100 milhões de toneladas de grãos, sendo milho, soja e algodão os principais produtos da região (CONAB, 2018).

Além do clima e relevo favoráveis, fatores que possibilitam a elevada taxa de produção de grãos nessa região durante o ano, é a utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD) e a sucessão de culturas no mesmo ano agrícola. No entanto, a utilização desse sistema pode impactar no favorecimento da ocorrência de insetos, considerados como pragas polífagas, que podem causar danos significativos aos cultivos vizinhos e aos subsequentes (BUSOLI et al., 2014).

A família Noctuidae inclui o maior número de espécies de importância agrícola dentro da Ordem Lepidoptera (SPECHT; SILVA; LINK, 2004). Dentre os lepidópteros-praga favorecidos por este sistema de produção estão as espécies polífagas *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) e *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), que têm se destacado principalmente nas culturas de soja e algodoeiro.

É comum a ocorrência de sistemas agrícolas constituídos pelas culturas de soja e de algodoeiro cultivadas em áreas extensas. A frequente sucessão de culturas, que proporciona contínua oferta de alimento a insetos polífagos, aliada a outros fatores, como aplicações excessivas de fungicidas e inseticidas, presença de plantas daninhas nas áreas adjacentes de cultivo e métodos inadequados de manejo da cultura, têm propiciado a ocorrência de surtos populacionais de insetos e a permanência nos cultivos (SANTOS; MENEGUIM; NEVEZ, 2005; SANTOS et al. 2009; BUSOLI et al., 2011).

Culturas geneticamente modificadas de milho, soja e algodão foram semeadas em mais de 90% das áreas na safra 2016/2017 no Brasil, tendo destaque

para o crescimento de eventos que expressam genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) que produzem diferentes proteínas inseticidas (CÉLERES, 2017). A utilização de plantas *Bt* tem sido crescente na agricultura mundial desde 1996 (JAMES, 2010).

Fatores como resistência de pragas a inseticidas, baixa disponibilidade de novas moléculas e riscos de intoxicação ambiental e humana são contrastados com a disponibilidade e a facilidade associada ao uso de culturas transgênicas expressando proteínas *Bt* (TABASHINIK; RENSBURG; CARRIÈRE, 2009). Entretanto, o uso intensivo desta tecnologia traz consigo os riscos de evolução da resistência e perda parcial ou total dos benefícios em médio prazo (JIN et al., 2015).

No Brasil, programas de manejo de pragas, baseados quase que exclusivamente no uso de tecnologias *Bt*, com manejo inadequado, têm se mostrado insustentáveis, associados com os baixos índices de plantio de áreas de refúgio, proporcionando a seleção de indivíduos resistentes às proteínas inseticidas Cry (FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016). Um dos principais entraves à utilização de plantas transgênicas é que a expressão da maioria das proteínas inseticidas *Bt* não tem toxicidade efetiva contra todos os noctuídeos.

Nesse sentido, trabalhos que possam avaliar o comportamento de cultivos transgênicos *Bt*, que expressam diferentes proteínas inseticidas Cry, na supressão de lepidópteros-praga em campo e em laboratório são necessários, e devem ser realizados de forma frequente, no intuito de acompanhar a eficiência dos cultivos *Bt* ano a ano. Com isso, é possível demonstrar ao produtor quais cultivares podem ser utilizadas para se obter maior produtividade e menor custo de produção.

Dessa maneira, os objetivos deste trabalho foram avaliar os efeitos de cultivares transgênicas *Bt* de soja e de algodoeiro, que expressam diferentes proteínas inseticidas Cry, nos aspectos biológicos de *C. includens*, como também a infestação natural de lagartas de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em cultivares de soja e de algodoeiro não *Bt* e *Bt*, em condições de campo no estado do Mato Grosso.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Cultura do algodoeiro, *Gossypium hirsutum*: aspectos gerais

A família Malvaceae, a qual pertence o algodoeiro, apresenta distribuição mundial com centro de dispersão nas regiões tropicais. Esta família possui 85 gêneros e mais de 1.500 espécies (JOLY, 1983). A importância econômica dessa família está nas espécies produtoras de fibras e o algodoeiro é a planta produtora de fibra mais importante do mundo (HAYWARD, 1938; BERRIE, 1977).

Com origens distintas, alguns autores afirmam ser originário do Continente Americano, África Central, Paquistão e Índia. No Brasil, com suas próprias técnicas, os Índios já cultivavam e convertiam o algodão em fios e tecidos (LUNARDON, 2007). O gênero *Gossypium* possui 52 espécies de ampla distribuição, mas apenas quatro espécies do gênero são cultivadas e exploradas economicamente. No Brasil, são encontradas três espécies de algodoeiro: *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L. e *G. mustelinum* (Mier). Destas, *G. hirsutum* apresenta duas raças, dentre elas *G. hirsutum latifolium* Hutch, denominado de algodoeiro “herbáceo” ou “anual” (BARROSO; FREIRE, 2003).

O início da domesticação da cultura do algodoeiro, *G. hirsutum* L., foi realizado há mais de 4.000 anos no Sul da Arábia, onde foi fabricado o primeiro tecido e papel com essa fibra. Outras civilizações antigas em 4.500 A.C já utilizavam a domesticação dessa cultura. Com todo o desenvolvimento do novo maquinário de fiação no século XVIII, iniciou o domínio do mercado mundial de fios e tecidos (AMPA, 2012).

O algodoeiro, *G. hirsutum* (L.), é cultivado em várias regiões do Brasil e seu cultivo apresenta grande importância social e econômica, pois produz uma das mais importantes fibras têxteis, que oferece variados produtos de utilidade com grande relevância na economia, razão que a faz ser considerada uma das plantas de mais completo aproveitamento, figurando entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio brasileiro. As sementes de algodão são utilizadas na indústria de

alimentação animal (farelo) e humana (óleo), além de grande número de produtos secundários (FREIRE; BELTRÃO, 1997; COSTA et al., 2005).

A estimativa na safra 2017/2018 é de que a área brasileira atinja cerca de 1.102,3 mil hectares e a produção nacional em caroço aproximadamente 2.400 kg por hectare, enquanto que a produção de algodão em pluma atinja aproximadamente 1.600 kg por hectare (CONAB, 2018).

A cultura do algodoeiro apresentou significativas alterações em seus índices de produtividade e distribuição geográfica, migrando de áreas tradicionalmente produtoras para o Cerrado brasileiro. A maior parte da produção é na região Centro-Oeste, seguida pela região Nordeste, mas especificamente no Oeste da Bahia, sendo os estados de Mato Grosso e Bahia responsáveis por cerca de 88% da área plantada (CONAB, 2018). Com as condições de clima favoráveis ao desenvolvimento da cultura, apresentando estação seca e chuvosa bem definida, luminosidade uniforme, fez com que o algodoeiro se tornasse uma oportunidade de negócios, além disso, era uma alternativa para rotação desta cultura com outras culturas economicamente importantes, como a soja (FONTES et al., 2006).

A posição de destaque nos cultivos de algodoeiro foi conquistada graças a uma eficiente rede de pesquisa e produção de sementes de alta qualidade e pureza, e o desenvolvimento de novas cultivares com maior potencial produtivo, resistentes às principais pragas e doenças, com qualidade de fibra superior para atender as exigências do mercado internacional (CORREA; COUTO, 2007; SILVIE; BÉLOT; MICHEL, 2007).

Apesar das condições edafoclimáticas favoráveis e os valores obtidos com os produtos gerados, a expansão da cotonicultura tem sido limitada devido à riqueza de artrópodes que se alimentam e/ou hospedam no algodoeiro, tornando o manejo de pragas uma atividade essencial na cadeia produtiva (DEGRANDE, 1998). O algodoeiro é relatado como hospedeiro de cerca de 300 a 600 espécies de artrópodes (WHITCOMB; BELL, 1964). No Brasil, cerca de 32 espécies são capazes de ocasionar prejuízos significativos à produção algodoeira (DEGRANDE, 1998). Geralmente, dos insetos-praga que atacam, a maioria é permanente e a repetição da incidência na mesma área fortalece o crescimento populacional da espécie

(BARROS; TORRES, 2009; BUSOLI et al., 2011; SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015).

Segundo Busoli et al. (2011), dentre as principais pragas da parte aérea, destacam-se as lagartas desfolhadoras e as que atacam as estruturas reprodutivas, pois causam elevada desfolha e/ou causam danos diretos e indiretos aos botões florais e às maçãs, reduzindo a produtividade do algodão.

O plantio de algodão em áreas próximas de diferentes culturas com fenologias distintas, como é o caso da soja e do milho, que são cultivados no verão, além de plantas de cobertura na entressafra, pode favorecer o movimento dessas pragas entre os cultivos (NAGOSHI, 2009).

## **2.2 Cultura da soja, *Glycine max*: aspectos gerais**

A cultura da soja, *Glycine max* (Linnaeus) Merrill, pertencente à classe Dicotyledoneae e ordem Rosales (DONG et al., 2004). Pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Glycine* L., a soja é uma planta herbácea de ciclo anual (90 a 160 dias), possui crescimento determinado ou indeterminado, porte ereto e altura entre 45 à 120 cm, porém, isto depende da cultivar e da época da semeadura (MIRANDA et al., 1998). Além disso, as cultivares são classificadas em grupos de maturação e são denominados, como precoces, semiprecoces, médios, semitardios e tardios (EMBRAPA, 2006).

A domesticação de plantas de soja ocorreu no século XI a.C. na região da Manchúria (HYMOWITZ, 1970), onde é o provável centro de origem secundário (XU et al., 1989). Após a domesticação, foi disseminada para a Europa, América do Norte e América do Sul. O cultivo comercial da cultura passou a ter maior relevância econômica no início da década de 1940, no Rio Grande do Sul. Foi a partir da década de 1960 que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil (VERNETTI, 1983; ALMEIDA; KIIHL, 1998).

Na safra 2017/18, a área cultivada com a cultura da soja foi de aproximadamente 35 milhões de hectares. Os maiores estados produtores de soja

no Brasil são Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2018).

A soja é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, e foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes (DALL'AGNOL, 2000; BRUM et al., 2005). Além disso, a soja foi a grande responsável pelo surgimento da agricultura comercial brasileira, acelerando a mecanização das lavouras, modernizou o transporte, expandiu a fronteira agrícola, colaborando para a tecnificação e produção de outras culturas (DALL'AGNOL, 2000).

Além de ser considerada uma “*commodity*” mundial, sua importância econômica também está associada a uma diversidade de subprodutos, para os mais variados fins, produtos industriais ou “*in natura*”, comestíveis ou não (LÉLIS, 2007). A soja possui alto valor nutricional, sendo utilizada na alimentação humana e animal (PANIZZI; MANDARINO, 1995; LÉLIS, 2007). Na composição química da soja são encontrados altos teores de óleo e de proteína, correspondendo em média 20 e 40%, respectivamente. O óleo de soja é utilizado em larga escala, principalmente na indústria alimentícia (SEDIYAMA et al., 1996).

O rendimento de grãos de soja pode ser comprometido por diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, Hemiptera e Lepidoptera são as principais ordens de insetos-praga que acometem a cultura da soja e causam perdas significativas (GALLO et al., 2002; SOSA-GOMEZ et al., 2010). De acordo com Bohm e Rombaldi (2010), esta planta vem passando por transformações genéticas que visam facilitar o seu manejo. Plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos representam um método de controle em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Essas plantas se caracterizam por apresentar genes da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) que expressam proteínas inseticidas.

### 2.3. Lepidópteros-praga: *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera* spp.

As condições climáticas no Brasil permitem o cultivo de duas ou mais culturas durante o ano, sendo a soja o cultivo mais viável na maioria das regiões plantadas no início da safra e sucedidas por uma cultura na segunda safra (safrinha), como trigo, milho, culturas forrageiras, além de sucessão altamente rentável com o algodoeiro no Cerrado (MARTINELLI, OMOTO, 2005).

A sucessão de culturas e o plantio escalonado de diversas culturas, tem enfrentado desafios devido a oferta continuada de alimento para determinados insetos-praga. Essa situação favorece, por exemplo, o processo migratório das mariposas entre lavouras formadas por espécies vegetais semelhantes, naquelas implantadas em épocas diferentes e, também entre diferentes espécies botânicas, prolongando a sobrevivência de insetos-praga, principalmente os polípagos (SANTOS, 2001; SANTOS; SANTOS; SANTOS, 2003; BARROS; TORRES, 2009; BOREGAS et al., 2013).

A família Noctuidae inclui o maior número de espécies de importância agrícola dentro da Ordem Lepidoptera (SPECHT; SILVA; LINK, 2004). Dentre os lepidópteros-praga favorecidos por este sistema de produção estão as espécies polípagas *Chrysodeixis includens* (Walker: 1857) e *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) que têm se destacado, principalmente nas culturas de soja e algodoeiro.

A lagarta falsa-medideira, foi por muito tempo referida como *Pseudoplusia includens*, entretanto, Goater, Ronkay e Fibiger (2003) ao reavaliar o gênero *Pseudoplusia*, o reclassificaram para o gênero *Chrysodeixis*.

*Chrysodeixis includens* é uma espécie polífaga e apresenta ampla distribuição geográfica ocorrendo desde o norte dos EUA até o sul da América do Sul (HERZOG, 1980; ALFORD; HAMMOND JR., 1982). Além da cultura da soja e do algodoeiro, foi constatada em feijão, fumo, girassol, alface, tomate, entre outras (HERZOG, 1980). No Brasil, *C. includens* deixou de apresentar ocorrência secundária e assumiu o “status” de praga principal nas lavouras de soja de diferentes regiões do Brasil (BUENO et al., 2011) como também em lavouras de algodoeiro (SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015).

Esta mudança para o patamar de praga-chave, aparentemente está relacionada ao hábito de se abrigar nas regiões medianas e inferiores do dossel das plantas, dificultando o controle com os inseticidas químicos ou biológicos, e ao uso indiscriminado de inseticidas e fungicidas, causando desequilíbrio biológico nas lavouras, principalmente por contribuir com a alta mortalidade de agentes de controle biológico (DEGRANDE; VIVAN, 2009; SOSA-GÓMEZ et al., 2010; BALDIN; LOURENÇÃO; SCHLICK-SOUZA, 2014; SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015).

Os adultos desta espécie são mariposas com 35 mm de envergadura, as asas anteriores são de coloração escura, com duas manchas prateadas brilhantes na parte central, e as asas posteriores são de coloração marrom (GALLO et al., 2002; SOSA-GÓMEZ et al., 2010). A longevidade varia entre 6,5 a 17,9 dias (MASON; MACK, 1984; VÁZQUEZ, 1988). Fêmeas de *C. includens* ovipositam em média 700 ovos, os quais são depositados isoladamente na face inferior das folhas e, nos dois terços superiores do dossel das plantas (JOST; PITRE, 2002; FUNICHELLO, GRIGOLLI, BUSOLI, 2011). O número médio de ovos durante seu ciclo de vida, pode variar de 144 à 1.953 ovos, sendo que 80 à 90% do total destes são ovipositados até o sétimo dia de idade das fêmeas (JENSEN; NEWSON; GIBBENS, 1974; VÁZQUEZ, 1988).

No início do seu desenvolvimento, as lagartas apresentam hábito de se alimentarem das folhas mais tenras do terço inferior das plantas, apenas raspando, por apresentarem baixo teor de fibras e serem facilmente digeridas (KOGAN; COPE, 1974). No entanto, à medida que se desenvolvem tornam-se menos exigentes, consumindo grandes áreas foliares, deixando, entretanto, as nervuras principais das folhas intactas, proporcionando aspecto rendilhado característico do seu ataque, diferente das injúrias causadas por outros desfolhadores (HERZOG, 1980; BUENO et al., 2011).

As lagartas ao eclodirem são de coloração verde-clara, com listras longitudinais brancas e pontuações pretas, e quando desenvolvidas atingem de 40 a 45 mm de comprimento em seu último estágio larval (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). Apresentam dois pares de falsas pernas abdominais, deslocando-se como se estivesse medindo palmo durante todo o estágio larval (GALLO et al., 2002; SILVIE;

BÉLOT; MICHEL, 2007). Quando as lagartas se desenvolvem em dieta artificial, observou-se a variação de cinco a sete instares, com predominância de seis instares (cerca de 92%) (SHOUR; SPARKS, 1981).

O início da transformação em pré-pupa é caracterizado por uma acentuada mudança de coloração, envolvendo alterações no sistema hormonal, como parada na alimentação, mudança na coloração, liberação do último “pellet” fecal de coloração amarelo brilhante, início da construção do casulo e perda de mobilidade (VÁZQUEZ, 1988). As lagartas constroem uma teia de fios onde se transformam em pupa, em geral na face abaxial das folhas (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). A fase de pupa dura em média sete dias (CANERDAY; ARANT, 1967; MITCHELL, 1967).

Os surtos de *C. includens* parecem ser maiores em agroecossistemas onde a soja e o algodão são cultivados próximos. Estudos realizados no Estado da Louisiana (EUA), constataram um aumento na longevidade, oviposição e frequência de cópulas, quando foi fornecido o néctar das flores de algodoeiro para adultos de *C. includens*. Situação semelhante pode ocorrer no Centro Oeste do Brasil, em áreas agrícolas onde ocorrem a sucessão de culturas com constante sobreposição de áreas de cultivo envolvendo as culturas de soja e algodoeiro (BERNARDI, 2012). Segundo Moscardi et al. (2012), surtos de *C. includens* são detectados com frequência no Oeste da Bahia, e em Estados como Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

No Brasil, as lagartas que compreendem o gênero *Spodoptera*, como *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith, 1797), *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1898) são espécies encontradas atacando diversas plantas cultivadas (POGUE, 2002), como soja, milho e algodoeiro (PITRE; HOGG, 1983; ABDULLAH; SARNTHOY; CHAEYCHOMSRI, 2000).

O complexo *Spodoptera* compreende as lagartas consideradas de grande expansão, pois apresentam o comportamento de alimentar-se tanto das folhas como também das estruturas reprodutivas das plantas cultivadas. Como característica das lagartas do complexo de *Spodoptera*, possui um Y invertido na parte frontal da cabeça facilitando a identificação do gênero (GALLO et al., 2002; WAQUIL, 2003).

As lagartas de *S. frugiperda* são conhecidas também como lagarta-dos-milharais, lagarta militar ou lagarta-do-cartucho. A lagarta-do-cartucho é um inseto

polífago e o seu sucesso como praga é consequência da elevada capacidade de dispersão dos adultos ao longo da faixa de distribuição de suas plantas hospedeiras (SPARKS, 1979; BOREGAS et al., 2013). No Brasil, além das culturas do algodoeiro e do milho foram relatados ataques em arroz (BOTTON et al., 1998), amendoim (ISIDRO; ALMEIDA; PEREIRA, 1997), soja (MOSCARDI, KASTELIC, 1985), sorgo (CORTEZ; WALQUIL, 1997) entre outras.

São mariposas de hábito noturnos e migratórios, com alta mobilidade, mede em torno de 35 mm de envergadura (GALLO et al., 2002). As fêmeas, depois do acasalamento, depositam massas de ovos nas folhas e podem ovipositar mais de 1000 ovos. Normalmente, uma postura é suficiente para infestar cinco plantas. A longevidade dos adultos é de aproximadamente 12 dias (BOREGAS et al, 2013).

A duração do período larval é de 12 a 30 dias, apresentando de 4 a 7 instares, variando conforme a fonte de alimento e temperatura (PITRE; HOGG, 1983). As lagartas de primeiro instar têm comportamento dispersivo, migrando para outras folhas, inclusive para as plantas vizinhas. No início, raspam as folhas e deslocam-se para as partes mais protegidas das plantas. Os danos são causados pela redução da área foliar das folhas mais novas. Entretanto, é nos dois últimos instares que as lagartas apresentam o maior consumo de tecido foliar, quando, então, provocam os maiores prejuízos se alimentando de estruturas reprodutivas (DEGRANDE; VIVAN, 2009). Possui hábito canibal, diferente da *S. cosmioides* e *S. eridania* que não possuem este hábito.

O período pupal varia entre 8 a 25 dias dependendo da temperatura do ambiente, são de coloração marrom-avermelhada e ficam abrigadas no solo por aproximadamente 10 dias. O ciclo de ovo a adulto é relativamente curto de 25 a 30 dias, dependendo da temperatura (GALLO et al., 2002).

O controle de *S. frugiperda* não tem se mostrado uma tarefa fácil e bem definida, pois esse inseto possui resistência à maioria dos grupos químicos de inseticidas, e atrelado a isto o sistema de cultivo de soja, milho, algodão *Bt* expõe as populações de *S. frugiperda* a repetidas pressões de seleção à proteínas *Bt* com mesmo sítio de ação e conformação estrutural, propiciando um cenário favorável para evolução da resistência, caso as estratégias de Manejo da Resistência de

Insetos não sejam efetivamente implementadas (BERNARDI, 2012; OMOTO et al, 2016).

A lagarta *S. eridania* possui características importantes para o reconhecimento que incluem três linhas avermelhadas ou amareladas no dorso, triângulos escuros adjacentes às linhas dorsais laterais que apontam para a linha central e uma linha esbranquiçada abaixo dos espiráculos, que perdem intensidade de coloração e são interrompidas por uma mancha no tórax (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; SOSA-GÓMEZ et al., 2010; TEODORO et al. 2013;). Nos instares iniciais, os ataques dessa praga causam raspagem e perfuração nas folhas e com o avançar do seu desenvolvimento os ataques concentram-se em estruturas reprodutivas (MOREIRA; ARAGÃO, 2009; TEODORO et al., 2013).

As lagartas em seus estágios mais avançados apresentam média de 35 a 50 mm e o período larval varia de 12 a 18 dias. Em laboratório, *S. eridania* apresenta de 6 a 7 instares larvais quando alimentadas com folhas de soja e algodão, respectivamente (SANTOS; MENEGUIM, NEVES, 2005). Geralmente as lagartas de *S. eridania* são encontradas na parte mais baixa das plantas e são mais ativas à noite.

A fase pupal ocorre no solo e são de coloração marrom escura, com duração média de 9 a 11 dias (SANTOS; MENEGUIM; NEVEZ, 2005). Os adultos de *S. eridania* medem de 33 a 40 mm de envergadura, as asas são de cor cinzenta e marrom, com marcas pretas e marrons escuras de formas irregulares (GALLO et al., 2002). Cada fêmea pode ovipositar de 600 a 900 ovos durante seu ciclo de vida e as posturas são colocadas em forma de massas recobertas por escamas do corpo da mariposa (SANTOS et al., 2005).

No Cerrado brasileiro, *S. eridania* demonstra o comportamento migratório ao passarem das plantas de soja em final de ciclo para plantas invasoras conhecidas como corda-de-viola. Essas plantas invasoras ocorrem na maioria das áreas cultivadas com algodoeiro e soja, que permanece vegetando por um período maior que as plantas cultivadas. Por essa razão, acredita-se que a disponibilidade sequencial de hospedeiros alternativos possa viabilizar o desenvolvimento e a permanência de *S. eridania* em áreas de cultivo de algodão e soja (BERNARDI, 2012).

Em se tratando da *S. cosmioides* o período de ovo a adulto tem duração de 40 a 46 dias (BAVARESCO et al., 2003). A postura, realizada normalmente em camadas sobrepostas, tem coloração inicial amarronzada, e pode ser facilmente confundida com a postura da *S. frugiperda*. Uma fêmea pode ovipositar mais de 1000 ovos (BAVARESCO et al., 2004). As lagartas possuem grande variação no padrão de cor e de manchas, a cabeça é castanho amarelada ou alaranjada, a fronte castanho-escura, com certo escurecimento na extremidade (ZENKER; SPECHT; CORSEUIL, 2007).

Habib, Paleari e Amaral (1983) observaram diferenças no período de oviposição e na fecundidade de *S. cosmioides* quando alimentada com soja e algodão na fase larval, apresentando 5 e 6 ínstars quando alimentada com folhas de algodoeiro e soja, respectivamente. Quando as lagartas estão completamente desenvolvidas medem de 35 a 40 mm. Bavaresco et al. (2004), em laboratório verificaram que *S. cosmioides* apresentaram duração da fase larval de aproximadamente 19 dias.

Próxima de empupar, buscam o solo e estas pupas possuem coloração marrom e duração média de 14 a 18 dias (BAVARESCO et al., 2003, 2004; ZENKER; SPECHT; CORSEUIL, 2007). A fase pupal de *S. cosmioides* é significativamente maior para os machos do que para as fêmeas (BAVARESCO et al., 2004). Esse fenômeno é denominado de protoginia, mecanismo que reduz a probabilidade de acasalamento entre indivíduos descendentes da mesma postura (CROCOMO; PARRA, 1985), permitindo que as fêmeas ao emergir antes dos machos voem para outros locais, ou se permanecerem na área, acasale com macho proveniente de outras posturas. As mariposas de *S. cosmioides* são pequenas, medem aproximadamente 40 mm de envergadura, asas posteriores brancas e anteriores pardas (mais amareladas nos machos), com desenhos em mosaico (SANTOS et al., 2005).

Um dos principais entraves à utilização de plantas transgênicas é que a expressão da maioria das proteínas inseticidas *Bt* não tem toxicidade efetiva contra esses noctuídeos (BERNARDI et al., 2011)

## 2.4 Plantas geneticamente modificadas resistentes à insetos

Culturas geneticamente modificadas de soja, milho e algodão foram semeadas em mais de 90% das áreas na safra 2016/17 no Brasil, tendo destaque para o crescimento de plantas que expressam genes da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), expressando proteínas inseticidas (CÉLERES, 2017).

Esta bactéria durante o seu processo de esporulação, produz inclusões cristalinas que são pró-toxinas chamadas de  $\delta$ -endotoxina que causam lesões no aparelho digestivo dos insetos (GLARE; O'CALLAGHAM, 2000). Os cristais de *B. thuringiensis*, ao serem ingeridos pelas lagartas suscetíveis, sofrem ação do pH intestinal e de proteases, que solubilizam o cristal e ativam as toxinas (MONNERAT; BRAVO, 2000). Essas lesões causam desbalanceamento iônico no interior da célula, causando “lise” do epitélio intestinal e morte do inseto pela desnutrição do mesmo, seguida de septicemia (SOUSA et al., 2010). No entanto, Monnerat e Bravo (2000) constataram que não há atividade de *B. thuringiensis* nas fases de pupa e de adulto dos insetos.

No Brasil, a partir de 2005, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) aprovou a liberação comercial da primeira geração de plantas *Bt* para o controle de insetos-praga, o algodoeiro Bollgard I<sup>®</sup> que expressa a proteína inseticida Cry1Ac. A segunda geração consiste de plantas *Bt* que expressam duas ou mais proteínas com ação inseticida, sendo essas denominadas plantas *Bt* “piramidadas”, com o intuito de ampliar o controle de insetos-praga alvo (BERNARDI et al., 2011). Nesse sentido, em 2009, houve a liberação comercial de algodoeiros *Bt* piramidados, tais como: Bollgard II<sup>®</sup> que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry2Ab2 e Widestrike<sup>®</sup>, que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry1F, e em 2011, a tecnologia TwinLink<sup>®</sup>, que expressa as proteínas inseticidas Cry1ab+Cry2Ae (ARMSTRONG; ADAMCZYK; GREENBERG, 2011; THOMAZONI et al., 2013; CTNBio, 2017).

A soja geneticamente modificada resistente a insetos e tolerante ao herbicida glifosato, denominada Intacta<sup>®</sup> RR2 PRO, foi aprovada para cultivo no Brasil, em 2010, e comercializada a partir da safra 2013/2014. A soja *Bt* piramidada

Conkesta™, foi liberada recentemente, e expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry1F (CTNbio, 2017).

Fatores como resistência de pragas à inseticidas, baixa disponibilidade de novas moléculas e riscos de intoxicação ambiental e humana são contrastados com a disponibilidade e a facilidade associada ao uso de culturas transgênicas expressando proteínas *Bt* (TABASHNIK; BREVAULT; CARRIERE, 2013). Entretanto, o uso intensivo desta tecnologia traz consigo os riscos de evolução da resistência e perda parcial ou total dos benefícios em médio prazo (JIN et al., 2015).

Programas de manejo inadequado, tem se mostrado insustentáveis associadas com os baixos índices de plantio de refúgio em áreas com plantas *Bt*, no Brasil. Essas condições levaram à seleção de resistência de *S. frugiperda* ao milho *Bt*, expressando a proteína Cry1F, três anos após o início da comercialização (FARIAS et al., 2014), bem como para o milho expressando a proteína Cry1Ab, com o mesmo inseto-praga (OMOTO et al., 2016).

Culturas geneticamente modificadas expressando a proteína Cry1Ac tem sido utilizada na Austrália, desde 1996, quando foi introduzido o algodão *Bt*, denominado de Bollgard I® (FITT; WILSON, 2000; BENEDICT; RING, 2004) e funciona até os dias atuais. Apesar de expressar a mesma proteína presente na soja, o algodão Bollgard I® expressa Cry1Ac em níveis inferiores durante os primeiros estágios, decrescendo mais de 10 vezes durante o desenvolvimento da cultura (GREENPLATE et al., 2003).

A soja *Bt* tem sido rapidamente adotada pelos agricultores em todo o Brasil, sendo que a principal característica, que a torna atrativa aos agricultores, é alto nível de controle contra as principais pragas de lepidópteros, especialmente *C. includens*, *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), *Chloridea virescens* (Fabricius) e *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) (BERNARDI et al., 2012, 2014; MACRAE et al., 2005; YU et al., 2013; AZAMBUJA et al., 2015). Entretanto, como acontece com outras culturas *Bt*, a principal ameaça para o uso sustentável da soja *Bt* é a evolução da resistência de pragas-alvo.

Cenários de alta adoção de culturas *Bt* e baixa diversidade de proteínas *Bt* podem levar o risco de resistência de algumas pragas polípagas que têm os grandes cultivos como hospedeiros preferenciais (DOURADO, 2016). Segundo Santana

(2016), em altas infestações de algumas pragas em campo, tem sido observada falha de controle efetivo de muitas variedades *Bt* no Brasil. Essa ausência de controle pode estar relacionada a vários fatores tais como: ausência de refúgio, menor suscetibilidade natural dos insetos-alvo em plantas *Bt*, menor expressão da toxina *Bt* ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta em estruturas vegetativas e reprodutivas e pode estar associado também à evolução da resistência (SIVASUPRAMANIAN et al., 2008; ARMSTRONG; ADAMCZYK; GREENBERG, 2011).

Viana et al. (2014) constataram que a cultivar de algodoeiro que expressa a proteína Cry1Ac, apresentou baixo efeito nos parâmetros biológicos de *C. includens*, uma vez que 62% das lagartas sobreviveram e se transformaram em pupas normais. Bernardi (2012) relatou que as lagartas *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda* são tolerantes à proteína Cry1Ac e conseguem sobreviver mesmo submetidos a elevados níveis de concentração.

A estratégia que tem se mostrado mais eficaz para o manejo da resistência de insetos para as culturas *Bt* é conhecida como “alta dose e refúgio”, e se baseia nas premissas que os alelos de resistência a uma proteína *Bt* são raros. Esta estratégia se baseia que uma proteína *Bt* é consistentemente produzida por uma planta em uma concentração altamente tóxica para os insetos homocigotos suscetíveis, que reduza a diferença entre o homocigoto suscetível (SS) e heterocigotos (RS) para o gene da resistência, e por consequência, faça com que os alelos de resistência sejam “funcionalmente recessivos”. Além disso, essa estratégia se baseia que as áreas de refúgio com plantas não *Bt* sejam cultivadas para permitir o desenvolvimento de insetos suscetíveis, isto é, não selecionados (GOULD, 1998; HUANG; ANDOW; BUSCHMAN, 2011; BERNARDI et al., 2011).

Três fatores-chave são consistentemente associados aos casos de resistência desenvolvida em campo relatados até o momento. O uso de apenas uma proteína inseticida, uso de proteínas inseticidas Cry que não se adequam ao conceito de alta dose e a baixa adoção de áreas de refúgio (STORER et al., 2010; HUANG; ANDOW; BUSCHMAN, 2011; GASSMANN et al., 2011; TABASHNIK; BREVAULT; CARRIERE, 2013; FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016):

Em condições de campo, a resistência de populações de lagartas às proteínas *Bt* pode ser definida como uma diminuição geneticamente mediada na suscetibilidade do organismo-alvo à proteína, mediante a exposição da população às culturas *Bt* (TABASHNIK, 1994; TABASHNIK et al., 2008). As plantas *Bt* “piramidadas” tendem a retardar a evolução da resistência mais eficientemente que plantas que expressam uma única proteína inseticida, principalmente devido à baixa frequência inicial dos indivíduos resistentes às múltiplas toxinas (FERRÉ; VAN RIE, 2002).

Entretanto, para que uma planta *Bt* seja considerada variedade “piramidada”, as combinações de proteínas inseticidas expressas devem ser tóxicas para a mesma praga-alvo, pois, caso contrário, a planta seria dita “estaqueada”, que significa dizer que as proteínas inseticidas atuam independentemente, ou seja, não agem sobre a mesma praga-alvo. Neste caso, para fins de manejo de resistência funcionariam como plantas que expressam apenas uma proteína, visto os alvos serem distintos. Por exemplo, as proteínas Cry1Ac+Cry1F expressas em algodão Widestrike®, a proteína inseticida Cry1F é tóxica para *S. frugiperda*, mas a proteína inseticida Cry1Ac não é tóxica para essa espécie. No entanto, ambas as proteínas são tóxicas para *C. virescens*. Dessa forma, a combinação das proteínas Cry1Ac+Cry1F é uma variedade “piramidada” para *C. virescens* e “estaqueada” para *S. frugiperda* (BERNARDI et al., 2011).

Desse modo, estratégias para retardar a seleção de indivíduos resistentes a plantas *Bt* têm sido propostas, tais como refúgio, plantas de alta dose e pirâmide de genes (GOULD, 1998; HUANG; ANDOW; BUSCHMAN, 2011; BERNARDI et al., 2011). Neste contexto, estudos sobre a viabilidade desta tecnologia são fundamentais para determinar as adaptações às mais diversas condições de campo e principalmente observar as possíveis falhas que essa tecnologia possa ter. Assim, são necessários estudos frequentes para verificar o desempenho da tecnologia no controle de lagartas, gerando dados que possam subsidiar a tomada de decisão quanto ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) nos materiais transgênicos.

### 3. Referências

ABDULLAH, M. D.; SARANTHOY, O.; CHAEYCHOMSRI, S. Comparative study of artificial diet and soybean leaves on growth, development and fecundity of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Kasetsart Journal National Science**, Bangkok, v.34, p. 339-344, 2000.

ALFORD, A. R.; HAMMOND JR., A. M. Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Louisiana soybean ecosystems as determined with looplure-baited traps [*Pseudoplusia includens*, *Rachiplusia* ou *Trichoplusia* spp.]. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 75, p. 647–650, 1982.

ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. Melhoramento de soja no Brasil – desafios e perspectivas. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.) **Soja Tecnologia da produção**. Piracicaba: Publique, 1998. p. 40-54.

AMPA - Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão. **História do Algodão**. Cuiabá, Mato Grosso. 2012.

ARMSTRONG; J. S.; ADAMCZYK, J. J.; GREENBERG, S. M. Efficacy of single and dual gene cotton *Gossypium hirsutum* events on neonata and third instar fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* development based on tissue and meridic diet assays. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 94, n.2, p.262-271, 2011.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E.; SANTOS, R. O.; SOUZA, E. P.; GOMES, C. E. Effect of *Bt* soybean on larvae of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 7, n.8, p. 90-94, 2015.

BALDIN, E. L. L.; LOURENÇÃO, A. L.; SCHLICK-SOUZA, E. C. Outbreaks of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in common bean and castor bean in São Paulo State, Brazil. **Bragantia**, Piracicaba, v. 73, p. 458-461, 2014.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B. História de vida de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro, milho, milheto e soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 433-440.

BARROSO, P. A. V.; FREIRE, E. C. Fluxo gênico em algodão no Brasil. In: PIRES, C.S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas**. Brasília: Embrapa, 2003. p. 163-193.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRUTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. *Biologia comparada de Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 6, p. 993-998, 2003.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRUTZMACHER, A. D. RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n.2, p. 155-161, 2004.

BENEDICT, J. H.; RING, D. R. Transgenic crops expressing *Bt* proteins: current status, challenges and outlook. In: KABUL, O.; DAHLIA, G. S. (Ed.). **Transgenic crop protection: concepts and strategies**. Enfield: Science Publ., 2004. p. 15-84.

BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil**. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERNARDI, O.; ALBERNAZ, K. C.; VALICENTE, F. H.; OMOTO, C. Resistência de insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: BORÉM, A.; ALMEIDA, G. (Org.). **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Viçosa - UFV, v. 1. 2011, 390p.

BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S. BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High levels of biological activity of Cry1Ac protein expressed on MON 87701xMON 89788 soybean against *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, Susex, v. 70, n. 4, p. 588-594, 2014.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 x MON 89788 soybean against *Anticarsia* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, Susex, v. 68, n. 7, p. 1083-1091, 2012.

BERRIE, M. M. A. **An introduction to the botany of the major crop plants**. London: Heyden, 1977. 220p.

BOHM, G. M. B.; ROMBALDI, C. V. Transformação genética e aplicação de glifosato na microbiota do solo, fixação biológica de nitrogênio, qualidade e segurança de grãos de soja geneticamente modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2010.

BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES G. W. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, p.61-70, 2013.

BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; GARCIA, M. S.; MARTINS, J. F. Preferência alimentar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz e capim-arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, p. 207-212, 1998.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K. A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. In. CONGRESSO DA SOBER, 43., 2005, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, 2005.

BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, Sussex, v. 67, p. 170-174, 2011.

BUSOLI, A. C.; GROGOLLI, J. F. J.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; FUNICHELLO, M.; NAIS, J.; SILVA, E. A. Atualidades no MIP algodão no cerrado brasileiro. In: **Tópicos em Entomologia Agrícola IV**. Jaboticabal, SP: Gráfica Multipress Ltda. p. 117-138, 2011.

BUSOLI, A. C.; CROSARIOL NETTO, J.; VIANA, D. L.; AGUIRRE-GIL, O. J.; RAINHO, H. L. Manejo Integrado de Pragas: Pesquisas, avanços e desafios. In: BUSOLI, A. C.; SOUZA, L. A.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; GRIGOLLI, J. F. J. (Eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola, VII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, p.309-330, 2014.

CANERDAY, T. D.; ARANT, F. S. Biology of *Pseudoplusia includens* and notes on biology of *Trichoplusia ni*, *Rachiplusia nu* and *Autographa biloba*. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 60, n. 3, p. 870-871, 1967.

CÉLERES. **3º levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2016/17**. 2017. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/3o-levantamento-de-adoacao-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-safra-201617/>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Quinto Levantamento – Safra 2017/2018: Grãos**. 2018. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_02\\_08\\_17\\_09\\_36\\_fevereiro\\_2018.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf)>. Acesso em 20 fev 2018.

CORREA, S. T.; COUTO, E. P. A história do algodão no Brasil e seu desenvolvimento no estado de Mato Grosso, o atual maior produtor do país. **Revista Eletrônica Humana**. Uberlândia, p. 30, 2007.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 407-410, 1997.

COSTA, J. N.; ALMEIDA, F. A. C.; SANTANA, J. C. F.; COSTA, I. L. L.; WANDERELY, M. J. R.; SANTANA, J. C. S. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 87).

CROCOMO, W. B.; PARRA, J. R. P. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre milho, trigo e sorgo. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 29, n.2, p. 363-368, 1985.

CTNBio. Comissão técnica nacional de biossegurança. **Plantas Geneticamente Modificadas aprovadas para Comercialização**. 2017. Disponível em: <[http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document\\_library\\_display/](http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

DALL'AGNOL, A. The impact of soybeans on the brazilian economy. In: DALL'GNOL, A. (Ed.) **Technical information for agriculture**. São Paulo: Máquinas Agrícolas Jacto, 2000.

DEGRANDE, P. E. **Guia prático de controle de pragas do algodoeiro**. Dourados, UFMS, 60p. 1998.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. M. **Pragas da soja – Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009**. Maracaju-MS: Fundação MS, p. 73-108, 2009.

DONG, Y. S.; ZHUANG, B. C.; ZHAO, L. M.; HE, M. Y. The genetic diversity of cultivated soybean grown in China. **Theoretical and Applied Genetics**, Germany, v. 108, p. 931-936, 2004.

DOURADO, P. M. **Análise de risco para a evolução da resistência de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa pelo evento de soja MON87701 x MON89788 no Brasil**. 2016. 93f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção 11: Tecnologias de produção de soja da região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 225p.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brasil. **Crop Protection**, Guildford, v. 64, p. 150-168, 2014.

FERRÉ, J.; VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.47, p. 501-533, 2002.

FITT, G. P.; WILSON, L. J. Genetic engineering in IPM: *Bt* cotton. In: KENNEDY, G. G.; SUTTON, T. B. (Ed.). **Emerging Technologies in integrated pest management: concepts, research and implementation**. St. Paul: APS Press, p. 108-125, 2000.

FONTES, E. M. G.; SILVA, F. R.; UNDERWOOD, E.; BARROSO, P. A. V.; SIMON, M. F.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; BELTRÃO, N.; LUCENA, W. A.; FREIRE, E. C. The cotton agricultural context in Brazil. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G. (Eds.). **Environmental risk assessment of genetically modified organisms: methodologies for assessing *Bt* cotton in Brazil**. Wallingford: CABI Publishing, v. 2. p. 21-66, 2006.

FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. M. **Custos de produção e rentabilidade do algodão no Brasil – safra 1996/97**. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA. 6p. 1997. (EMBRAPA/CNPA, Comunicado Técnico, 69).

FUNICHELLO, M.; GRIGOLLI, J. F. J.; BUSOLI, A. C. Distribución vertical de huevos parasitados y no parasitados de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) por *Trichogramma pretiosum* em algodón em Brasil. In: **XLVI Congresso Nacional de Entomologia**, Cancún, México. Entomología Mexicana, Cancún, v. 10. p. 375-378, 2011.

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

GASSMANN, A. J.; PETZOLD-MAXWELL, J. L.; KEWESHAN, R. S.; DUNBAR, M. W. Field-evolved resistance to *Bt* maize by western corn rootworm. **Plos One**, Berkeley, v.6, n. 7, 2011.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAN, M. **Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety**. Chichester: John Wiley, 2000. 350p.

GOATER, B.; RONKAY, L.; FIBIGER, M. Catocalinae & Plusiinae, Noctuidae Europeae. **Entomological Press**, Soro, 2003. v.10, 452p.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 701-726, 1998.

GREENPLATE, J. T.; MULLINS, J. W.; PENN, S. R.; DAHM, A.; REICH, B. J.; OSBORN, J. A.; RAHN, P. R.; RUSCHKE, L.; SHAPPLEY, Z. W. Partial characterization of cotton plants expressing two toxin proteins from *Bacillus thuringiensis*: relative toxin contribution, toxin interaction, and management. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 340-347, 2003.

HABIB, M. E. M.; PALEARI, M. L.; AMARAL, M. E. C. Effect of three larval diets on the development of the armyworm, *Spodoptera latifascia* Walker, 1856 (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.1, p.177-182, 1983.

HAYWARD, H. E. Malvaceae (*Gossypium* spp.): In **The structure of economic plants**. New York: The Macmillan Co, p. 411-450, 1938.

HERZOG, D. C. Sampling soybean looper on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, p.140-168, 1980.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 2000. 70p. (Embrapa CNPSo, Circular Técnica, 30).

HUANG, F.; ANDOW, D. A.; BUSCHMAN, L. L. Success of the high-dose/refuge resistance management strategy after 15 years of Bt crop use in North America. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 1-16, 2011.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, New York, v. 24, p. 408-421, 1970.

ISIDRO, R.; ALMEIDA, R. P.; PEREIRA, J. O. V. Consumo foliar de *Spodoptera frugiperda* em amendoim cultivares Tatu e CNPA BR-1. **Revista de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v. 1, p. 37-42, 1997.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops**. Ithaca: ISAAA Briefs, 2010. 275p.

JENSEN, R. L.; NEWSON, L. D.; GIBBENS, J. Soybean Looper; effect of adult nutrition on oviposition, mating frequency and longevity. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 67, p. 467-4760, 1974.

JIN, L.; ZHANG, H.; LU, Y.; YANG, Y.; WU, K.; TABASHNIK, B.; WU, Y. Large-scale test of natural refuge strategy for delaying insect resistance to transgenic *Bt* crops. **Nature Biotechnology**, New York, v. 33, p. 169-174, 2015.

JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional, 1983. 777p.

JOST, D. J.; PITRE, H. N. Soybean looper and cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) populations in cotton and soybean cropping systems in Mississippi. **Journal of Entomological Science**, Georgia, v. 37, p. 227-235, 2002.

KOGAN, M.; COPE, D. Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. 3. Food intake, utilization and growth in the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 67, n. 1, p. 66-72, 1974

LÉLIS, M. M. **Produtividade e teor de óleo para genótipos de soja em três épocas de semeadura**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

LUNARDON, M. T. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Análise da conjuntura agropecuária safra 2007/08 – Algodão**. Paraná, 2007. 14p.

MACRAE, T. C.; BAUR, M. E.; BOETHEL, D. J.; FITZPATRICK, B. J.; GAO, A. G.; GAMUNDI, J. C.; HARRISON, L. A.; KABUYE, V. T.; MCPHERSON, R. M.; MIKLOS, J. A.; PARADISE, M. S.; TOEDEBUSCH, A. S.; VIEGAS, A. Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression. Of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A gene for control of Lepidoptera. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 2, p. 577-587, 2005.

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

MASON, L. J.; MACK, T. P. Influence of temperature on oviposition and adult female longevity for the soybean looper, *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera,

Noctuidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 13, n. 2, p. 379-383, 1984.

MIRANDA, M. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; BRAGA, N. R.; Leguminosas: soja. In: FAHL, J. L.; CAMARGO, M. B. P.; PIZZINATTO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T.; DEMARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Boletim 200 - Instruções para as principais culturas econômicas**. Campinas: Atual, p. 297-299, 1998.

MITCHELL, E. R. Life History of *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Georgia Entomological Society**, Georgia, v. 2, n. 2, p. 886-890, 1967.

MONNERAT, R.; BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência. In: Melo, I., Azevedo, J. **Controle Biológico**. Jaguariúna – SP, v. 3, p.163-200, 2000.

MOREIRA, H. J. C; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. FMC Agricultural Products, Campinas, 144p., 2009.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja – Manejo Integrado de Pragas e outros Artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Cap. 4, p. 213-309.

MOSCARDI, F.; KASTELIC, J. G. Ocorrência de vírus de poliedrose nuclear e vírus de granulose em populações de *Spodoptera frugiperda* atacando soja na região de Sertaneja/PR. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Soja. **Resultados da pesquisa de soja 1984/85**. Londrina, 1985. p.128. (EMBRAPA CNPSo. Documento, 15).

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

OMOTO, C. BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, Susex, v. 72, n. 9, p. 1727-1736, 2016.

PANIZZI, M. C. C.; MANDARINO, J. M. G. La Soja Como Alimento Humano: calidade nutritiva, procesamiento y utilización. In: **El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción**. FAO/ EMBRAPA-CNPSo, Roma, 1995. p. 241-254. (Colección FAO: producción y protección vegetal, 27).

PITRE, H. N.; HOGG, D. B. Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn. **Journal of the Georgia Entomological Society**, Athens, v.18, n.2, p.182-187, 1983.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliethinae). **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford, v. 97, n. 1, p. 1222-1226, 2004.

SANTANA, D. R. S. **Desempenho do algodão Bt no controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e a competição interespecífica destes lepidópteros**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia e produção**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2001. 296 p.

SANTOS, K. B. dos; MENEGUIM, A. M.; NEVEZ, P. M. O. J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, Vacaria, v. 34, n. 6, p. 903-910, 2005.

SANTOS, K. B.; NEVES, P. J.; MENEGUIM, A. M.; SANTOS, R. B.; SANTOS, W. J.; VILLAS BOAS, G.; DUMAS, V.; MARTINS, E.; PRAÇA, L. B.; QUEIROZ, P.; BERRY, C.; MONNERAT, R. Selection and characterization of th *Bacillus thuringiensis* strains toxic to *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmiodes* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control**, Orlando, v. 50, p. 157-163, 2009.

SANTOS, W. J.; SANTOS, K. B.; SANTOS, R. B. Ocorrência, descrição e hábitos de *Spodoptera* spp. em algodoeiro no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: [s.n.], 2003. 1 CD-ROM.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja**. 3º Reimpressão. Viçosa: UFV, 1996, 96p.

SHOUR, M. H.; SPARKS, T. C. Biology of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*: Characterization of last-stage larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 74, p. 531-535, 1981.

SILVIE, P.; BÉLOT, J. L.; MICHEL, B. **Manual de identificação das pragas e seus danos no cultivo de algodão**. Cascavel: COODETEC/CIRAD-CA, 2007. 120 p. (Boletim Técnico 34).

SIVASUPRAMANIAM, S.; MOAR, W. J.; RUSCHKE, L. G.; OSBORN, J. A.; JIANG, C.; SEBAUGH, J. L.; BROWN, G. R.; SHAPPLEY, Z. W.; OPPENHUIZEN, M. E.; MULLINS, J. W.; GREENPLATE, J. T. Toxicity and characterization of cotton expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac and Cry2Ab22 proteins for control of lepidopteran pests. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, n. 2, p. 546-554, 2008.

SOUSA, M. E. C.; WANDERLEY-TEIXEIRA V.; TEIXEIRA, A. A. C.; SIQUEIRA, H. A. A.; SANTOS, F. A. B.; ALVES, L. C. Histopathology and ultrastructure of midgut of *Alabama argilacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) fed *Bt*-cotton. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 56, p. 1913-1919, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 2010. 90 p. (Embrapa – CNPSo. Documentos, 269).

SPARKS, A. N. A review of the biology of the fall armyworm. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 62, n. 2, p.82-87, 1979.

SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, p. 343-345, 2015.

SPECHT, A.; SILVA, E. J. E.; LINK, D. Noctuídeos (Lepidoptera, Noctuidae) do Museu Entomológico Ceslau Biezanko, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas RS. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 389-409, 2004.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M. MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J.W. Discovery and characterization of field resistance to *Bt* maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 3, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

TABASHNIK, B. E. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.39, p.47-79, 1994.

TABASHNIK, B. E.; BREVAULT, T.; CARRIERE, Y. Insect resistance to *Bt* crops: lessons from the first billion acres. **Nature Biotechnology**, New York, v. 31, n. 6, p. 510-521, 2013.

TABASHNIK, B. E.; GASSMANN, A. J.; CROWDER, D. A.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to *Bt* crops: evidence versus theory. **Nature Biotechnology**, London, v. 26, n. 2, p. 199-202, 2008.

TABASHNIK, B. E.; RENSBURG, V. J. B. J.; CARRIÈRE, Y. Field-evolved insect resistance to *Bt* crops: Definition, theory, and data. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 6, p. 2011-2025, 2009.

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

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. ***Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do estado de Mato Grosso**. Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2013. p.1-12. (IMAmt, Circular técnica, 5).

VÁZQUEZ, W. R. C. **Biologia comparada de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo de área foliar**. 1988. 164 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

VERNETTI, F. J. Origem da espécie, introdução e disseminação no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas, 1983. p. 3-123.

VIANA, D. L.; CROSARIOL NETTO, J.; AGUIRRE-GIL, O. J.; BUSOLI, A. C. Parâmetros biológicos da lagarta falsa medideira em cultivares de algodoeiro com as proteínas Cry1Ac e Cry1F. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v.49, n.7, p.569-572, 2014.

WAQUIL, J. M. **Manejo da resistência em insetos praga**. In: PIRES, C. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas. CNPq/Embrapa, Brasília, 2003. 237p.

WHITCOMB, W.H.; BELL, K. Predaceous insects, spiders, and mites of Arkansas cotton fields. **Agris**. University of Arkansas, Fayetteville, AR. Bull. 690p. 1964.

XU, B.; ZHEN, H.; LU, Q.; ZHAO, S. Three new evidences of the original área of soybean. 1989. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EM SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires, 1989, t. 1. P. 124-128.

YU, H.; LI, Y.; LI, X.; ROMEIS, J.; WU, K. Expression of Cry1Ac in transgenic *Bt* soybean lines and their efficiency in controlling lepidopteran pests. **Pest Management Science**, Sussex, v. 69, n. 12, p. 1326-1333. 2013.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A., CORSEUIL, E. Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, p. 99-107, 2007.

## CAPÍTULO 2 – EFEITO DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO E DE PROTEÍNAS Cry NOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

**RESUMO** – O algodão *Gossypium hirsutum* (L.) é uma Malvaceae cultivada em várias regiões do Brasil e do mundo, devido à versatilidade da sua produção. A importância econômica do algodão atrela-se à questão do controle de insetos-praga como sendo um dos fatores que traz a maior parcela de custos na produção dessa cultura. A lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), de maior ocorrência na cultura da soja até a década passada, vem causando sérios danos nas regiões produtoras de algodão. Entre os princípios avanços para o controle de pragas, pode-se citar a disponibilidade de cultivares de algodoeiro geneticamente modificadas com genes oriundos da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), onde essas plantas transgênicas expressam cristais proteicos com efeito inseticida, com a finalidade de controlar lepidópteros-praga que possam vir a ser prejudiciais à cultura. A adoção de cultivares de algodão *Bt* tem crescido nas últimas décadas devido ao aumento da disponibilidade de materiais com novas combinações de proteínas e a ocorrência de espécies de lepidópteros-praga de difícil controle. Os eventos de algodão *Bt* que expressam as proteínas inseticidas Cry1Ac (Bollgard I<sup>®</sup>), Cry1Ac+Cry2Ab2 (Bollgard II<sup>®</sup>), Cry1Ac+Cry1F (Widestrike<sup>®</sup>) e Cry1Ab+Cry2Ae (TwinLink<sup>®</sup>) são ferramentas atuais e disponíveis para o manejo desse inseto-praga, afim de subsidiar o Manejo Integrado de Pragas. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de cultivares de algodoeiro transgênicos *Bt*, que expressam diferentes proteínas inseticidas Cry, sobre os aspectos biológicos de *C. includens* em laboratório, oriundas de áreas agrícolas do município de Primavera do Leste, do estado do Mato Grosso. O estudo foi realizado em laboratório, sob condições controladas, utilizando lagartas neonatas que foram alimentadas durante toda a fase larval com folhas das cultivares de algodoeiro *Bt* e não *Bt*. Em cada cultivar, os parâmetros biológicos observados foram: duração média e viabilidade da fase larval, duração média e viabilidade da fase pupal, peso médio de lagartas aos 10 dias de idade e de pupas com 24 horas de formação, razão sexual, duração do período de lagarta a adulto, período de oviposição, número médio total de ovos/fêmea, viabilidade de ovos e longevidade de fêmeas. As proteínas inseticidas piramidadas Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae apresentam eficácia no controle de *C. includens* e afetam a sobrevivência de lagartas pequenas do inseto-praga. Entretanto, a proteína inseticida Cry1Ac, expressa de forma isolada na cultivar Bollgard I<sup>®</sup>, não apresenta eficácia no controle de lagartas de *C. includens*. O principal efeito negativo das proteínas Cry é sobre a viabilidade de lagartas de 1<sup>o</sup> instar de *C. includens*.

**Palavras-chave:** Algodão *Bt*; Cry1F; Cry2Ab2, Cry2Ae; falsa-medideira.

## CHAPTER 2 - EFFECTS OF COTTON CULTIVARS AND PROTEINS Cry IN THE BIOLOGICAL PARAMETERS OF *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

**ABSTRACT** - The cotton *Gossypium hirsutum* (L.) is a Malvaceae cultivated in several regions of Brazil and worldwide, due to the versatility of its production. The economic importance of cotton is linked to the issue of pest control as one of the factors that brings the greatest share of costs in the production of this crop. The soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), which has been occurring in the soybean crop until the last decade, has been causing serious damage in cotton producing regions. Among the main advances in pest control, we can mention the availability of genetically modified cotton cultivars with genes from the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), where these transgenic plants express protein crystals with insecticidal effect, in order to control Lepidoptera pests that may be harmful to the crop. The adoption of *Bt* cotton cultivars has grown in the last decades due to the increase of the availability of materials with new combinations of proteins and the occurrence of species of lepidopteran pests of difficult control. Cotton *Bt* events expressing the insecticidal proteins Cry1Ac (Bollgard I®), Cry1Ac+Cry2Ab2 (Bollgard II®), Cry1Ac+Cry1F (Widestrike®) and Cry1Ab+Cry2Ae (TwinLink®) are current and available tools for the management of this insect. insect-pest, in order to subsidize Integrated Pest Management. The objective of this work was to evaluate the effects of *Bt* transgenic cotton cultivars, which express different Cry insecticidal proteins, on the biological aspects of *C. includens* in the laboratory, from the agricultural areas of the municipality of Primavera do Leste, in the state of Mato Grosso. The study was carried out in the laboratory under controlled conditions using neonate caterpillars that were fed throughout the larval phase with leaves of the transgenic *Bt* and non-*Bt* cultivars. In each cultivar, the biological parameters observed were: mean duration and viability of the larval phase, mean duration and viability of the pupal phase, mean weight of caterpillars at 10 days of age and pupae with 24 hours of formation, sexual ratio, duration of the period from caterpillar to adult, oviposition period, mean total number of eggs/female, viability of eggs and longevity of females. The pyramidal insecticidal proteins Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 and Cry1Ab+Cry2Ae are effective in control of *C. includens* and affect the survival of small insect-pest caterpillars. However, the insecticidal protein Cry1Ac, expressed in isolated in the cultivar Bollgard I®, has no efficacy in the control of caterpillars of *C. includens*. The main negative effect of Cry proteins is on the viability of 1<sup>o</sup> instar caterpillars of *C. includens*.

**Keywords:** Cotton *Bt*; Cry1F; Cry2Ab2, Cry2Ae; Soybean looper.

## 1. Introdução

O algodão, *Gossypium hirsutum*, é uma importante *commodity* no cenário agrícola brasileiro pelo volume e valor da produção. A estimativa na safra 2017/2018 é de que a área brasileira atinja cerca de 1.102,3 mil hectares e a produção nacional em caroço aproximadamente 2.400 kg por hectare, enquanto que a produção de algodão em pluma atinja aproximadamente 1.600 kg por hectare. A maior parte da produção é na região Centro-Oeste, seguida pela região Nordeste, mas especificamente no Oeste da Bahia, sendo os estados de Mato Grosso e Bahia responsáveis por cerca de 88% da área plantada (CONAB, 2018).

A cultura do algodão atrai e hospeda permanentemente um complexo significativo de pragas, que atacam as plantas desde as raízes até os capulhos, ocasionando danos, afetando a produtividade e características importantes das sementes e fibras, impedindo que a cultura atinja seu máximo rendimento produtivo (SANTOS, 2015).

Atualmente, no Cerrado brasileiro, o algodoeiro é semeado logo após a colheita da soja (*Glycine max* L.). Este atual sistema de cultivo tem favorecido o aumento populacional de importantes insetos-praga, como por exemplo a lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae). Este lepidóptero, de maior ocorrência na soja até a década passada, tem crescido de importância a cada ano na cultura do algodoeiro (BUSOLI et al., 2017).

Segundo Papa e Celoto (2014) é necessário que a cotonicultura moderna adote as práticas propostas pelo Manejo Integrado de Pragas. Neste sentido, os avanços das pesquisas em biotecnologia levaram à obtenção de plantas geneticamente modificadas, contendo genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), visando proteção completa da planta ao longo do seu desenvolvimento e constituindo-se em uma ferramenta viável para o manejo dos principais lepidópteros-praga (BOBROWSKI et al., 2003; RAMIRO; FARIAS, 2006; JAMES, 2009).

No Brasil, a partir de 2005, houve a liberação comercial da cultivar transgênica *Bt Bollgard I*<sup>®</sup>, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac (CTNBio, 2017). Apesar de controlar efetivamente algumas das pragas-chave alvos na cultura

do algodoeiro, outras espécies de lepidópteros são afetados apenas subletalmente por essas toxinas expressas por esta cultivar (ARAÚJO, 2009). Vários estudos indicam a suscetibilidade de *C. includens* à toxina Cry1Ac (BERNARDI et al., 2012; VIANA et al., 2014; SORGATTO; BERNARDI; OMOTO, 2015).

Entretanto, a suscetibilidade à tecnologia *Bt* pode diferir nas diferentes espécies de lepidópteros-praga (BERNARDI et al., 2012; 2013). Viana et al. (2014) constataram que a cultivar Bollgard I<sup>®</sup>, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, apresentou baixo efeito nos parâmetros biológicos da *C. includens*, uma vez que 62% das lagartas sobreviveram e se transformaram em pupas normais.

Plantas piramidadas oferecem alternativa viável para retardar a resistência em populações de insetos-praga, entretanto lagartas de *C. includens* tem se mostrado menos suscetível às toxinas Cry1. Com isso, dentro da perspectiva de pirâmide de genes, esta lagarta apresenta maior potencial de quebra da suscetibilidade à proteína inseticida Cry1Ac expressa em cultivares *Bt* piramidadas (BERNARDI et al., 2012; CRIALESI-LEGORI et al., 2014).

Dessa forma, em 2009, houve a liberação comercial de variedades que expressam duas proteínas inseticidas, denominadas de piramidadas, Bollgard II<sup>®</sup> (Cry1Ac+Cry2Ab2) e Widestrike<sup>®</sup> (Cry1Ac+Cry1F), e em 2011, o evento TwinLink<sup>®</sup> (Cry1Ab+Cry2Ae) (CTNBio, 2017). A expressão de duas proteínas inseticidas pelas plantas, confere maior espectro de ação e possibilita, em alguns casos, retardar a evolução da resistência de insetos às toxinas expressas pelo algodão *Bt*, ampliando a expectativa de melhoria de controle de lepidópteros-praga (OMOTO, 2008; THOMAZONI et al., 2013).

A principal vantagem das cultivares *Bt* piramidadas é que a resistência causada por uma toxina pode não acarretar resistência cruzada à outra toxina (ALYOKHIN, 2011), uma vez que os receptores são diferentes. Segundo Abdelkefi-Mesrati et al. (2011), as diferenças entre toxinas de *B. thuringiensis* são muito importantes.

Neste contexto, estudos sobre a viabilidade desta tecnologia são fundamentais para determinar as adaptações às mais diversas condições de campo, e principalmente, observar as possíveis falhas que essa tecnologia possa apresentar. Assim, são necessários estudos para verificar o desempenho da

tecnologia no controle de lagartas, gerando dados que possam subsidiar a tomada de decisão quanto ao controle químico dentro da filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) nos materiais transgênicos.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de cultivares de algodoeiro transgênicos *Bt*, que expressam diferentes proteínas inseticidas Cry, sobre os aspectos biológicos de *C. includens* em laboratório, oriundas de áreas agrícolas do município de Primavera do Leste, estado do Mato Grosso.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Descrição do local e do cultivo**

Os experimentos foram realizados em área da Estação Experimental e no Laboratório de Entomologia do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), localizada no Município de Primavera do Leste, MT, latitude 15° 31' 49" S, longitude 54° 11' 28" W e 620 m de altitude.

Os experimentos foram conduzidos entre janeiro e agosto de 2016 e, para isto utilizou-se uma área de 1.100 m<sup>2</sup>, onde foram semeados as cultivares de algodoeiro FM 993 (não *Bt*) e as transgênicas *Bt*, DP 555 BG1 (tecnologia Bollgard I<sup>®</sup>, que expressa a proteína Cry1Ac), FM 975 WS (tecnologia Widestrike<sup>®</sup>, que expressa as proteínas Cry1Ac+Cry1F), DP 1228 B2RF (tecnologia Bollgard II<sup>®</sup>, que expressa as proteínas Cry1Ac+Cry2Ab2) e, FM 940 GLT (tecnologia TwinLink<sup>®</sup>, que expressa as proteínas Cry1Ab+Cry2Ae). Ao longo do desenvolvimento das plantas, folhas do terço médio foram coletadas para a realização dos experimentos em laboratório. A cultivar FMT 701 também foi semeada e destinada à coleta de folhas para a manutenção da criação estoque de lagartas de *C. includens*. A escolha desta cultivar teve como objetivo evitar possível condicionamento pré-imaginal nos testes subsequentes com as demais cultivares, obedecendo critérios sugeridos por Lara (1991).

As práticas culturais, tais como adubação de plantio e cobertura, aplicação de regulador de crescimento vegetal, foram os normalmente recomendados para a cultura do algodoeiro (BORÉM; FREIRE, 2014). A semeadura foi realizada de forma mecânica com auxílio de uma semeadora de parcelas de arrasto, com densidade de 8 plantas por metro de linha, adotando-se espaçamento entre linhas de 0,9 m. Durante o experimento não foram realizadas aplicações de inseticidas para evitar qualquer interferência nos resultados, e o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente durante o desenvolvimento das plantas de algodão.

## **2.2 Criação de manutenção de *Chrysodeixis includens***

A criação de *C. includens* foi mantida sob condições controladas, em sala climatizada com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $65\pm 5\%$  e fotofase de 14h.

Para a obtenção dos espécimes de *C. includens* utilizadas nos experimentos em laboratório, foram coletadas lagartas de vários tamanhos nas plantas de soja e de algodão em áreas agrícolas no município de Primavera do Leste, MT, Brasil.

Em laboratório o material originário do campo foi triado, identificado, individualizado e acondicionado em copos descartáveis, onde foi oferecido para a alimentação um cubo de  $2\text{ cm}^2$  de dieta artificial à base de feijão, adaptada de Greene, Leppla e Dickerson (1976), para minimizar o efeito das exigências nutricionais e possível influência no desenvolvimento larval. A alimentação à base da dieta foi oferecida até as lagartas completarem a fase larval. Em seguida, as pupas obtidas foram separadas por sexo, utilizando-se a metodologia proposta por Butt e Cantu (1962).

Assim que emergidos, os adultos foram acondicionados em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 15 cm de diâmetro x 20 cm de altura, cuja parte superior destes foram cobertas por tecido “voile” fixado por elásticos. Internamente as gaiolas foram revestidas com papel sulfite para as fêmeas realizarem as posturas

dos ovos e posterior coleta dos mesmos para a realização dos estudos ou para a criação da espécie.

Para a alimentação dos adultos utilizou-se solução de mel a 10% embebida em chumaço de algodão hidrófilo, colocado no fundo da gaiola, em um recipiente cilíndrico plástico de 3 cm de diâmetro x 2 cm de altura. Esta solução foi trocada diariamente para não haver problemas de fermentação e contaminação por microrganismos.

A cada 24 horas, as gaiolas foram trocadas e os ovos obtidos foram acondicionados em placas de Petri de 0,90 x 15 mm com papel filtro ao fundo, sendo este umedecido com água destilada, para evitar a dessecação dos ovos. Após a eclosão das lagartas, estas foram transferidas para recipientes cilíndricos de plástico com tampa com dimensões de 12 cm de diâmetro x 10 cm de altura, onde foram oferecidas folhas de algodão da cultivar não *Bt* FMT 701. As folhas foram trocadas diariamente até as lagartas atingirem a fase de pupa e repetiu-se os procedimentos descritos anteriormente para a obtenção de uma nova geração, sendo essa geração utilizada para a realização dos experimentos.

### **2.3 Parâmetros biológicos de *C. includens* criadas em cultivares de algodoeiro transgênicas *Bt* e não *Bt***

Para a avaliação dos parâmetros biológicos do inseto, foram utilizadas lagartas neonatas (recém eclodidas) provenientes da criação de manutenção de *C. includens* alimentadas com a cultivar de algodoeiro não *Bt* FMT 701. Os bioensaios foram conduzidos em salas climatizadas com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $65\pm 5\%$  e fotofase de 14h, em delineamento inteiramente casualizados (DIC) constituído por cinco tratamentos, representadas pelas cultivares de algodoeiro transgênica não *Bt*, FM 993, e cultivares transgênicas *Bt*, tecnologias Bollgard I<sup>®</sup>, Widestrike<sup>®</sup>, Bollgard II<sup>®</sup> e TwinLink<sup>®</sup>.

### 2.3.1 Fases de larva e de pupa

Para a avaliação dos parâmetros biológicos referentes à fase larval, utilizaram-se para cada cultivar (tratamento) 100 lagartas neonatas (repetições), totalizando 500 lagartas. As lagartas foram individualizadas em placas de Petri de 90 mm x 15 mm, revestidas com papel filtro umedecido diariamente, para evitar a desidratação das folhas. As observações dos parâmetros biológicos foram realizados diariamente.

As folhas utilizadas para alimentação das lagartas foram coletadas no campo experimental em cada área respectiva da cultivar (tratamento), com prioridade para as folhas desenvolvidas encontradas no terço médio da planta, nicho ecológico preferido da espécie para alimentação e oviposição. As folhas oferecidas (ad-libitum) foram trocadas diariamente, de modo a não haver falta de alimento. Os insetos foram avaliados diariamente e realizava-se a higienização do recipiente e remoção de fezes até as lagartas atingirem a fase de pupa. Em seguida, as pupas foram pesadas e separadas por sexo, baseado em Butt e Cantu (1962) e observadas até a emergência dos adultos.

Os parâmetros biológicos observados foram: duração média (dias) dos instares larvais, duração média (dias) e viabilidade da fase larval (%), duração média (dias) e viabilidade da fase de pupa (%), peso médio (g) de lagartas aos 10 dias de idade e de pupas com 24 horas de formação; razão sexual e duração média (dias) do período da eclosão da lagarta à emergência do adulto. A pesagem das lagartas e pupas foram realizadas com o auxílio de uma balança de precisão de quatro casas decimais e a razão sexual foi obtida através da fórmula:  $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos}$ .

### 2.3.2 Fase adulta

Para a avaliação dos parâmetros biológicos referentes à fase adulta, utilizaram-se para cada cultivar (tratamentos), dez casais (repetições) onde foram individualizados em gaiolas cilíndricas constituídas por tubos de PVC de 10 cm de diâmetro x 20 cm de altura, onde na parte superior foram cobertas por tecido “voile” fixado por elásticos. Internamente, as gaiolas foram revestidas por papel sulfite branco para as fêmeas realizarem a postura dos ovos, facilitando com isso, a posterior coleta diária dos mesmos para a realização das avaliações.

As coletas foram realizadas diariamente para contagem de ovos de cada casal. Para alimentação dos adultos foram oferecidos solução de mel a 10% embebida em chumaço de algodão hidrófilo e colocado no fundo da gaiola, em um recipiente cilíndrico plástico de 3 cm de diâmetro x 2 cm de altura.

Os parâmetros biológicos analisados foram: período médio (dias) de oviposição, número médio total de ovos/fêmea, viabilidade (%) de ovos e longevidade médias (dias) de fêmeas. Para a viabilidade de ovos, foram retirados 100 ovos de cada repetição por quatro dias consecutivos, após o primeiro dia de postura das fêmeas. Os ovos foram colocados em placas de Petri contendo dieta artificial, onde permaneceram até a eclosão, para posterior contagem de lagartas eclodidas.

## **2.4 Delineamento e Análise estatística**

Os dados obtidos nos bioensaios foram analisados estatisticamente através de Análise de Variância (ANOVA), teste F, e as médias dos tratamentos, comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Para a análise estatística, foi utilizado o programa ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013). Para atender as necessidades de normalidade e homocedasticidade, antes de proceder as análises estatísticas, os dados originais de médias foram submetidos à transformação de  $(\sqrt{x + 0,5})$ , para melhor aproximação das médias dos tratamentos em torno da média geral, e submetidos a análise de Variância.

### 3. Resultados e Discussão

Os parâmetros biológicos de *C. includens* variaram significativamente entre as cultivares de algodoeiro avaliadas. As lagartas que foram alimentadas com as cultivares de algodoeiro transgênicas *Bt*, tecnologias Widestrike®, Bollgard II® e TwinLink®, apresentaram mortalidade de 100% até o segundo dia de idade, logo no 1º instar, não sendo possível realizar as análises comparativas com os parâmetros biológicos obtidos nas demais cultivares (Tabela 1).

Assim, observa-se que as proteínas piramidadas Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae expressas nas folhas de algodoeiro *Bt* foram altamente eficientes para o controle de *C. includens*, ocasionando alta mortalidade. Estudos realizados por Tindall et al. (2009), nos EUA, também constataram mortalidade total das lagartas de *C. includens* alimentadas com folhas de algodoeiro que expressam as proteínas Cry1Ac+Cry1F. Segundo Storer, Thompson e Head (2012), um dos fatores que contribuem para o sucesso em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), voltadas para as estratégias de Manejo de Resistência de Insetos (MRI), é a utilização de plantas *Bt* com mais de uma proteína inseticida ativa.

Em contrapartida, pode-se constatar efeitos adversos nos aspectos biológicos das lagartas de *C. includens* que foram alimentadas com a cultivar de algodoeiro *Bt* com a tecnologia Bollgard I®, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac. A duração média do primeiro, segundo e terceiro instares larvais das lagartas alimentadas com esta cultivar foi de 4,44; 4,55 e 3,68 dias, respectivamente, sendo significativamente maior que a duração das lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt*, FM 993 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Duração média  $\pm$  EP (dias) dos estádios larvais de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016.

Cultivar	Fase Larval (dias)					
	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	5º instar	Pré pupa
1. FM 993	3,47 $\pm$ 0,09 b [97]	3,62 $\pm$ 0,07 b [97]	3,39 $\pm$ 0,07 b [94]	3,31 $\pm$ 0,05 a [94]	4,08 $\pm$ 0,07 a [94]	1,19 $\pm$ 0,04 b [89]
2. DP 555BG1	4,44 $\pm$ 0,11 a [86]	4,55 $\pm$ 0,11 a [86]	3,68 $\pm$ 0,10 a [82]	3,34 $\pm$ 0,11 a [82]	3,54 $\pm$ 0,15 b [82]	1,35 $\pm$ 0,06 a [73]
3. FM 975WS <sup>1</sup>	--	--	--	--	--	--
4. DP 1228B2RF <sup>1</sup>	--	--	--	--	--	--
5. FM 940GLT <sup>1</sup>	--	--	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	3,92	4,06	3,52	3,32	3,83	1,26
<b>F<sub>trat.</sub></b>	47,13**	53,64**	4,88*	0,03 <sup>ns</sup>	15,19**	5,31*
<b>C.V (%)</b>	10,86	9,23	9,99	9,92	12,26	12,07

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivar 1 = não *Bt*; cultivar 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

Em relação à duração do quarto instar larval, não observou-se diferença significativa entre as cultivares avaliadas. Quando as lagartas atingiram o quinto instar larval, pode-se constatar que a duração média das lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* FM 993 foi de 4,08 dias, sendo significativamente maior quando comparada à duração média das lagartas alimentadas com a cultivar *Bt*, correspondendo a 3,54 dias (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Viana et al. (2014) onde constataram que a cultivar transgênica *Bt* proporcionou menor duração no quinto instar larval de *C. includens*

Na duração média da fase de pré-pupa, quando os insetos cessam a alimentação, as lagartas que se alimentaram da cultivar não *Bt* apresentaram significativamente menor duração do que as lagartas alimentadas com a cultivar *Bt* Bollgard I<sup>®</sup>. Entretanto, a fase de pré-pupa não ultrapassou dois dias para ambos os tratamentos (Tabela 1).

Em relação a duração média total da fase larval, pode-se observar que as lagartas alimentadas com a cultivar transgênica *Bt* e que sobreviveram até a fase de pupa apresentaram duração média de 20,94 dias, diferindo significativamente da cultivar não *Bt*, que apresentou 18,98 dias. Dessa forma, pode-se observar que a proteína inseticida Cry1Ac, expressa na cultivar transgênica *Bt* Bollgard I<sup>®</sup>, afetou negativamente o período de duração da fase larval de *C. includens* (Tabela 2).

**Tabela 2.** Duração média  $\pm$  EP (dias) e viabilidade média (%) da fase larval, peso médio  $\pm$  EP (g) de lagartas aos 10 dias de idade e duração média  $\pm$  EP (dias) do período lagarta-adulto de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016.

Cultivar	Fase Larval		Peso (g)	Duração Lagarta - Adulto (dias)
	Duração (dias)	Viabilidade (%)		
1. FM 993	18,98 $\pm$ 0,17 b [89]	89 a	0,0554 $\pm$ 0,005 a [97]	25,60 $\pm$ 0,18 b [89]
2. DP 555BG1	20,94 $\pm$ 0,30 a [73]	73 b	0,0579 $\pm$ 0,004 a [86]	28,02 $\pm$ 0,30 a [73]
3. FM 975WS <sup>1</sup>	--	--	--	--
4. DP 1228B2RF <sup>1</sup>	--	--	--	--
5. FM 940GLT <sup>1</sup>	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	19,87	81	0,0566	26,69
<b>F<sub>trat.</sub></b>	35,66**	8,59**	0,19 <sup>ns</sup>	51,00**
<b>C.V (%)</b>	4,99	17,74	3,75	7,89

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivar 1 = não *Bt*; cultivar 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

Estes resultados da duração da fase larval obtido para a cultivar transgênica *Bt* foram menores que o resultado encontrado por Funichello et al. (2013), que observaram duração média de 22,23 dias. Entretanto, os experimentos dos referidos autores foram realizados no ano de 2011, sendo possível supor que a espécie em questão, possa ter sofrido seleção para a resistência à proteína Cry1Ac, presente na cultivar Bollgard I<sup>®</sup>, reduzindo a duração da fase larval.

Ao verificar a viabilidade da fase larval, constatou-se que as lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* (FM 993) proporcionou maior sobrevivência, apresentando 89% de viabilidade larval, diferindo significativamente da cultivar transgênica *Bt*, que apresentou 73% de sobrevivência larval (Tabela 2). Estes resultados se tornam preocupantes em relação à cultivar Bollgard I<sup>®</sup>, pois em estudos anteriores, Funichello et al. (2013) constataram 56% de sobrevivência de lagartas de *C. includens* e após dois anos, Viana et al. (2014) observaram aumento nessa porcentagem atingindo 62% de sobrevivência larval para este mesmo inseto praga, em populações coletadas no Mato Grosso do Sul, também no Centro-Oeste do Brasil.

Pode-se observar neste estudo, que novamente houve um aumento na porcentagem de sobrevivência larval desta espécie na cultivar *Bt* Bollgard I<sup>®</sup>. Esta diminuição da susceptibilidade de uma população de insetos-alvo à uma determinada proteína inseticida Cry, pode ser constatado como uma evolução da resistência da praga em cultivares *Bt* (TABASHNIK; RENSBURG; CARRIÈRE, 2009). Dessa forma, a cultivar que expressa a proteína inseticida Cry1Ac já não vinha causando supressão eficiente de populações de lagartas de *C. includens* em algodão no Centro Oeste do Brasil, e conseqüentemente apresentando redução na eficácia de controle, necessitando controle químico complementar (FUNICHELLO et al., 2013).

Com relação ao peso médio das lagartas que estavam vivas aos 10 dias de idade, não foi observado diferenças significativas entre as lagartas alimentadas com as cultivares *Bt* e não *Bt* (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Viana et al. (2014), que verificaram que na cultivar FM 993 não houve diferença significativa no peso para lagartas aos 13 dias de idade em relação à cultivar *Bt* Bollgard I<sup>®</sup>.

A duração média do período compreendido entre a fase larval e a fase adulta de *C. includens* para as lagartas alimentadas com a cultivar transgênica *Bt*, foi significativamente mais longa em comparação com aquelas alimentadas com a cultivar transgênica não *Bt*, FM 993, apresentando 28,02 e 25,60 dias, respectivamente (Tabela 2). Os resultados encontrados por Funichello et al. (2013) para este parâmetro biológico e referente à cultivar *Bt*, demonstraram que a duração média foi de 30,05 dias, maior que os encontrados no presente estudo.

Ao observar o período de duração da fase de pupa, constatou-se que as lagartas que foram alimentadas com a cultivar transgênica não *Bt*, apresentaram menor duração média, com 6,60 dias, diferindo significativamente das lagartas que se alimentaram da cultivar transgênica *Bt*, que apresentaram duração média de 7,08 dias (Tabela 3). Por outro lado, a viabilidade pupal não apresentou diferenças significativas entre as cultivares. As lagartas que foram alimentadas com a cultivar transgênica *Bt* apresentaram viabilidade de 87%, enquanto que na cultivar não *Bt* essa sobrevivência foi de 95% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Duração média  $\pm$  EP (dias) e viabilidade média (%) da fase de pupa, razão sexual e peso médio  $\pm$  EP (g) de pupas com 24 horas de idade de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicos *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016.

Cultivar	Fase de Pupa			
	Duração (dias)	Viabilidade (%)	Peso (g)	Razão sexual
1. FM 993	6,60 $\pm$ 0,09 b [89]	95 a	0,2231 $\pm$ 0,003 a [89]	0,47
2. DP 555BG1	7,08 $\pm$ 0,06 a [73]	87 a	0,1889 $\pm$ 0,004 b [73]	0,50
3. FM 975WS <sup>1</sup>	--	--	--	--
4. DP 1228B2RF <sup>1</sup>	--	--	--	--
5. FM 940GLT <sup>1</sup>	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	6,82	91	0,2077	--
<b>F<sub>trat.</sub></b>	19,80**	3,36 <sup>ns</sup>	44,08**	--
<b>C.V (%)</b>	4,73	11,84	2,32	--

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivar 1 = não *Bt*; cultivar 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

Em relação ao parâmetro peso de pupas com 24 horas de idade, constatou-se que as lagartas alimentadas com as folhas de algodoeiro transgênico *Bt* e não *Bt* se comportaram de maneira diferente e significativa. Foi observado que as lagartas alimentadas durante a fase larval com folhas da cultivar que expressa a proteína inseticida Cry1Ac apresentaram peso médio das pupas de 0,1889 g,

significativamente menor em relação às lagartas alimentadas pela cultivar não *Bt*, que apresentaram peso médio de pupas de 0,2231 g (Tabela 3).

Resultados semelhantes foram encontrados por Williams et al. (1997), Meyers et al. (1997), Buntin et al. (2001), Fernandes (2003), Funichello et al. (2013) e Viana et al. (2014), em estudos realizados com outros Noctuides como *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) e também com *C. includens*. Provavelmente essa diferença no peso médio das pupas se deu pela influência negativa exercida pelas proteínas *Bt*, no comportamento alimentar e no desenvolvimento dos insetos durante a fase larval.

Considerando o efeito dos tratamentos sobre a razão sexual de *C. includens*, constatou-se que as lagartas ao se alimentarem do algodão transgênico *Bt* Bollgard I<sup>®</sup> apresentaram razão sexual próxima de 0,5, ou seja, uma fêmea para cada macho. Em relação à cultivar não *Bt*, observou-se que quando os insetos se alimentaram durante a fase larval nesta cultivar, a razão sexual foi de 0,47 (Tabela 3). Estes resultados demonstram que a proteína expressa no algodão Bollgard I<sup>®</sup> não afeta de forma direta a razão sexual do inseto-praga em estudo, pois proporciona a sobrevivência de praticamente uma fêmea para cada macho.

Giolo et al. (2002) ao avaliarem os parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), oriundas de diversas localidades e de hospedeiros diferentes, constataram razão sexual entre 0,41 e 0,52, resultados semelhantes com o do presente estudo. Entretanto, resultados diferentes foram observados por Viana (2014), que ao avaliar o efeito da cultivar de algodoeiro *Bt*, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, sobre *C. includens*, foi constatada razão sexual de 0,61, ou seja, maior número de fêmeas sobreviventes.

Os resultados obtidos para o período de oviposição das fêmeas indicam que as mariposas que passaram a fase larval alimentando-se com a cultivar transgênica *Bt*, apresentaram período médio de 6,8 dias, não diferindo significativamente do período médio observado com a cultivar não *Bt* FM 993 (Tabela 4). Apesar das diferenças significativas encontradas no peso médio das pupas, a longevidade média das mariposas fêmeas não foi afetada pelos tratamentos.

Resultados diferentes foram observados em estudos realizados por Fernandes (2003) sobre o período de oviposição de fêmeas de *S. frugiperda*. O

autor constatou diferenças significativas ao comparar insetos alimentados durante a fase larval com híbridos de milho não *Bt* e híbridos que expressam a proteína Cry1Ac. Na ocasião, o autor atribuiu que essa diferença provavelmente ocorreu devido a fatores ambientais ou genéticos e não propriamente devido a proteína Cry1Ab expressa pela planta.

**Tabela 4.** Duração média  $\pm$  EP (dias) do período de oviposição, número médio  $\pm$  EP de ovos por fêmea, viabilidade de ovos (%) e longevidade média  $\pm$  EP (dias) de fêmeas de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de algodoeiro transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016.

Cultivar	Fase adulta (fêmeas)		Ovos/fêmea	Viabilidade de ovos (%)
	Oviposição (dias)	Longevidade (dias)		
1. FM 993	7,4 $\pm$ 0,48 a [10]	11,16 $\pm$ 0,32 a	1127,90 $\pm$ 104,90 a	85,02 a
2. DP 555BG1	6,8 $\pm$ 0,51 a [10]	12,02 $\pm$ 0,35 a	1014,40 $\pm$ 100,51 a	67,44 b
3. FM 975WS <sup>1</sup>	--	--	--	--
4. DP 1228B2RF <sup>1</sup>	--	--	--	--
5. FM 940GLT <sup>1</sup>	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	7,10	11,56	1.071,15	76,23
<b>F<sub>trat.</sub></b>	0,7752 <sup>ns</sup>	3,45 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	21,02 <sup>**</sup>
<b>C.V (%)</b>	10,39	8,58	30,31	5,67

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo; <sup>\*</sup>Significativo a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivar 1 = não *Bt*; cultivar 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

Em relação à longevidade das fêmeas, verificou-se que também não houve diferença significativa proporcionada pela alimentação das lagartas nas folhas das cultivares avaliadas na fase larval de *C. includens*. Observou-se que a longevidade média das fêmeas foi de 11,16 e 12,02 dias, para mariposas que passaram a fase larval alimentando-se das cultivares não *Bt* e *Bt*, respectivamente (Tabela 4).

Para o parâmetro número médio de ovos por fêmea, não observou-se diferenças significativas proporcionadas pelas cultivares avaliadas. As mariposas que passaram a fase larval alimentando-se da cultivar não *Bt*, FM 993, obtiveram 1127,90 ovos, seguido de 1014,40 ovos para a cultivar de algodoeiro *Bt*. Nota-se pelos dados que as fêmeas cujas lagartas se desenvolveram na cultivar *Bt* não foram afetadas (Tabela 4), apresentando indícios de resistência à proteína inseticida Cry1Ac presente nesta cultivar.

Segundo Jost e Pitre (2002), em condições de temperatura e umidade favoráveis cada fêmea pode ovipositar, em média, 700 ovos durante seu ciclo de

vida. Segundo Vázquez (1986) o número total médio de ovos pode variar de 144 a 1953 ovos, sendo que 80 a 90 % do total destes são ovipositados até o sétimo dia.

Entretanto, constatou-se que no parâmetro viabilidade dos ovos, houve diferença significativa entre as cultivares, onde as porcentagens encontradas foram de 85,02% de ovos viáveis para o tratamento não *Bt* e 67,44% para o tratamento *Bt* (Tabela 4).

Ali, Luttrell e Young (2006) e Tabashnik et al. (2008) evidenciaram que a seleção de insetos resistentes em condições de laboratório tem mostrado uma rápida resposta de insetos-praga à pressão de seleção com proteínas *Bt*, o que evidencia o potencial da evolução da resistência em condições de campo. Provavelmente o baixo efeito da proteína inseticida Cry1Ac, de forma isolada, no algodoeiro sobre os aspectos biológicos de *C. includens* está relacionado ao uso inadequado da tecnologia transgênica *Bt*, principalmente na região Centro-Oeste do Brasil.

A tecnologia Bollgard I<sup>®</sup>, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, foi a primeira cultivar de algodoeiro transgênica liberada comercialmente no Brasil, e isto ocorreu no ano de 2005. Sendo assim, o evento liberado com apenas uma proteína inseticida está com maior tempo de exposição no campo. A partir do ano de 2009, cultivares de algodoeiro que expressam proteínas piramidadas foram liberadas comercialmente com o intuito de ampliar o controle sobre os insetos-praga alvo (CTNBio, 2017).

A utilização de forma constante de cultivares *Bt* ao longo dos anos, sem a adoção correta de medidas de manejo de resistência, como por exemplo o plantio da área de refúgio com plantas não *Bt*, impacta em maior pressão de seleção, acarretando a perda de eficiência destas cultivares sobre os insetos-alvo das tecnologias.

De modo geral, as lagartas de *C. includens* quando foram alimentadas com folhas de algodoeiro, que expressa apenas a proteína inseticida Cry1Ac, apresentaram efeito negativo sobre a praga em alguns aspectos biológicos, como por exemplo, a duração da fase larval maior quando comparada com as lagartas que se alimentaram de algodoeiro não *Bt*. Este efeito de certa forma, contribui para a redução de gerações desta praga durante cada ciclo da cultura.

Entretanto, pelos resultados do presente trabalho, pode-se constatar que a proteína inseticida Cry1Ac, expressa de forma isolada no algodoeiro, não apresenta mais eficiência na supressão de lagartas de *C. includens*, observando que as populações dessa espécie, ao longo dos anos, têm aumentado cada vez mais a tolerância a esta proteína inseticida.

Sabe-se que os parentais de algodão Cry1Ac, utilizados na obtenção dos eventos de algodão *Bt* piramidados, apresentam baixa atividade inseticida na mortalidade de *C. includens* (ADAMCZYK; GORE, 2004; AKIN et al., 2011; ARMSTRONG et al., 2011). A baixa atividade da proteína Cry1Ac no algodão *Bt* para *C. includens* está provavelmente relacionada à concentração da proteína expressa nas folhas, visto que essa proteína purificada e a soja transgênica *Bt*, com expressão da mesma proteína inseticida Cry1Ac, possuem alta atividade biológica para a mesma espécie-praga (BERNARDI et al., 2012).

As falhas de controle causadas pela evolução da resistência em populações de pragas-alvo às proteínas expressas nas plantas *Bt*, são uma grande ameaça ao uso sustentável dessa tecnologia (FERRÉ; VAN RIE, 2002; MANYANGARIRWA et al., 2006; ANDOW, 2008).

Dessa forma, os eventos piramidados de algodão *Bt* não atendem a estratégia de ataque múltiplo para esse inseto-praga, pela atividade limitante da proteína Cry1Ac, sendo as proteínas Cry2Ab2 e Cry1F, expressas nos eventos de algodão Widesrike® (Cry1Ac+Cry1F) e Bollgard II® (Cry1Ac+Cry2Ab2), as principais responsáveis pela mortalidade de *C. includens*. Já em relação à tecnologia TwinLink®, que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ab e Cry2Ae, provavelmente atendem a estratégia de Manejo da Resistência de Insetos a plantas *Bt*, relacionadas a incorporação de duas ou mais toxinas que apresentem ataque múltiplo no inseto-praga.

O efeito da cultivar no comportamento e biologia dos insetos-praga é importante para o desenvolvimento de estratégias eficientes dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas, procurando-se manejar populações que sobrevivam à tecnologia, dessa forma é de suma importância monitorar a seleção de populações resistentes às cultivares de algodoeiro *Bt*.

#### 4. Conclusões

As cultivares de algodoeiro que expressam as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae apresentam eficácia no controle de *C. includens* e afetam a sobrevivência das lagartas pequenas;

A proteína Cry1Ac, expressa de forma isolada na cultivar de algodoeiro de tecnologia Bollgard I<sup>®</sup>, não apresenta eficácia no controle de lagartas de *C. includens* em algodoeiro;

O principal efeito negativo das proteínas Cry no desenvolvimento de lagartas de *C. includens* é sobre a viabilidade de lagartas de 1<sup>o</sup> instar de *C. includens*.

## 5. Referências

ABDELKEFI-MESRATI, L.; BOUKEDI, H.; DAMMAK-KARRAY, M.; SELLAMI-BOUDAWARA, T.; JAOUA, S.; TOUNSI, S. Study of the *Bacillus thuringiensis* Vip3Aa16 histopathological effects and determination of its putative binding proteins in the midgut of *Spodoptera littoralis*. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v.106, p.250-254, 2011.

ADAMCZYK, J. J.; GORE, J. Laboratory and field performance of cotton containing Cry1Ac, Cry1F and both Cry1Ac and Cry1F (Widestrike®) against beet armyworm and fall armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist.**, Gainesville, v. 87, n. 4, p. 427-432, 2004.

AKIN, D. S.; STEWART, S. D.; LAYTON, M. B.; MILLS, J. A. Efficacy of cotton expressing pyramided *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins against lepidopteran pests. **Midsouth Entomologist**, Starkville, v. 4, p. 1-13, 2011.

ALI, M. I.; LUTTRELL, R. G.; YOUNG, S. I. Suscetibilities of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) populations to Cry1Ac insecticidal protein. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 99, p. 164-175, 2006.

ALYOKHIN, A. Scant evidence supports EPA's pyramided *Bt* corn refuge size of 5%. **Nature Biotechnology**, New York, v.29, p.577-578, 2011.

ANDOW, D. A. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops. **Collection of Biosafety Reviews**, Trieste, v. 4, p. 142-199, 2008.

ARAÚJO, C. R. **Aspectos biológicos de *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae) nas cultivares de algodoeiro DeltaOPAL e NuOPAL (Bollgard I)**. 2009. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

ARMSTRONG, J. S.; ADAMCZYK, J. J.; SHOIL, J.; GREENBERG, M. Efficacy of single and dual gene cotton *Gossypium hirsutum* events on neonate and third instar fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* development based on tissue and meridic diet assays. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.94 p. 262-271, 2011.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by Mon 87701 x Mon 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, Sussex, v. 68, p. 1083-1091, 2012.

BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High levels of biological activity of Cry1Ac protein expressed on MON 87701 x MON 89788 soybean against *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 4, p. 588-594, 2013.

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

BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2014. p. 90-112, 177-198.

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M.; Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.84, n.1, p. 37-42, 2001.

BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL NETTO, J.; VIANA, D. L.; PESSOA, R. Atualidades no manejo de pragas resistentes aos inseticidas e às proteínas *Bt* em soja, milho e algodão. In: CASTILHO, R. C.; BARILLI, D. R.; TRUZI, C. C. (Eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola – X**. Jaboticabal: Multipress, 2017. p. 123-143.

BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of Lepidopterous pupae**. Washington: USDA, 1962. 7p.

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Quinto Levantamento – Safra 2017/2018: Grãos**. 2018. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_02\\_08\\_17\\_09\\_36\\_fevereiro\\_2018.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf)>. Acesso em 20 fev 2018.

CRIALESI-LEGORI, P. C. B.; DAVOLOS, C. C.; LEMES, A. R. N.; MARUCCI, S. C.; LEMOS, M. V. F.; FERNANDES, O. A.; DESIDÉRIO, J. A. Interação de proteínas Cry1 e Vip3A de *Bacillus thuringiensis* para controle de lepidópteros-praga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 79-87, 2014.

CTNBio. Comissão técnica nacional de biossegurança. **Plantas Geneticamente Modificadas aprovadas para Comercialização**. 2017. Disponível em: <[http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document\\_library\\_display/](http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

FERNANDES, O. D. **Efeito do Milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e no parasitoide de ovos *Trichogramma* spp.** 2003. 164p. Tese (doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2003.

FERRÉ, J.; VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.47, p. 501-533, 2002.

FUNICHELLO, M.; GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, B. H. S.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; BUSOLI, A. C. Effect of transgenic and non-transgenic cotton cultivars on the development and survival of *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.8, p.5424-5428, 2013.

GIOLO, F. P.; GRÜTZMANCHER, A. D.; GARCIA, M. S.; BUSATO, G. R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEP.:NOCTUIDAE) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.3, p.219-224, 2002.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial médium. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.69, p. 487-488, 1976.

JAMES, C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. **Ithaca**, NY, ISAAA Briefs 39, 2009.

JOST, D. J.; PITRE, H. N. Soybean looper and cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) populations in cotton and soybean cropping systems in Mississippi. **Journal of Entomological Science**, Georgia, v. 37, p. 227-235, 2002.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2 ed. São Paulo: Ícone. 1991. 336p.

MANYANGARIRWA, W.; TURNBULL, M.; MCCUTCHEON, G.S.; SMITH, J.P. Gene pyramiding as a *Bt* resistance management strategy: how sustainable is this strategy? **African Journal of Biotechnology**, v.5, p.781-785, 2006.

MEYERS, H. B., JOHNSON, D. R.; SINGER, T. L.; PAGE, L. M. Survival of *Helicoverpa zea* Boddie on Bollgard® cotton. In: BELTWIDE COTTON

CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. v.2, p.1269-1271.

OMOTO, C. **Parecer técnico prévio conclusivo sobre a segurança ambiental do algodão Bollgard II® - Evento 15985.** Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2008.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. Manejo de pragas. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão: do plantio a colheita.** Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 217-249.

RAMIRO, Z. A.; FARIAS, A. M. Levantamento de insetos predadores nos cultivares de algodão Bollgard® DP90 e convencional Delta Pine Acala 90. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n.1, p. 119-121, 2006.

SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão, com destaque para o cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil.** 3. ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2015. p. 267-364.

SILVA, F. A. S. **Assistat 7.7.** UFCG, Campina Grande, 2013.

SORGATTO, R. J.; BERNARDI, O.; OMOTO, C. Survival and Development of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt Cotton and Implications for Resistance Management Strategies in Brazil. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 44, p. 186-192, 2015.

STORER, N. P.; THOMPSON, G. D.; HEAD, G. P. Application of pyramided traits against Lepidoptera in insect resistance management for *Bt* crops. **GM Crops and Food: Biotechnology in Agriculture and the Food, Chain**, v.3, p.154-162, 2012.

TABASHNIK, B. E.; GASSMANN, A. J.; CROWDER, D. A.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to *Bt* crops: evidence versus theory. **Nature Biotechnology**, London, v. 26, n. 2, p. 199-202, 2008.

TABASHNIK, B. E.; RENSBURG, J. B. J. V.; CARRIÈRE, Y. Field-evolved insect resistance to *Bt* crops: definition, theory, and data. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 6, p. 2011-2025, 2009.

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; PEREIRA, E. J. G.; DEGRANDE, P. E. ***Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do estado de Mato Grosso.** Primavera do Leste: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2013. p.1-12. (IMAmt, Circular técnica, 5).

TINDALL, K. V.; SIEBERT, M. W.; LEONARD, B. R.; ALL, J.; HAILE, F.J. Efficacy of Cry1Ac:Cry1F proteins in cotton leaf tissue against fall armyworm, beet armyworm, and soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.102, n.4, p.1497-1505, 2009.

VÁZQUEZ, W. R. C. **Biologia comparada de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo da área foliar da soja**. 1986. 164 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola superior de Agricultura “Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

VIANA, D. L. **Efeitos de cultivares de algodoeiro que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry1F nos parâmetros biológicos de *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2014. 42p. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2014.

VIANA, D. L.; CROSARIOL NETTO, J.; AGUIRREGIL, O. J.; BUSOLI, A. C. Parâmetros biológicos da lagarta falsa medideira em cultivares de algodoeiro com as proteínas Cry1Ac e Cry1F. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v.49, n.7, p.569-572, 2014.

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

### CAPÍTULO 3 – EFEITO DE CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICAS *Bt* E NÃO *Bt* NOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

**RESUMO** – *Chrysodeixis includens* (Walker), também conhecida como lagarta falsa-medideira, é uma praga polífaga com importância econômica crescente em várias culturas. No Brasil, tanto lagartas pequenas como grandes de *C. includens* têm sido observadas em cultivos de soja e de algodão. Entre os principais avanços para o controle de pragas, pode-se citar a disponibilidade de cultivares geneticamente modificadas, com genes oriundos da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), onde essas plantas transgênicas expressam cristais proteicos com efeito inseticida, com a finalidade de controlar lepidópteros-praga que possam vir a ser prejudiciais às culturas. O evento de soja transgênica *Bt*, que expressam a proteína Cry1Ac, é uma ferramenta atual e disponível para o manejo de *C. includens*, afim de subsidiar o Manejo Integrado de Pragas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de cultivares de soja transgênica *Bt*, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, como também cultivares transgênicas não *Bt*, sobre os aspectos biológicos de *C. includens*, em laboratório. O estudo foi realizado em laboratório, sob condições controladas, utilizando lagartas neonatas que foram alimentadas durante toda a fase larval com folhas das cultivares de soja transgênica *Bt*, Monsoy 7739 PRO RR e Syn 1585 IPRO, como também as cultivares de soja transgênica não *Bt*, Brasmax Desafio 8473 RR e BioGene 4377 RR. Em cada cultivar, os parâmetros biológicos observados foram: duração média e viabilidade da fase larval, duração média e viabilidade da fase pupal, peso médio de pupas com 24 horas de formação, razão sexual e duração média do período de lagarta à adulto. As lagartas alimentadas com as cultivares de soja transgênica *Bt* apresentaram 100% de mortalidade até o segundo dia de idade. Portanto, a cultivar que expressa a proteína tóxica Cry1Ac afeta os parâmetros biológicos controlando de maneira eficiente as populações da praga logo no 1º instar larval. Em relação às lagartas alimentadas com as cultivares de soja transgênica não *Bt*, apresentaram sobrevivência superior a 90% na fase larval, porém apresentaram efeitos diferentes nos aspectos biológicos de *C. includens*. A cultivar de soja BioGene 4377 RR apresentou prolongamento na duração média da fase larval.

**Palavras-chave:** Cry1Ac, falsa-medideira, Soja *Bt*.

### CHAPTER 3 - EFFECT OF SOYBEAN *Bt* AND NOT-*Bt* TRANSGENIC CULTIVARS IN THE BIOLOGICAL PARAMETERS OF *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

**ABSTRACT** - *Chrysodeixis includens* (Walker), also known as soybean-looper caterpillar, is a polyphagous pest with increasing economic importance in several crops. In Brazil, both small and large *C. includens* caterpillars have been observed in soybean and cotton crops. Among the main advances in pest control, we can mention the availability of genetically modified cultivars, with genes from the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), where these transgenic plants express crystal protein with insecticidal effect, in order to control lepidoptera-pests that may be harmful to crops. The transgenic soybean *Bt* event, which expresses the Cry1Ac protein, is a current and available tool for the management of *C. includens*, in order to subsidize Integrated Pest Management. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of *Bt* transgenic soybean cultivars, which expresses the insecticidal protein Cry1Ac, as well as non-*Bt* transgenic cultivars, on the biological aspects of *C. includens*, in the laboratory. The study was carried out in a laboratory under controlled conditions using neonate caterpillars that were fed during the entire larval phase with leaves of the transgenic soybean cultivars *Bt*, Monsoy 7739 PRO RR and Syn 1585 IPRO, as well as non-*Bt* transgenic soybean cultivars, Brasmax Desafio 8473 RR and BioGene 4377 RR. In each cultivar, the biological parameters observed were: mean duration and viability of the larval phase, mean duration and viability of the pupal phase, pupal mean weight with 24 hours of training, sexual ratio and average duration of the caterpillar period to adult. The caterpillars fed *Bt* transgenic soybean cultivars showed 100% mortality up to the second day of age. Therefore, the cultivar expressing the toxic protein Cry1Ac affects the biological parameters by efficiently controlling the populations of the pest in the 1st instar larval. In relation to the caterpillars fed with non - *Bt* transgenic soybean cultivars, they had survival rates higher than 90% in the larval phase, but showed different effects on the biological aspects of *C. includens*. Soybean cultivar BioGene 4377 RR showed prolongation in the mean duration of the larval phase.

**Key words:** Cry1Ac, Soybean looper, Soybean *Bt*.

## 1. Introdução

A lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), é um inseto polífago com capacidade de se desenvolver em 174 espécies de plantas, pertencentes a 39 diferentes famílias botânicas, podendo ocorrer em culturas de importância econômica tais como soja, feijão, algodão, fumo, girassol e tomate, além de um grande número de espécies de ervas daninhas e plantas nativas que hospedam a praga (SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015).

Até a década de 90, esta espécie era considerada praga secundária na cultura da soja, no entanto, nos últimos anos figura entre as principais espécies que acometem este cultivo, devido aos sérios danos ocasionados, pela alta capacidade de consumo de área foliar, além de estar presente em praticamente todas as lavouras de soja nas últimas safras (EMBRAPA, 2008; TOMQUELSKI et al., 2015).

No Brasil, tanto lagartas pequenas como grandes de *C. includens*, têm sido frequentemente encontradas alimentando-se do terço inferior das plantas e de folhas tenras de ramos secundários em plantas de soja e algodão (PAPA; CELOTO, 2014).

O método mais utilizado para o controle de *C. includens* é a aplicação de inseticidas. No entanto, por apresentar hábito de ficar no terço inferior do dossel das plantas (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012; BALDIN; LOURENÇÃO; SCHLICK-SOUZA, 2014; SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015), dificulta a ação e o efetivo controle via aplicação de inseticidas, pois nas aplicações convencionais é relativamente reduzida a quantidade de inseticidas que atingem os estratos inferiores das plantas (ANDRADE JUNIOR; VILELA, 2009; SPECHT; PAULA-MORAES; SOSA-GÓMEZ, 2015). O uso incorreto de inseticidas e fungicidas na soja também é um fator que contribui para o aumento de populações desta espécie, devido a alta mortalidade de agentes de controle biológico (SOSA-GÓMEZ; LASTRA; HUMBER, 2010).

Como alternativa aos métodos de controle via aplicação de inseticidas, as plantas geneticamente modificadas, contêm genes que expressam proteínas inseticidas Cry, presentes em genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*),

para controlar insetos-praga da ordem lepidóptera (YU; YUN; KONG, 2011) e coleóptera (REED et al., 2001), são cada vez mais utilizadas na agricultura. As técnicas de modificações genéticas promovidas pela biotecnologia moderna, tem sido considerada como um dos grandes avanços na agricultura (DEISINGH; BADRIE, 2005; LUDWING et al., 2010).

Segundo Fontes et al. (2002), o desenvolvimento dessa tecnologia só se compararia a revolução verde ocorrida na década de 1970, que se baseava na correlação hegemônica entre desenvolvimento, promoção da industrialização da agricultura e exportações. Neste cenário, o Brasil foi o primeiro país a cultivar soja transgênica *Bt*, com expressão da proteína inseticida Cry1Ac, e sua experiência com esta tecnologia é importante em todo o mundo (BORTOLOTTO et al., 2014).

A soja transgênica *Bt* foi liberada para comercialização em 2010, visando ao controle dos principais lepidópteros-praga encontrados na cultura, sendo iniciado o plantio na safra 2013/2014 (CTNBio, 2017). As pragas-alvo da tecnologia Intacta RR2 PRO<sup>®</sup> são *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818), *C. includens*, *Chloridae virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Crociosema aporema* (Walsingham, 1914) (Lepidoptera: Tortricidae), além de supressão às lagartas *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) e *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) (BERNARDI, 2012).

Contudo, como observado, as espécies de lagartas-praga encontradas na cultura da soja podem diferir na suscetibilidade à tecnologia *Bt* (BERNARDI et al., 2012; 2013). Lagartas de *C. includens* têm se mostrado menos suscetível às toxinas Cry1 do que as lagartas da espécie *A. gemmatalis*, por exemplo. Com isso, dentro da perspectiva de alta dose como forma de retardar a seleção de indivíduos resistentes, esta lagarta apresenta maior potencial de quebra da suscetibilidade à proteína inseticida Cry1Ac expressa na soja *Bt* (BERNARDI et al., 2012; CRIALESI-LEGORI et al., 2014).

Desta forma, há a necessidade de realizar ensaios biológicos em laboratório, visando identificar os efeitos adversos desta proteína inseticida, na sobrevivência e no desenvolvimento larval desta importante praga. Estes estudos de acompanhamento do efeito de cultivares transgênicas *Bt* pós-liberação sobre o comportamento e desenvolvimento biológico dos insetos-praga são necessários e

importantes para o desenvolvimento de estratégias eficientes dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas, procurando-se manejar populações que sobrevivam a esta tecnologia.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de cultivares de soja transgênica *Bt*, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, como também cultivares transgênicas não *Bt*, sobre os aspectos biológicos de *C. includens* em laboratório, coletadas em áreas agrícolas do município de Primavera do Leste, estado do Mato Grosso.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Descrição do local e do cultivo**

Os experimentos foram realizados em área experimental da Estação Experimental e no Laboratório de Entomologia do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), localizada no Município de Primavera do Leste, MT, na latitude 15° 31' 49" S e longitude 54° 11' 28" W, a 620 m de altitude.

Os experimentos foram conduzidos entre novembro de 2016 e março de 2017 e, para isto utilizou-se uma área de 2.200m<sup>2</sup>, onde foram semeadas as cultivares de soja transgênica não *Bt*, Brasmax Desafio 8473 RR e BioGene 4377 RR, e cultivares de soja transgênica *Bt*, Monsoy 7739 PRO RR e Syn 1585 IPRO que expressam a proteína inseticida Cry1Ac, destinadas ao cultivo e desenvolvimento das plantas e às coletas de folhas para a realização dos experimentos em laboratório.

O plantio foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a região e durante o experimento não foram realizadas aplicações de inseticidas para evitar qualquer interferência nos resultados.

## 2.2 Criação de manutenção de *Chrysodeixis includens*

A criação de *C. includens* foi mantida sob condições controladas, em sala climatizada com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $65\pm 5\%$  e fotofase de 14h.

Para a obtenção dos espécimes de *C. includens* utilizados para iniciar os experimentos em laboratório, foram coletadas lagartas de vários tamanhos nas plantas de soja e de algodão em áreas agrícolas no município de Primavera do Leste, MT, Brasil.

Em laboratório, o material originário do campo foi triado, identificado, individualizado e acondicionado em copos descartáveis, onde foi oferecido para a alimentação um cubo de  $2\text{ cm}^2$  de dieta artificial à base de feijão adaptada de Greene, Leppla e Dickerson (1976), para minimizar o efeito das exigências nutricionais e possível influência no desenvolvimento larval. A alimentação à base da dieta foi oferecida até as lagartas completarem a fase larval. As pupas obtidas foram separadas por sexo, utilizando-se a metodologia proposta por Butt e Cantu (1962).

Após a emergência, os adultos foram acondicionados em gaiolas constituídas por tubos de PVC de 15 cm de diâmetro x 20 cm de altura, cuja parte superior foram cobertas por tecido "voile" fixado por elásticos. Essas gaiolas foram revestidas internamente com folhas de papel sulfite para permitir a oviposição e posterior coleta dos ovos para a realização dos estudos.

Para alimentação dos adultos, foi oferecido solução de mel a 10% embebida em chumaço de algodão hidrófilo colocada no fundo da gaiola, em um recipiente cilíndrico plástico de 3 cm de diâmetro x 2 cm de altura. Esta solução foi trocada diariamente para não haver problemas de fermentação e contaminação por microrganismos.

A cada 24 horas, as folhas de papel para oviposição no interior das gaiolas foram trocadas e os ovos obtidos foram acondicionados em placas de Petri de  $0,90 \times 15\text{ mm}$  até a eclosão das lagartas. Em cada recipiente continha papel filtro ao fundo umedecido com água destilada, para evitar a dessecação dos ovos.

### **2.3 Parâmetros biológicos de *C. includens* alimentadas com cultivares de soja transgênica *Bt* e não *Bt*.**

Para a obtenção dos parâmetros biológicos do inseto foram utilizadas lagartas neonatas. Os bioensaios foram conduzidos em salas climatizadas com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $70\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas, em delineamento inteiramente casualizados (DIC), constituído por quatro tratamentos, representadas por duas cultivares de soja transgênica *Bt* e duas não *Bt*.

#### **2.3.1 Fases de larva e de pupa**

Para a avaliação dos parâmetros biológicos referentes à fase larval, utilizaram-se para cada cultivar (tratamento) 100 lagartas neonatas (repetições), totalizando 400 lagartas. As lagartas foram individualizadas em placas de Petri (90 x 15 mm), revestidas com papel filtro umedecido diariamente, para evitar a desidratação da folha. As observações de instares larvais, mortalidade e demais parâmetros biológicos foram realizados diariamente.

As folhas utilizadas para alimentação das lagartas foram coletadas no campo experimental em cada área respectiva do cultivar (tratamento), com prioridade para as folhas desenvolvidas encontradas no terço médio. As folhas oferecidas (*ad libitum*) foram trocadas diariamente, para não haver falta de alimento. Os insetos foram avaliados diariamente e realizava-se a higienização do recipiente e remoção de fezes até as lagartas atingirem a fase de pupa. Em seguida, as pupas foram pesadas e separadas por sexo, baseado em Butt e Cantu (1962), e observadas até a emergência dos adultos.

Os parâmetros biológicos observados foram: duração média (dias) dos instares larvais, duração média (dias) e viabilidade (%) da fase larval, duração média (dias) e viabilidade (%) da fase de pupa, peso médio (g) de pupas com 24 horas de formação; razão sexual e duração média (dias) do período de eclosão da lagarta à

emergência do adulto. A pesagem das pupas foi realizada com o auxílio de uma balança de precisão de quatro casas decimais e a razão sexual foi obtida através da fórmula:  $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos}$ .

## **2.4 Delineamento e análise estatística**

Os dados obtidos nos bioensaios foram analisados estatisticamente através de Análise de Variância (ANOVA), teste F, e as médias dos tratamentos, comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Para a análise estatística, foi utilizado o programa ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013). Para atender as necessidades de normalidade e homocedasticidade, antes de proceder as análises estatísticas, os dados originais de médias foram submetidos à transformação de  $(\sqrt{x + 0,5})$ , para melhor aproximação das médias dos tratamentos em torno da média geral, e submetidos a análise de Variância.

### 3. Resultados e Discussão

As lagartas que foram alimentadas com as cultivares de soja transgênica *Bt*, Monsoy 7739 PRO RR e Syn 1585 IPRO, que apresentam tecnologia Intacta® que expressam a proteína Cry1Ac, apresentaram 100% de mortalidade ainda no 1º instar, não sendo possível realizar as análises comparativas com os parâmetros biológicos obtidos nas cultivares não *Bt* (Tabela 1).

Assim, observa-se que a proteína inseticida Cry1Ac, expressa nas folhas de soja transgênica *Bt*, foram altamente eficientes para o controle de *C. includens*, ocasionando alta mortalidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardi et al. (2012) com a mesma praga e em cultivares de soja transgênica *Bt*, onde os autores constataram um alto nível de controle sobre *C. includens*. Os resultados de eficácia encontrados neste trabalho também foram semelhantes aos encontrados por Yu et al. (2013) e Azambuja et al. (2015), em estudos com cultivares de soja *Bt* em *H. armigera*, onde os referidos autores comprovaram eficácia de 100% de mortalidade da referida praga no estágio larval.

Em relação aos aspectos biológicos de *C. includens* alimentadas com folhas de soja transgênica não *Bt*, pode-se constatar que a duração média do segundo, quarto e quinto instares larvais não diferiram significativamente entre as cultivares avaliadas (Tabela 1).

Em contrapartida, observou-se que no primeiro e terceiro instares larvais foi constatado diferença significativa no desenvolvimento das lagartas obtidos nas cultivares. As lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt*, BioGene 4377, apresentaram maior duração do que as lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* Brasmax Desafio (Tabela 1).

**Tabela 1.** Duração média  $\pm$  EP (dias) dos estádios larvais de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2017.

Cultivar	Fase Larval						
	1º instar	2º instar	3º instar	4º instar	5º instar	6º instar <sup>2</sup>	Pré pupa
<b>1. Brasmax Desafio 8473 RR</b>	2,87 $\pm$ 0,09 b [98]	3,38 $\pm$ 0,05 a [98]	3,21 $\pm$ 0,05 b [98]	3,76 $\pm$ 0,07 a [98]	4,20 $\pm$ 0,08 a [98]	3,09 $\pm$ 0,14 b [63]	1,07 $\pm$ 0,03 b [95]
<b>2. BioGene 4377 RR</b>	3,12 $\pm$ 0,06 a [97]	3,25 $\pm$ 0,06 a [97]	3,46 $\pm$ 0,07 a [97]	3,95 $\pm$ 0,10 a [97]	4,09 $\pm$ 0,15 a [97]	3,78 $\pm$ 0,11 a [75]	1,21 $\pm$ 0,04 a [92]
<b>3. Monsoy 7739 PRO RR<sup>1</sup></b>	--	--	--	--	--	--	--
<b>4. Syn 1585 IPRO<sup>1</sup></b>	--	--	--	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	3,00	3,32	3,33	3,86	4,14	3,47	1,14
<b>F<sub>trat.</sub></b>	6,43*	3,28ns	7,11**	1,93ns	1,38ns	16,55**	8,06**
<b>C.V. (%)</b>	10,90	6,89	7,96	9,88	12,54	13,23	9,66

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. <sup>2</sup>Número de lagartas que passaram pelo 6º instar larval. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivares 1 e 2 = não *Bt*; cultivares 3 e 4 = *Bt*.

Segundo Shour e Sparks (1981), a fase larval de *C. includens* pode variar de cinco à sete instares, dessa forma para as lagartas que atingiram o sexto instar larval neste experimento, pode-se observar que a duração média das lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt*, Brasmax Desafio, foi de 3,09 dias, sendo significativamente menor quando comparada à duração média das lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* BioGene 4377, correspondendo a 3,78 dias (Tabela 1).

Para a fase de pré-pupa, momento que o inseto cessa a alimentação, houve diferença significativa nos resultados obtidos entre as cultivares. As lagartas alimentadas com folhas das cultivares de soja não *Bt*, BioGene 4377 e Brasmax Desafio, apresentaram duração média de 1,21 e 1,07 dias, respectivamente (Tabela 1). Segundo Lara (1991), o prolongamento observado na fase de pré-pupa pode ser consequência da resistência do tipo antibiose apresentada pelas plantas, durante a fase larval da espécie.

Na duração da fase larval, observou-se que as lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* Brasmax Desafio e que sobreviveram até a fase de pupa, apresentaram média de 20,60 dias, constatando diferença significativa quando comparada à média obtida na cultivar não *Bt* BioGene 4377, que apresentou 22,17 dias (Tabela 2). O prolongamento da fase larval pode ocorrer devido ao fato das lagartas tentarem atingir o peso ideal para chegar à fase de pupa e a posterior emergência do adulto (PIUBELLI et al., 2005). Sabe-se que, em campo, o prolongamento da fase larval expõe as lagartas a fatores naturais de mortalidade, como a predação e infecção por doenças.

A viabilidade da fase larval foi semelhante para as duas cultivares não *Bt* avaliadas, acima de 90% (Tabela 2). Ao estudar *C. includens* em soja não *Bt*, Andrade et al. (2016) constataram mortalidade larval de 15%, diferentemente do valor observado no presente estudo.

Para a duração média do período compreendido entre a fase larval até a emergência do adulto de *C. includens*, também foi observado variação no desenvolvimento em função da cultivar. As lagartas alimentadas com a cultivar não *Bt* BioGene 4377, apresentaram duração média significativamente mais longa em comparação com a cultivar não *Bt* Brasmax Desafio, apresentando 28,65 e 26,73

dias, respectivamente (Tabela 2). Segundo Parra (1991), a duração do ciclo biológico pode ser alterado de acordo com a quantidade e qualidade do alimento consumido durante a fase larval. O prolongamento da fase larval evidencia uma situação de deficiência alimentar ou uma inadequação nutricional do substrato alimentar (PARRA; HADDAD, 1989; HWANG et al., 2008; KOUHI; NASERI; GOLIZADEH, 2014).

**Tabela 2.** Duração média  $\pm$  EP (dias) e viabilidade média (%) da fase larval e duração média  $\pm$  EP (dias) do período lagarta-adulto de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2017.

Cultivar	Fase Larval		Duração Lagarta - Adulto
	Duração	Viabilidade	
1. Brasmax Desafio 8473 RR	20,60 $\pm$ 0,19 b [95]	95 a	26,73 $\pm$ 0,22 b [95]
2. BioGene 4377 RR	22,17 $\pm$ 0,31 a [92]	92 a	28,65 $\pm$ 0,28 a [92]
3. Monsoy 7739 PRO RR <sup>1</sup>	--	--	--
4. Syn 1585 IPRO <sup>1</sup>	--	--	--
<b>Média Geral</b>	21,37	93,5	27,67
<b>F<sub>trat.</sub></b>	18,56**	0,73 <sup>ns</sup>	28,59**
<b>C.V (%)</b>	5,53	10,75	8,85

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivares 1 e 2 = não *Bt*; cultivares 3 e 4 = *Bt*.

Diversos insetos têm seu desenvolvimento alterado devido ao tipo de alimentação ao qual tem acesso, o que pode causar efeitos como, prolongamento do período larval e sobrevivência (PARRA, 1991; BAVARESCO et al., 2003). O prolongamento no tempo de alimentação de lagartas de *C. includens* alimentadas com as folhas de soja não *Bt* BioGene 4377, indica que este tratamento foi o menos adequado quando comparado à cultivar Brasmax Desafio.

Favetti, Butnariu e Foerster (2015) avaliaram a biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em quatro cultivares de soja transgênica não *Bt* e também constataram diferenças na duração do estágio larval, bem como na duração do estágio pupal.

No período de duração da fase de pupa, constatou-se que as lagartas que foram alimentadas com a cultivar não *Bt* Brasmax Desafio, apresentaram menor duração média, com 6,13 dias, diferindo significativamente das pupas cujo as lagartas se alimentaram da cultivar não *Bt* BioGene 4377, que apresentaram

duração média de 6,47 dias. Entretanto, pode-se observar que a fase de pupa não ultrapassou os sete dias para ambos os tratamentos. A sobrevivência de *C. includens* na fase de pupa não foi influenciada pela cultivar de soja, constatando-se viabilidade de 100% de sobrevivência para cultivares não *Bt* (Tabela 3).

Em relação aos adultos, observou-se que a razão sexual variou de 0,48 para 0,52, quando as lagartas foram alimentadas com a cultivar Brasmax Desafio e BioGene 4377, respectivamente (Tabela 3). Esses valores próximos de 0,5 indica que a proporção entre os sexos é em torno de 1:1, ou seja, uma fêmea para cada macho, valores normais para lepidópteros.

Esses resultados se assemelham com de outros lepidópteros, como *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), no qual Giolo et al. (2002) ao avaliarem os parâmetros biológicos desta espécie, oriundas de diversas localidades e de diferentes hospedeiros, constataram que a razão sexual variou de 0,41 a 0,52. Entretanto resultados diferentes foram observados por Viana (2014) que ao avaliar o efeito da cultivar de algodoeiro não *Bt*, DeltaOpal e FM 993, sobre *C. includens*, constatou razão sexual de 0,42 e 0,43, respectivamente, apresentando com isso menor número de fêmeas sobreviventes.

**Tabela 3.** Duração média  $\pm$  EP (dias) e viabilidade média (%) da fase de pupa, razão sexual e peso médio  $\pm$  EP (g) de pupas com 24 horas de *Chrysodeixis includens* alimentadas com folhas de cultivares de soja transgênicas *Bt* e não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2017.

Cultivar	Fase de Pupa			
	Duração	Viabilidade	Razão Sexual	Peso
1. Brasmax Desafio 8473 RR	6,13 $\pm$ 0,09 b [95]	100	0,48	0,2720 $\pm$ 0,01 a [95]
2. BioGene 4377 RR	6,47 $\pm$ 0,12 a [92]	100	0,52	0,2594 $\pm$ 0,01 a [92]
3. Monsoy 7739 PRO RR <sup>1</sup>	--	--	--	--
4. Syn 1585 IPRO <sup>1</sup>	--	--	--	--
<b>Média Geral</b>	6,30			0,2658
<b>F<sub>trat.</sub></b>	5,03*			1,01 <sup>ns</sup>
<b>C.V (%)</b>	7,31			5,28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>1</sup>Os dados não foram submetidos à análise estatística devido à 100% de mortalidade no 1º instar. Valores que estão entre colchetes correspondem ao número de indivíduos [n]. Cultivares 1 e 2 = não *Bt*; cultivares 3 e 4 = *Bt*.

Ao avaliar o parâmetro peso de pupas com 24 horas de idade, observou-se que as lagartas alimentadas com as folhas de soja não *Bt*, Brasmax Desafio e BioGene 4377, apresentaram peso médio de pupas de 0,2720 e 0,2594 mg,

respectivamente, constatando-se que não houve diferença significativa entre estes resultados (Tabela 3), demonstrando que as cultivares estudadas não influenciaram o peso de pupas.

Cultivares que retardam o desenvolvimento de insetos-praga ou afetam suas características biológicas promovendo, por exemplo, o aumento da duração média larval ou diminuição do peso médio de pupas, expõe a espécie às adversidades abióticas e bióticas presentes no ambiente, como parasitismo natural no campo (BURGI; MILLS, 2013).

O efeito da cultivar no comportamento e biologia dos insetos-praga e o monitoramento de populações resistentes aos eventos *Bt*, são de suma importância para o desenvolvimento de estratégias eficientes dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas. A soja transgênica *Bt* (Cry1Ac), até o momento, pode ser utilizada como uma importante ferramenta no manejo de lagartas neonatas de *C. includens*, devido a sua eficiência no controle em estágio larval, como constatado no presente estudo.

O plantio sucessivo e/ou adjacente de soja *Bt* e algodão *Bt* aumentam os riscos de selecionar indivíduos resistentes, já que espécies podem dispersar ou migrar de uma cultura a outra, aumentando o tempo de exposição dos insetos a proteína *Bt*. Desse modo, estratégias para retardar a seleção de indivíduos resistentes a plantas *Bt* têm sido propostas, tais como refúgio, plantas de alta dose e pirâmide de genes (GOULD, 1998; HUANG; ANDOW; BUSCHMAN, 2011; BERNARDI et al., 2011). Portanto, para manter o nível de eficiência de controle e conservar a tecnologia, faz-se necessário aplicar estas estratégias de forma adequada e eficiente, e monitorar populações em cultivares *Bt* e não *Bt*.

#### 4. Conclusões

As cultivares de soja transgênica *Bt*, que expressam a proteína inseticida Cry1Ac, apresentam alta eficácia de controle de lagartas neonatas de *C. includens*;

Cultivares de soja transgênica não *Bt* apresentam resultados diferentes nos aspectos biológicos de *C. includens*;

A cultivar de soja não *Bt* BioGene 4377 RR apresentou prolongamento na duração média da fase larval influenciando no peso médio das pupas de *C. includens*.

## 5. Referências

ANDRADE, K.; BUENO, A. F.; SILVA, D. M.; STECCA, C. S.; PASINI, A. OLIVEIRA, M. C. N. Biological characteristics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts. **Austral Entomology**, v. 55, p. 449-454, 2016.

ANDRADE JUNIOR, E. R.; VILELA, P. A. Avaliação de inseticidas no controle de lagarta falsa-medideira no algodoeiro em Campo Verde-MT In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO. 7, 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E.; SANTOS, R.O.; SOUZA, E.P.; GOMES, C.E. Effect of *Bt* soybean on larvae of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 7, n.8, p. 90-94, 2015.

BALDIN, E. L. L.; LOURENÇÃO, A. L.; SCHLICK-SOUZA, E. C. Outbreaks of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in common bean and castor bean in São Paulo State, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 73, p. 458-461, 2014.

BAVARESCO, A.; GARCIA, M.S.; GRUTZMACHER, A.D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 6, p. 993-998, 2003.

BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 X MON 89788 no Brasil**. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERNARDI, O.; ALBERNAZ, K. C.; VALICENTE, F. H.; OMOTO, C. Resistência de insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: BORÉM, A.; ALMEIDA, G. (Org.). **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Viçosa - UFV, v. 1. 2011, 390p.

BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High levels of biological activity of Cry1Ac protein expressed on MON 87701 x MON 89788 soybean against *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 4, p. 588-594, 2013.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by Mon 87701 x Mon 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, Sussex, v. 68, p. 1083-1091, 2012.

BORTOLOTTO, O. C.; BUENO, A. F.; BRAGA, K; BARBOSA, G. C.; SANZOVO, A. Biological characteristics of *Heliothis virescens* fed with Bt-soybean MON 87701 x MON 89788 and its conventional isoline. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 86, p. 973-980, 2014.

BURGI, L. P.; MILLS, N. J. Developmental strategy and life history traits of *Meteorus ictericus*, a successful resident parasitoid of the exotic Light Brown Apple Moth in California. **Biological Control**, Orlando, v. 66, p. 173-182, 2013.

BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of Lepidopterous pupae**. Washington: USDA, 1962. 7p.

CRIALESI-LEGORI, P. C. B.; DAVOLOS, C. C.; LEMES, A. R. N.; MARUCCI, S. C.; LEMOS, M. V. F.; FERNANDES, O. A.; DESIDÉRIO, J. A. Interação de proteínas Cry1 e Vip3A de *Bacillus thuringiensis* para controle de lepidópteros-praga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 79-87, 2014.

CTNBio. Comissão técnica nacional de biossegurança. **Tabela resumo – Plantas aprovadas**, 2017. Disponível em [http://ctnbio.mcti.gov.br/liberação-comercial/-/documenty\\_library\\_display](http://ctnbio.mcti.gov.br/liberação-comercial/-/documenty_library_display) Acesso em: 15 out. 2017.

DEISINGH, M. C. P.; BADRIE, N. Detection approaches for genetically modified organisms in food. **Food Research International**, Barking, v. 38, p. 639-649, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2009 e 2010**. Londrina-PR: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008.

FAVETTI, B. M.; BUTNARIU, A. R.; FOERSTER, L. A. Biology and reproductive capacity of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) in different soybean cultivars. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, p. 89-95, 2015.

FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJI, E.; PANIZZI, A. R. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.3: p.497-513, 2002.

GIOLO, F. P.; GRÜTZMANCHER, A. D.; GARCIA, M. S.; BUSATO, G. R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.3, p.219-224, 2002.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 701-726, 1998.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial médium. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.69, p. 487-488, 1976.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, 859p.

HUANG, F.; ANDOW, D. A.; BUSCHMAN, L. L. Success of the high-dose/refuge resistance management strategy after 15 years of Bt crop use in North America. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 1-16, 2011.

HWANG, S. Y.; LIU, C. H.; SHEN, T. C. Effects of plant nutriente availability and host plant species on the performance of two *Pieris butterflies* (Lepidoptera: Pieridae). **Biochemical Systematics and Ecology**, New York, v. 36, n. 7, p. 505-513, 2008.

KOUHI, D.; NASERI, B.; GOLIZADEH, A. Nutritional performance of the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera*, on diferente tomato cultivars. **Journal of Insect Science**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 1-12, 2014.

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

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J. I. Produtividade de grãos de soja em função do manejo de herbicidas e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1516-1522, 2010.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. Manejo de pragas. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 217-249.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.) **Ecologia nutricional de insetos e suas aplicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991.

PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L. **Determinação do número de instares de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 49p.

PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S. H.; OLIVEIRA, M. C. N. Are chemical compounds importante for soybean resistance to *Anticarsia gemmatalis*? **Journal Chemical Ecology**, v. 31, p. 1509-1525, 2005.

REED, G. L.; JENSEN, A. S.; RIEBE, J.; HEAD, G.; DUAN, J. J. Transgenic *Bt* potato and conventional insecticides for Colorado potato beetle management: comparative efficacy and non-target impacts. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 100, p. 89-100, 2001.

SHOUR, M. H.; SPARKS, T. C. Biology of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*: Characterization of last-stage larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 74, p. 531-535, 1981.

SILVA, F. A. S. **Assistat 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; LASTRA, C. C. L.; HUMBER, R. A. An overview of arthropod-associated fungi from Argentina and Brazil. **Mycopathologia**, Den Haag, v. 170, p. 61-76, 2010.

SPECHT, A. PAULA-MORAES, S. V.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Nocuidae, Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, p. 343-345, 2015.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M.; DIAS, T. S. Características e manejo de pragas da cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, Chapadão do Sul, v. 2, n. 9, p. 61-82, 2015.

VIANA, D. L. **Efeitos de cultivares de algodoeiro que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry1F nos parâmetros biológicos de *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2014. 42p. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2014.

YU, H.; LI, Y.; LI, X.; ROMEIS, J.; WU, K. Expression of Cry1Ac in transgenic *Bt* soybean lines and their efficiency in controlling lepidopteran pests. **Pest Management Science**, Susex, v. 69, n. 12, p. 1326-1333. 2013.

YU, H. L.; YUN, H. L.; KONG, M. W. Risk assessment and ecological effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* crops on non-target organisms. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 53, p. 520-538, 2011.

#### **CAPÍTULO 4 - INFESTAÇÃO DE *Chrysodeixis includens* E DE *Spodoptera* spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM CULTIVARES DE SOJA E DE ALGODÃO *Bt* E NÃO *Bt*, EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

**RESUMO** - *Chrysodeixis includens* e o complexo de lagartas *Spodoptera* são consideradas importantes insetos-pragas nas culturas de soja e de algodoeiro, devido às injúrias de desfolha ou de destruição de estruturas reprodutivas. A utilização de plantas geneticamente modificadas, que expressam diferentes proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) são ferramentas disponíveis para o controle de lepidópteros-praga, embora já ocorra populações resistentes a esta tecnologia. Em áreas agrícolas onde ocorre a sucessão de culturas com constante sobreposição de áreas de cultivos, a presença e os danos ocasionados por estes insetos-praga se tornaram maiores. Desta forma, objetivou-se avaliar a dinâmica populacional de lagartas de *C. includens* e do complexo *Spodoptera* em cultivares de soja e algodoeiro *Bt* e não *Bt*, procurando observar a infestação nas diferentes fases fenológicas das plantas, em condições de campo. As avaliações foram realizadas semanalmente registrando a infestação de lagartas de *C. includens* e *Spodoptera* spp. As cultivares de soja transgênicas *Bt*, que expressam a proteína inseticida Cry1Ac, apresentam controle eficiente sobre lagartas de *C. includens* mas não controlam eficientemente lagartas do complexo *Spodoptera*. As cultivares de algodoeiro *Bt* piramidadas apresentam controle satisfatório sobre lagartas de *C. includens*, entretanto a cultivar que expressa a proteína inseticida Cry1Ac de forma isolada, não apresenta controle satisfatório para a referida praga. Para lagartas de *Spodoptera* spp., as cultivares transgênicas de algodoeiro que expressam a proteína Cry1Ac e a piramidada Cry1Ac+Cry1F, não suprimem suas infestações, enquanto que nas cultivares piramidadas que expressam Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae, a supressão é considerada eficiente, ou seja, *Spodoptera* spp. é encontrada em baixa infestação.

**Palavras chave:** Dinâmica populacional, falsa-medideira, Proteínas Cry, proteínas piramidadas.

#### CHAPTER 4 - INFECTION OF *Chrysodeixis includens* AND *Spodoptera* spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN TRANSGENIC SOYBEAN AND COTTON CULTIVARS *Bt* AND NON-*Bt*, UNDER FIELD CONDITIONS

**ABSTRACT** - *Chrysodeixis includens* and the *Spodoptera* caterpillar complex are considered important insect pests in soybean and cotton crops due to defoliation or destruction of reproductive structures. The use of genetically modified plants expressing different insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) are tools available for the control of lepidopteran-pests, although populations that are resistant to this technology already exist. In agricultural areas where the succession of crops with constant overlapping of crop areas occurs, the presence and damage caused by these pest insects have become larger. The aim of this study was to evaluate the population dynamics of *C. includens* caterpillars and the *Spodoptera* complex in *Bt* and non-*Bt* transgenic soybean and cotton cultivars, aiming to observe the infestation in the different phenological phases of the plants under field conditions. The evaluations were carried out weekly registering an infestation of *C. includens* and *Spodoptera* spp. *Bt* transgenic soybean cultivars, which express an insecticidal protein Cry1Ac, control common on *C. includens* caterpillars but do not efficiently control caterpillars of the *Spodoptera* complex. The *Bt* pyramidal cotton cultivars obtained the control of an insecticidal protein Cry1Ac in an isolated way, does not present satisfactory control for a pest. For *Spodoptera* spp., as transgenic cotton cultivars expressing Cry1Ac protein and Cry1Ac+Cry1F pyrite, do not suppress their infestations, whereas in pyrite cultivars expressing Cry1Ac+Cry2Ab2 and Cry1Ab+Cry2Ae, an efficient suppression of *Spodoptera* spp., meaning it is find in low infestation.

**Key words:** Population dynamics, Soybean looper, Cry proteins, pyramidal proteins.

## 1. Introdução

A lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), e as lagartas do complexo *Spodoptera*, têm aumentado de importância no cenário agrícola brasileiro. Antes do plantio direto, *C. includens* era considerada somente praga em cultivos de soja, entretanto a cada ano se torna mais importante na cultura sucessiva do algodão. Devido às injúrias de desfolha e destruição de estruturas reprodutivas, as espécies pertencentes ao gênero *Spodoptera* também vêm crescendo em importância, uma vez que plantas *Bt* não apresentam controle satisfatório para lagartas pertencentes a este gênero (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; BUENO et al., 2011).

No Centro-Oeste brasileiro, em áreas agrícolas onde ocorre a sucessão de culturas com constante sobreposição de áreas de cultivos envolvendo soja, milho e algodão, a presença e os danos ocasionados por estas pragas se tornam maiores (BUENO et al., 2011; ÁVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013).

Devido ao alto grau de polifagia desses lepidópteros-praga e a migração de mariposas provenientes de outras culturas adjacentes, as estratégias de controle utilizando inseticidas de amplo espectro tem sido a tática mais adotada, devido a praticidade e rápido tempo de resposta, entretanto, muitas vezes inadequado no manejo de pragas (BUSOLI et al., 2017). Com isso, visando melhorar o manejo dos lepidópteros-praga nas culturas de soja, milho e algodão, foram desenvolvidas as plantas geneticamente modificadas resistentes a lepidópteros, com a utilização de genes que expressam proteínas inseticidas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) Berliner (Bacillales: Bacillaceae).

Atualmente no Brasil, para a cultura do algodoeiro, foram liberados comercialmente 12 eventos de plantas transgênicas, dos quais quatro apresentam genes *Bt* que conferem resistência a lepidópteros, tais como: Bollgard I<sup>®</sup> que expressa a proteína inseticida Cry1Ac; Bollgard II<sup>®</sup> que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry2Ab2; Widestrike<sup>®</sup> que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry1F, e; TwinLink<sup>®</sup> que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ab+Cry2Ae (CTNBio, 2017).

Em relação à cultura de soja, são 11 eventos de plantas geneticamente modificadas liberadas para comercialização, no entanto, apenas dois conferem resistência a lepidópteros: Intacta® RR2 Pro que expressa a proteína inseticida Cry1Ac e a soja piramidada ConkestaTM®, liberada recentemente, que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry1F (CTNBio, 2017).

Para cada região produtora, as condições climáticas e os métodos utilizados no manejo das culturas, como por exemplo, rotação de culturas, sistema de plantio direto, sucessão de culturas e táticas de controle de pragas e doenças, podem favorecer ou desfavorecer a dinâmica e a densidade populacional de pragas (WAQUIL, 2003; WISCH, 2011). A dinâmica populacional de *C. includens* e de espécies de *Spodoptera* em cultivos agrícolas, pode ser favorecida por esses insetos-praga apresentarem polifagia, recurso este que assume grande importância para a sobrevivência de fitófagos, podendo se manter em baixas populações até que as mariposas encontrem um hospedeiro que seja capaz de sustentar desenvolvimento completo das lagartas, e com isso ocasionar danos às culturas hospedeiras (SANTOS et al., 2009; PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012; SORGATTO; BERNARDI; OMOTO, 2015; BUSOLI et al., 2017).

Nas últimas safras, foram observadas muitas espécies de lagartas capazes de causar danos econômicos às culturas de soja e de algodão (PANIZZI et al., 2012; FORMENTINI et al., 2015; TOMQUELSKI; MARTINS; DIAS, 2015). Neste contexto, a identificação das espécies e o conhecimento da dinâmica de suas populações nas diferentes cultivares utilizadas comercialmente, juntamente com as táticas de controle preconizadas pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP), são fundamentais para o estabelecimento de novas estratégias de manejo no atual sistema agrícola.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a dinâmica populacional e a infestação de lagartas de *C. includens* e de lagartas do complexo *Spodoptera* em cultivares transgênicas *Bt* e não *Bt* nas culturas de soja e de algodão na região centro-leste do estado do Mato Grosso.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Local dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Instituto Matogrossense do Algodão (IMAmt) localizado no município de Primavera do Leste, MT, durante a safra 2016/2017, cujas coordenadas são: latitude 15° 33' 32" S, longitude 54° 17' 46" W e altitude de 465m.

### 2.2. Dinâmica populacional de *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera* spp. em cultivares transgênicas de soja *Bt* e não *Bt*

Foram utilizadas três cultivares de soja não *Bt*, BRS Valiosa RR; BioGene 4377 RR e Brasmax Desafio RR 8473 RSF, e três cultivares de soja *Bt* com a tecnologia Intacta RR2 PRO<sup>®</sup> que expressam a proteína inseticida Cry1Ac, Monsoy 7739 PRO RR; Syn 1585 IPRO e Syn 13610 IPRO.

As cultivares foram semeadas na primeira semana de novembro de 2016, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, realizada de forma mecânica com auxílio de uma semeadora de parcelas de arrasto, com densidade de 12 sementes por metro de linha. A adubação de base e de cobertura, bem como os demais tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações para a região. Não foram realizadas pulverizações de inseticidas durante o experimento para evitar qualquer interferência nos resultados de infestação entre as cultivares convencionais e transgênicas.

Os experimentos foram conduzidos entre Novembro de 2016 à Fevereiro de 2017 e o delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com 6 tratamentos (cultivares) e 4 repetições.

A área experimental compreendeu aproximadamente 2.200 m<sup>2</sup> e foram divididas em 24 parcelas. Cada parcela foi constituída por uma área de 90m<sup>2</sup>, referentes a 20 linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre si, considerando como área útil as 12 linhas centrais de cada parcela, excluindo-se 2 m das extremidades de cada linha.

As avaliações foram realizadas semanalmente no período matutino, a partir da emergência das plantas até a colheita, baseando-se na contagem de lagartas de *C. includens* e de *Spodoptera* spp utilizando, como forma de amostragem, a técnica do pano de batida proposto por Boyer e Dumas (1969). O pano mede 1 (um) m de comprimento por 0,5 m de largura e avaliou-se duas linhas laterais de plantas na cultura.

Foram avaliados cinco pontos amostrais por parcela e em cada avaliação as lagartas foram contadas, considerando-se: lagartas pequenas, as que mediam até 1,5 cm, e lagartas médias+grandes quando eram maiores que 1,5 cm. Os dados utilizados para as análises estatísticas foram considerados a partir dos 30 Dias Após a Emergência (DAE) das plantas, período que foi constatado infestação de *C. includens* e de *Spodoptera* spp.

Os dados de infestação das pragas obtidos foram analisados estatisticamente e submetidos à Análise de Variância (ANOVA), empregando-se o teste F, e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com auxílio do programa AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2015)

### **2.3. Dinâmica populacional de *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera* spp. em cultivares transgênicas de algodoeiro *Bt* e não *Bt***

As cultivares de algodoeiro utilizadas foram: FM 993 (não *Bt*) e as transgênicas *Bt* DP 555 BG1 (tecnologia Bollgard I<sup>®</sup>, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac), FM 975 WS (tecnologia Widestrike<sup>®</sup>, que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry 1F), DP 1228 B2RF (tecnologia Bollgard II<sup>®</sup>, que expressa as proteínas inseticidas Cry1Ac+Cry2Ab2) e, FM 940 GLT (tecnologia TwiLink<sup>®</sup>, que

expressa as proteínas inseticidas Cry1Ab+Cry2Ae). Estas foram semeadas em Janeiro de 2017, de forma mecânica com auxílio de uma semeadora de parcelas de arrasto, com densidade de 8 sementes por metro de linha.

As práticas culturais tais como adubação de plantio e cobertura, aplicação de regulador de crescimento vegetal foram os normalmente recomendados para a cultura do algodoeiro, assim como espaçamento entre linhas de plantas foi de 0,9 m. Não foram realizadas aplicações de inseticidas durante o experimento para evitar qualquer interferência nos resultados, e o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente durante o desenvolvimento das plantas de algodão.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos (cultivares) e 4 repetições. A área experimental compreendeu aproximadamente 1100 m<sup>2</sup> e foram divididas em 20 parcelas. Cada parcela foi constituída por uma área de 54 m<sup>2</sup>, referente a seis linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas de 0,90 m entre si. A área útil das parcelas foram quatro linhas centrais, excluindo-se um metro das extremidades de cada linha.

As avaliações foram realizadas semanalmente no período matutino, a partir da emergência das plantas até a colheita. Em cada parcela (unidade amostral) foi examinado e realizado a contagem de lagartas de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em cinco plantas de algodão, escolhidas ao acaso, na área útil das parcelas. Em cada avaliação, as lagartas foram contadas considerando-se: lagartas pequenas, as que mediam até 1,5 cm, e lagartas médias+grandes quando eram maiores que 1,5 cm. Os dados utilizados para as análises estatísticas foram considerados a partir dos 57 Dias Após a Emergência (DAE) das plantas, período que foi constatado infestação de *C. includens* e de *Spodoptera* spp

Os dados de infestação das pragas obtidos foram analisados estatisticamente e submetidos à Análise de Variância (ANOVA), empregando-se o teste F, e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com auxílio do programa AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2015).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Dinâmica populacional de lagartas de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em cultivares transgênicos de soja *Bt* e não *Bt*.

Nas cultivares de soja transgênica *Bt*, que expressam a proteína inseticida Cry1Ac, não foi constatado infestação de lagartas pequenas de *C. includens* durante o desenvolvimento da cultura. Bernardi et al. (2012) também constataram que cultivares de soja *Bt* foram eficientes sobre o controle de lagartas da referida praga. Com esses resultados verificou-se também que as cultivares transgênicas *Bt* de soja diferiram significativamente quando comparadas com as cultivares não *Bt* dos 58 aos 79 DAE (Tabela 1).

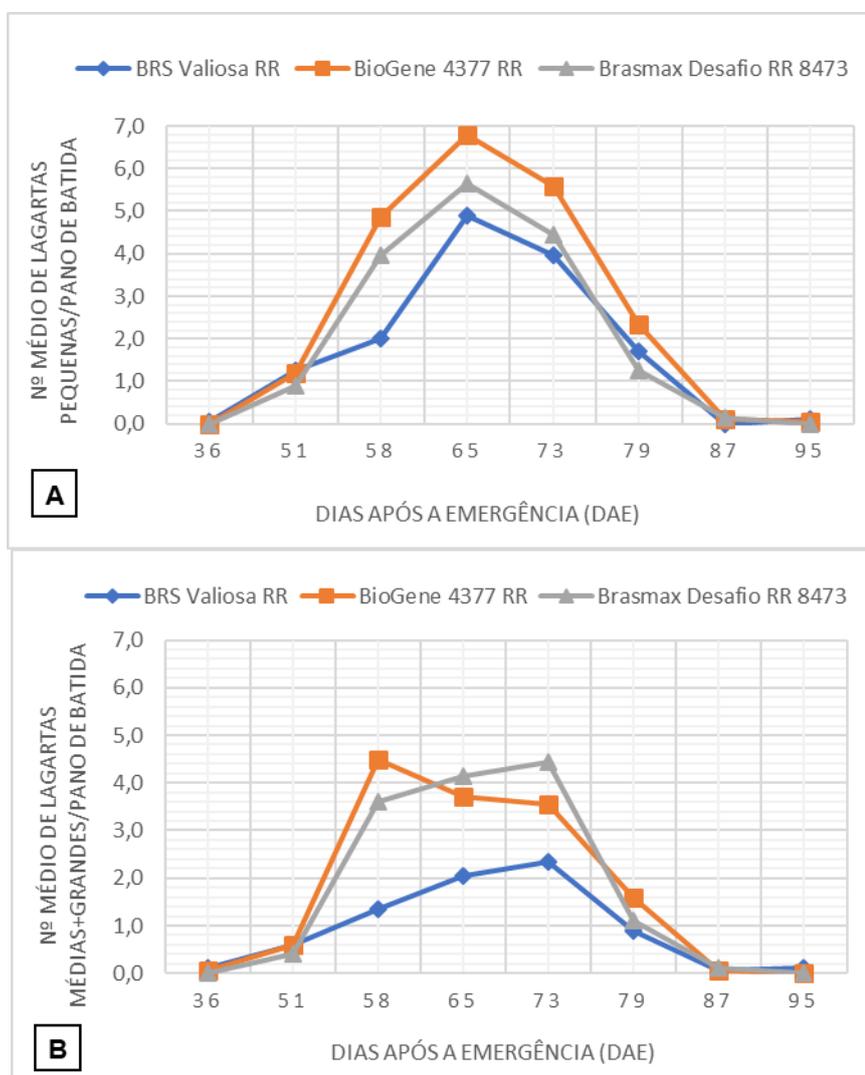
**Tabela 1.** Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) de *C. includens* por pano de batida em cultivares de soja não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar/Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)							
	36	51	58	65	73	79	87	95
1. BRS Valiosa RR	0,05 a	1,25 a	2,00 b	4,90 a	3,95 a	1,70 ab	0,00 a	0,10 a
2. BioGene 4377 RR	0,00 a	1,20 a	4,85 a	6,80 a	5,60 a	2,35 a	0,10 a	0,05 a
3. Brasmax Desafio 8473 RR	0,00 a	0,90 a	3,95 ab	5,65 a	4,45 a	1,25 b	0,15 a	0,00 a
4. Monsoy 7739 PRO RR	0,00 a	0,00 a	0,00 c	0,05 b	0,00 b	0,00 c	0,00 a	0,00 a
5. Syn 1585 IPRO	0,00 a	0,00 a	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 a	0,00 a
6. Syn 13610 IPRO	0,00 a	0,00 a	0,00 c	0,05 b	0,00 b	0,00 c	0,00 a	0,00 a
Média Geral	0,008	0,55	1,80	2,90	2,33	0,88	0,04	0,02
F <sub>trat.</sub>	1,00 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	26,44 <sup>**</sup>	51,65 <sup>**</sup>	62,70 <sup>**</sup>	41,45 <sup>**</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
C.V (%)	3,71	29,57	21,37	16,78	14,57	12,55	8,24	7,95

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1, 2 e 3 = não *Bt*; cultivares 4, 5 e 6 = *Bt*.

Em relação às cultivares de soja não *Bt*, observou-se que o aumento da infestação de lagartas pequenas foi gradual e verificou-se a presença de *C. includens* à partir dos 36 DAE. A maior ocorrência de lagartas pequenas foi constatado aos 65 DAE para todas as cultivares não *Bt*. Neste período, o número médio foi de 6,80; 5,65 e 4,90 lagartas pequenas por pano de batida nas cultivares BioGene 4377, Brasmax Desafio e BRS Valiosa, respectivamente. Nota-se que após este período, a densidade populacional decresceu gradualmente (Figura 1A).

Ao verificar os dados das cultivares de soja não *Bt*, pode-se constatar que aos 58 e 79 DAE houveram diferenças significativas entre si, observando que a cultivar BioGene 4377 apresentou número médio de lagartas pequenas maior que as demais cultivares (Tabela 1). Na busca de alternativas ao uso de inseticidas, a utilização de variedades resistentes (WILLIAMS et al., 1983) é uma estratégia para subsidiar o manejo da praga, e um dos tipos de resistência de plantas é o de não-preferência, pois a planta é menos utilizada pelo inseto, quer seja para alimentação, oviposição ou abrigo, que outra em igualdade de condição (LARA, 1991).



**Figura 1.** Dinâmica populacional de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) (A) e lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) (B) de *C. includens* em cultivares de soja não *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Sabe-se que a dinâmica populacional de insetos-praga é influenciada pelo cultivar utilizado e pelos fatores bióticos e abióticos que influenciam diretamente e/ou indiretamente a planta e os competidores, como também os agentes de controle biológico.

Ao observar as lagartas médias+grandes (>1,5 cm), nas cultivares de soja transgênicas *Bt*, constatou-se uma pequena infestação de *C. includens* dos 58 aos 79 DAE, com número médio de 0,05 lagartas por pano de batida, com exceção da soja transgênica *Bt* Syn 1585 IPRO que apresentou 0,15 lagartas maiores que 1,5 cm por pano de batida aos 65 DAE (Tabela 2). A presença destas lagartas em cultivares de soja *Bt* provavelmente ocorreu por escapes das parcelas vizinhas convencionais que se encontravam com um elevado índice populacional dessa praga, nas referidas datas de avaliações, ou até mesmo por possível sobrevivência de lagartas à ação da proteína inseticida Cry1Ac encontrada nestas cultivares *Bt*.

**Tabela 2.** Número médio de lagartas médias+grandes (>1,5 cm) de *C. includens* por pano de batida em cultivares de soja não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar/Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)							
	36	51	58	65	73	79	87	95
1. BRS Valiosa RR	0,10 a	0,60 a	1,35 b	2,05 b	2,35 b	0,90 a	0,05 a	0,10 a
2. BioGene 4377 RR	0,05 a	0,60 a	4,50 a	3,70 ab	3,55 ab	1,60 a	0,05 a	0,00 a
3. Brasmax Desafio 8473 RR	0,00 a	0,40 ab	3,60 a	4,15 a	4,45 a	1,10 a	0,10 a	0,00 a
4. Monsoy 7739 PRO RR	0,00 a	0,00 b	0,05 c	0,00 c	0,05 c	0,00 b	0,00 a	0,00 a
5. Syn 1585 IPRO	0,00 a	0,00 b	0,00 c	0,15 c	0,05 c	0,00 b	0,00 a	0,00 a
6. Syn 13610 IPRO	0,00 a	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,05 c	0,05 b	0,00 a	0,00 a
Média Geral	0,025	0,266	1,583	1,675	1,750	0,608	0,033	0,016
F <sub>trat.</sub>	1,62 <sup>ns</sup>	8,17 <sup>**</sup>	61,77 <sup>**</sup>	31,56 <sup>**</sup>	47,64 <sup>**</sup>	29,10 <sup>**</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
C.V (%)	5,89	13,73	13,62	18,14	14,86	11,97	8,21	6,87

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. <sup>\*</sup>Significativo a 5% de probabilidade e <sup>\*\*</sup>1% de probabilidade. Cultivares 1, 2 e 3 = não *Bt*; cultivares 4, 5 e 6 = *Bt*.

O período compreendido entre 58 à 73 DAE foi constatado a maior ocorrência de lagartas maiores que 1,5 cm nas cultivares de soja não *Bt*, observando que a cultivar BioGene 4377 apresentou média de 4,50 lagartas por pano de batida (Figura 1B). Porém, mesmo considerando todas as lagartas de *C. includens* neste período (pequenas e médias+grandes), constata-se uma baixa densidade populacional mantendo-se portanto, abaixo do nível de controle, que é de 20 lagartas/metro (AHRENS, 2007; STURMER, 2012; EMBRAPA SOJA, 2014).

Em relação às lagartas de *Spodoptera* spp., foram constatadas infestações em todas as cultivares de soja, inclusive nas transgênicas *Bt* que expressam a proteína inseticida Cry1Ac. Analisando as infestações de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) observou-se diferenças significativas a partir dos 51 DAE, principalmente a cultivar não *Bt* BRS Valiosa que apresentou maior média, 1,15 lagartas por pano de batida, diferindo das cultivares Brasmax Desafio (não *Bt*) e Syn 13610 IPRO (*Bt*) (Tabela 3).

A maior ocorrência de lagartas pequenas de *Spodoptera* spp. ocorreu aos 58 DAE na cultivar transgênica *Bt* Syn 1585 IPRO, atingindo média de 7,55 lagartas diferindo significativamente das demais cultivares, com exceção à não *Bt* BRS Valiosa que apresentou infestação média de 2,70 lagartas pequenas/pano de batida (Figura 2A; Tabela 3).

Aos 65 DAE observou-se que a cultivar *Bt* Syn 1585 IPRO apresentou número médio de 4,70 lagartas pequenas, diferindo significativamente das demais cultivares que apresentaram números médios de 0,10 à 1,25 lagartas pequenas (Tabela 3). Nas avaliações ocorridas aos 73 e 79 DAE, mais uma vez observou-se que a cultivar Syn 1585 IPRO, mesmo sendo transgênica *Bt*, apresentou maiores médias de lagartas pequenas, 5,75 e 2,80, respectivamente (Figura 2A). Nota-se que os eventos que expressam a proteína inseticida Cry1Ac não apresentam boa supressão para o complexo de lagartas de *Spodoptera* spp. Espécies de *Spodoptera* são reconhecidas como tendo baixa suscetibilidade à toxina Cry1Ac (BERNARDI et al., 2014; SORGATTO; BERNARDI; OMOTO, 2015).

Em relação à infestação de lagartas médias+grandes ( $>1,5$  cm) pode-se constatar que dos 30 aos 65 DAE não observou-se diferenças significativas entre as cultivares não *Bt* e *Bt* avaliadas (Tabela 4; Figura 2B). Aos 73 DAE, a cultivar transgênica *Bt* Syn 1585 IPRO apresentou média de 1,45 lagartas maiores que 1,5 cm, diferindo das cultivares não *Bt* BioGene 4377RR (0,20) e Brasmax Desafio 8473 (0,05) e também da cultivar *Bt* Syn 13610 IPRO (0,20) (Tabela 4).

**Tabela 3.** Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) de *Spodoptera* spp. por pano de batida em cultivares de soja não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

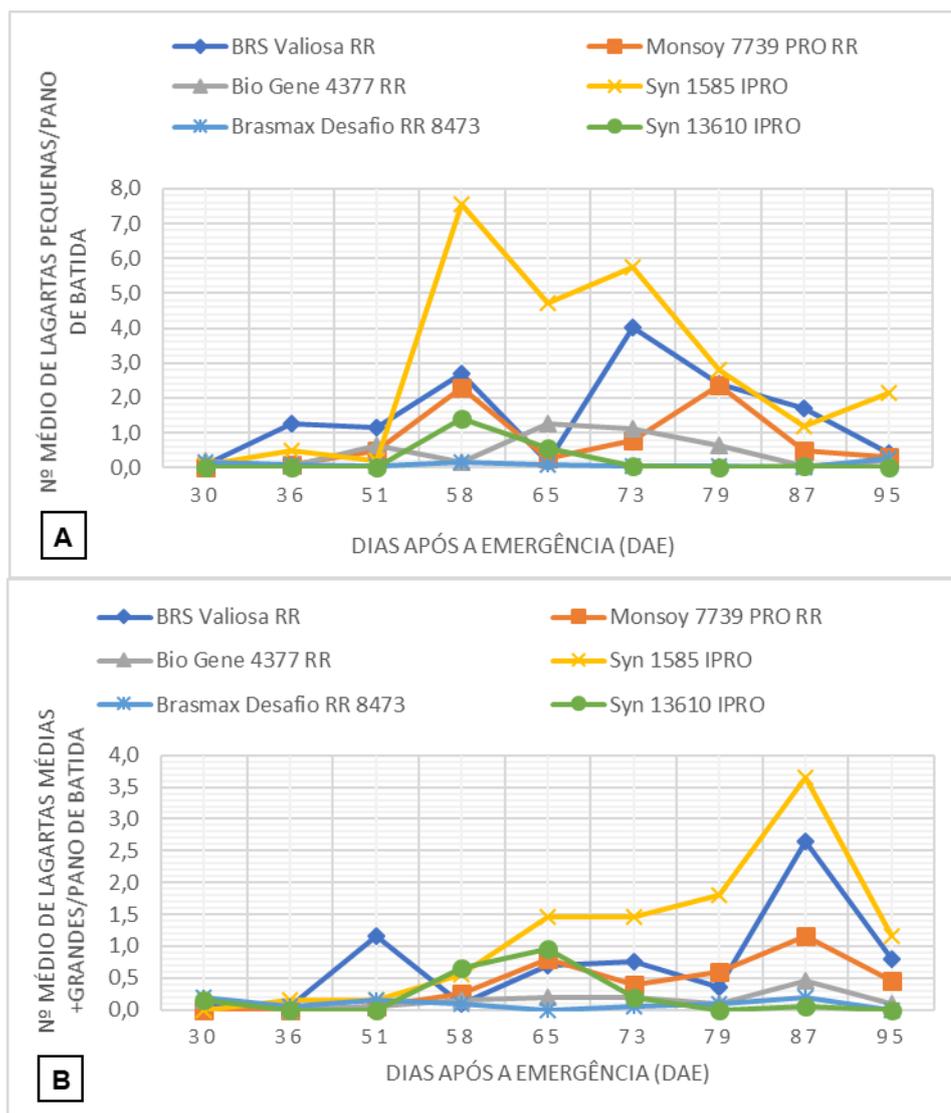
Cultivar/Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)								
	30	36	51	58	65	73	79	87	95
1. BRS Valiosa RR	0,10 a	1,25 a	1,15 a	2,70 ab	0,15 b	4,02 ab	2,40 a	1,70 a	0,40 b
2. BioGene 4377 RR	0,20 a	0,05 a	0,65 ab	0,15 b	1,25 b	1,10 bc	0,65 a	0,05 b	0,20 b
3. Brasmax Desafio RR 8473	0,15 a	0,10 a	0,05 b	0,15 b	0,10 b	0,05 c	0,05 a	0,00 b	0,25 b
4. Monsoy 7739 PRO RR	0,00 a	0,10 a	0,50 ab	2,30 b	0,25 b	0,80 c	2,35 a	0,50 ab	0,30 b
5. Syn 1585 IPRO	0,10 a	0,50 a	0,20 ab	7,55 a	4,70 a	5,75 a	2,80 a	1,20 ab	2,15 a
6. Syn 13610 IPRO	0,00 a	0,00 a	0,00 b	1,40 b	0,55 b	0,05 c	0,00 a	0,05 b	0,00 b
<b>Média Geral</b>	0,10	0,33	0,42	2,37	1,16	1,96	1,37	0,58	0,55
<b>F<sub>trat.</sub></b>	0,99 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	3,62*	9,35**	10,83**	11,29**	3,05*	4,64**	12,33**
<b>C.V (%)</b>	11,45	40,11	22,61	32,56	29,52	31,37	44,01	28,83	19,17

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1, 2 e 3 = não *Bt*; cultivares 4, 5 e 6 = *Bt*.

**Tabela 4.** Número médio de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) de *Spodoptera* spp. por pano de batida em cultivares de soja não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar/Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)								
	30	36	51	58	65	73	79	87	95
1. BRS Valiosa RR	0,10 a	0,05 a	1,15 a	0,10 a	0,70 a	0,75 ab	0,35 b	2,65 ab	0,80 ab
2. BioGene 4377 RR	0,15 a	0,00 a	0,05 a	0,15 a	0,20 a	0,20 b	0,10 b	0,45 bc	0,10 bc
3. Brasmax Desafio RR 8473	0,20 a	0,05 a	0,15 a	0,10 a	0,00 a	0,05 b	0,10 b	0,20 c	0,00 c
4. Monsoy 7739 PRO RR	0,00 a	0,00 a	0,05 a	0,25 a	0,80 a	0,40 ab	0,60 b	1,15 abc	0,45 abc
5. Syn 1585 IPRO	0,00 a	0,15 a	0,15 a	0,55 a	1,45 a	1,45 a	1,80 a	3,65 a	1,15 a
6. Syn 13610 IPRO	0,15 a	0,00 a	0,00 a	0,65 a	0,95 a	0,20 b	0,00 b	0,05 c	0,00 c
<b>Média Geral</b>	0,10	0,04	0,25	0,30	0,68	0,50	0,49	1,35	0,41
<b>F<sub>trat.</sub></b>	1,37 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	4,37*	12,61**	8,66**	8,60**
<b>C.V (%)</b>	11,69	8,53	38,05	25,32	34,71	23,13	17,52	28,14	17,37

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1, 2 e 3 = não *Bt*; cultivares 4, 5 e 6 = *Bt*.



**Figura 2.** Dinâmica populacional de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) (A) e lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) (B) de *Spodoptera* spp. em cultivares de soja não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

O pico populacional de lagartas maiores que 1,5 cm foi constatado mais tardiamente, aos 87 DAE, na cultivar transgênica *Bt* Syn 1585 IPRO, apresentando média de 3,65 lagartas (Figura 2B). Neste período não observou-se diferenças significativas em relação à cultivar não *Bt* BRS Valiosa (2,65) e *Bt* Monsoy 7739 PRO (1,15) (Tabela 4). Já em relação às demais cultivares, a infestação média foi baixa e diferiu estatisticamente, variando de 0,05 a 0,45 lagartas (Figura 2B; Tabela 4). Este período compreende ao estágio fenológico R5 da soja, próximo à maturação das vagens e grãos, período considerado crítico caso a infestação de *Spodoptera* spp. continue aumentando, devido ao comportamento alimentar dessas espécies,

especialmente *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) que perfura vagens verdes e se alimenta dos grãos em formação.

Dentre as várias espécies do grupo de lagartas desfolhadoras que atacam a cultura da soja, *S. eridania* tem se destacado, sendo a frequência de infestações desse inseto maior a cada safra, nas culturas de soja e algodão (QUINTELA et al., 2007; SANTOS et al., 2009; BUENO et al., 2011). Esta tendência de aumento de infestação de *S. eridania*, foi encontrado neste estudo, onde observou-se maior infestação desta espécie (70%) em comparação com as demais espécies (30%) do gênero *Spodoptera*

Pode-se constatar que no período compreendido dos 65 aos 95 DAE, a infestação de lagartas de *Spodoptera* spp. maiores que 1,5 cm na cultivar transgênica *Bt* Syn 1585 IPRO se manteve sempre maior que as infestações nas demais cultivares de soja avaliadas. Vale ressaltar que se refere a uma cultivar que apresenta a proteína inseticida Cry1Ac, e de espécies que além de se alimentarem das folhas também danificam as vagens, ocasionando com isso danos diretos à cultura da soja. Esses fatos se tornam preocupantes por se tratar de espécies que apresentam comportamento alimentar voraz e, além disso, altamente polífaga, podendo esta população sobrevivente de lagartas se tornarem adultos e migrarem para as culturas adjacentes ou subsequentes, como o algodoeiro.

Em relação à cultura da soja, pode-se constatar que as duas pragas tiveram infestações bem diferentes frente às cultivares que apresentam a proteína Cry1Ac. Não foram encontradas lagartas de *C. includens* nas cultivares de soja transgênicas *Bt*, entretanto, foi observado a presença de lagartas do complexo *Spodoptera* para estas mesmas cultivares, fato que causa preocupação com a utilização do sistema sucessivo de produção, visto que a cultura de milho e algodão no estado do Mato Grosso, começam a se desenvolver no final do ciclo, ou logo após, a colheita da soja.

### 3.2. Dinâmica populacional de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em cultivares transgênicos de algodoeiro *Bt* e não *Bt*.

Para a cultura do algodoeiro verificou-se que nas cultivares transgênicas *Bt*, com expressão de duas proteínas inseticidas Cry, como Widestrike® (Cry1Ac+Cry1F), Bollgard II® (Cry1Ac+Cry2Ab2) e TwinLink® (Cry1Ab+Cry2Ae), não foi observado a presença de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) de *C. includens* durante todo o ciclo da cultura (Figura 3A). Entretanto na cultivar transgênica *Bt* Bollgard I® (Cry1Ac), foi constatado a presença de vários tamanhos de lagartas da praga na maioria das avaliações, ocorrendo um pico populacional de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) aos 114 DAE na cultivar *Bt* Bollgard I® (Figura 3A), onde verificou-se um número médio de 2,25 lagartas por planta, não diferindo significativamente da cultivar não *Bt* que apresentou número médio de 1,65 lagartas pequenas/planta (Tabela 5).

Em relação à infestação de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) de *C. includens*, o período com a maior ocorrência foi aos 91 DAE para a cultivar não *Bt* FM 993 (3,75) e aos 114 DAE na cultivar *Bt* Bollgard I® (3,05), em ambas as avaliações diferiram significativamente entre si (Tabela 6). A dinâmica da população de lagartas de *C. includens* na cultivar não *Bt* e da cultivar *Bt* Bollgard I® foi oscilante durante todo o ciclo da cultura, isso se deve, provavelmente, à migração e acasalamento das mariposas ao longo do ciclo da cultura e, conseqüentemente, postura dos ovos e eclosão das lagartas (Figura 3A e 3B).

Pode-se observar que os números médios referentes à presença de lagartas maiores que 1,5 cm encontrados na cultivar *Bt* Bollgard I® (Cry1Ac), na maioria das avaliações, não ultrapassou aos encontrados na cultivar não *Bt*, entretanto é importante salientar a presença constante de lagartas de *C. includens* nesta cultivar transgênica *Bt* (Figura 3B).

**Tabela 5.** Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) de *C. includens* por planta em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

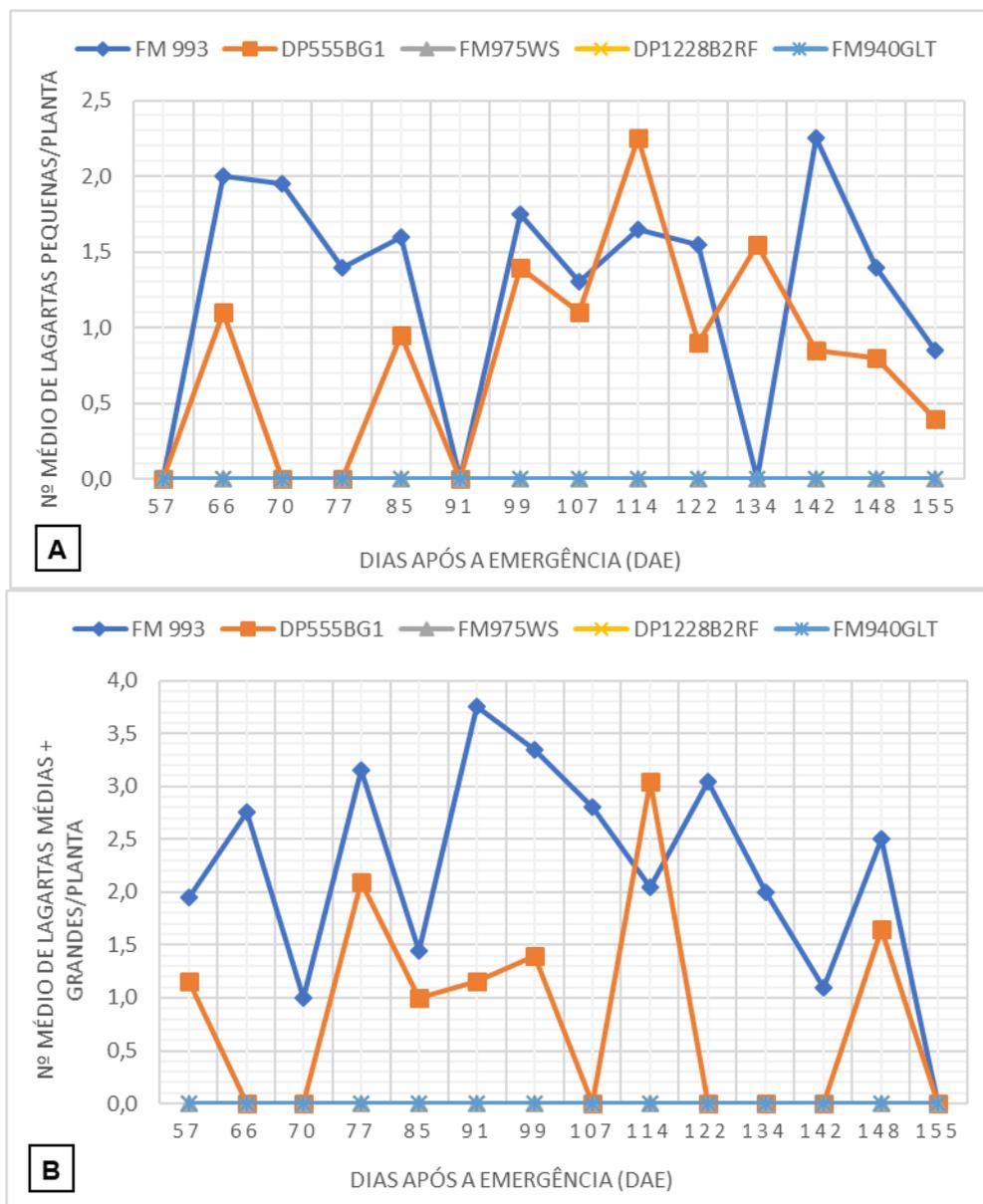
Cultivar/Tratamento	Dias Após a Emergência (DAE)												
	66	70	77	85	91	99	107	114	122	134	142	148	155
<b>1. FM 993</b>	2,00 a	1,95 a	1,40 a	1,60 a	0,00	1,75 a	1,30 a	1,65 a	1,55 a	0,00 b	2,25 a	1,40 a	0,85 a
<b>2. DP 555BG1</b>	1,10 b	0,00 b	0,00 b	0,95 a	0,00	1,40 a	1,10 a	2,25 a	0,90 a	1,55 a	0,85 b	0,80 b	0,40 ab
<b>3. FM 975WS</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b
<b>4. DP 1228B2RF</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b
<b>5. FM 940GLT</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b
<b>Média Geral</b>	0,62	0,39	0,28	0,51	-	0,63	0,48	0,78	0,49	0,31	0,62	0,44	0,25
<b>Ftrat.</b>	79,76**	100,97**	65,61**	31,72**	-	164,03**	33,42**	61,28**	15,25**	23,03**	41,26**	35,58**	7,66**
<b>C.V (%)</b>	9,14	8,63	8,72	12,85	-	6,28	11,85	11,45	18,00	15,43	13,26	11,22	16,76

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1 = não *Bt*; cultivares 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

**Tabela 6.** Número médio de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) de *C. includens* por planta em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar	Dias Após a Emergência (DAE)												
	57	66	70	77	85	91	99	107	114	122	134	142	148
<b>1. FM 993</b>	1,95 a	2,75 a	1,00 a	3,15 a	1,45 a	3,75 a	3,35 a	2,80 a	2,05 b	3,05 a	2,00 a	1,10 a	2,50 a
<b>2. DP 555BG1</b>	1,15 b	0,00 b	0,00 b	2,10 b	1,00 a	1,15 b	1,40 b	0,00 b	3,05 a	0,00 b	0,00 b	0,00 b	1,65 b
<b>3. FM 975WS</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c
<b>4. DP 1228B2RF</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c
<b>5. FM 940GLT</b>	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 c
<b>Média Geral</b>	0,62	0,55	0,20	1,05	0,49	0,98	0,95	0,56	1,02	0,61	0,40	0,22	0,83
<b>Ftrat.</b>	710,31**	410,90**	57,80**	219,82**	54,58**	158,63**	88,99**	67,10**	444,30**	191,13**	168,88**	209,52**	183,20**
<b>C.V (%)</b>	3,05	5,21	7,44	7,00	9,51	8,64	10,96	12,90	4,86	8,04	6,79	4,19	6,89

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1 = não *Bt*; cultivares 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.



**Figura 3.** Dinâmica populacional de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) (A) e lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) (B) de *Chrysodeixis includens* em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Estudos realizados por Funichello et al. (2013), com a mesma praga, constataram 56% de sobrevivência das lagartas alimentadas com a cultivar *Bt*, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac. Segundos os mesmos autores, essa toxina não vem causando supressão de algumas populações de lagartas de *C. includens* em algodão no Centro Oeste do Brasil, resultados semelhantes foram observados no

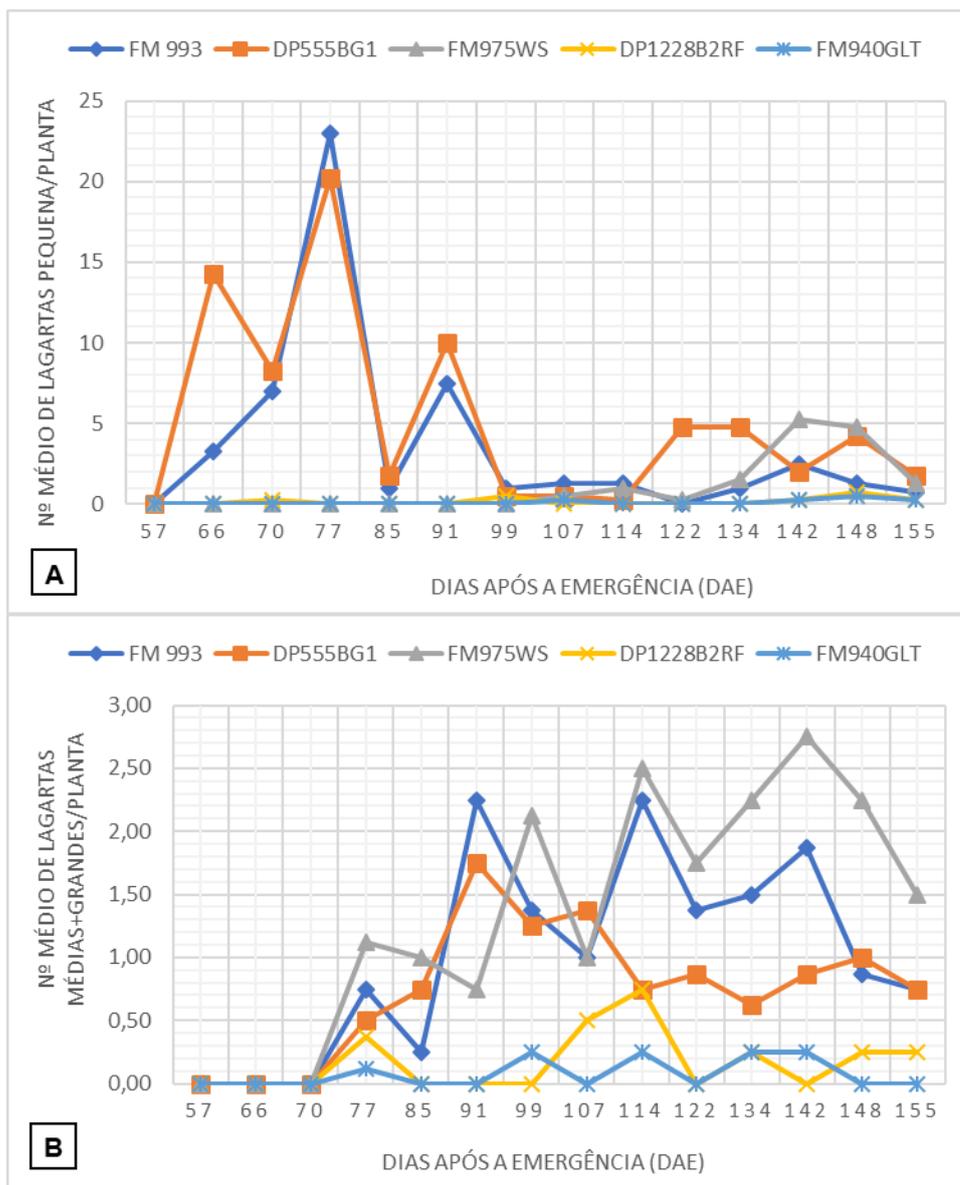
presente estudo, onde observou-se a constante presença de lagartas de *C. includens* nesta cultivar transgênica *Bt*.

Viana et al. (2014) realizaram experimentos com lagartas coletadas em áreas agrícolas e constataram sobrevivência de 62% de lagartas de *C. includens* alimentadas com a cultivar de algodoeiro Bollgard I<sup>®</sup>. A seleção de populações de insetos resistentes tem sido evidenciada em condições de campo. Akin et al. (2011) verificaram que não houve diferença na ocorrência de *C. includens* em algodão não *Bt* e em algodão *Bt*, que expressa a proteína Cry1Ac.

Ao avaliar as lagartas do gênero *Spodoptera*, foi constatada infestação desta praga em todas as cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*, sendo que as primeiras lagartas foram observadas a partir dos 66 DAE das plantas e flutuando até os 155 DAE (Figura 4A).

Em relação ao número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm), foram observadas diferenças significativas entre as cultivares na maioria das avaliações (Tabela 7). Pode-se constatar que a infestação nas cultivares piramidadas de algodoeiro foram baixas, com exceção da cultivar *Bt* Widestrike<sup>®</sup>, que aos 142 e 148 DAE apresentou um número médio de lagartas pequenas/planta de 5,25 e 4,75, respectivamente, diferindo significativamente das demais cultivares piramidadas (Tabela 7).

As cultivares que apresentaram maior infestação de lagartas pequenas/planta foram a não *Bt* FM 993 e a *Bt* Bollgard I<sup>®</sup>. Observou-se um pico populacional de 23 lagartas pequenas aos 77 DAE na cultivar não *Bt*, não diferindo significativamente da cultivar transgênica *Bt* Bollgard I<sup>®</sup> que apresentou número médio de 20,25 lagartas/planta, infestação considerada muito alta e preocupante, pois trata-se de uma cultivar que expressa a proteína Cry1Ac (Tabela 7, Figura 4A). A presença do alto número de lagartas pequenas encontradas aos 77 DAE se deve ao fato da característica biológica das espécies de *Spodoptera*, que apresentam o comportamento de ovipositarem em massas, e após a eclosão, as lagartas de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> instares vivem agregadas nas plantas e vão se dispersando para as plantas vizinhas, a medida que crescem e competem pelo mesmo nicho ecológico.



**Figura 4.** Dinâmica populacional de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) (A) e lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) (B) de *Spodoptera* spp. em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Na maioria das avaliações, verifica-se pelas médias que as cultivares não apresentaram diferenças significativas em relação à infestação de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm). Entretanto, observou-se que na cultivar *Bt* Widestrike<sup>®</sup> aos 122 e aos 142 DAE foram encontradas 1,75 e 2,75 lagartas maiores que 1,5 cm, respectivamente, constatando diferenças significativas quando comparados com as demais cultivares *Bt* piramidadas, Bollgard II<sup>®</sup> e TwinLink<sup>®</sup>, que apresentaram entre 0 e 0,25 lagartas (Tabela 8).

**Tabela 7.** Número médio de lagartas pequenas ( $\leq 1,5$  cm) de *Spodoptera* spp. por planta em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar	Dias Após a Emergência (DAE)													
	66	70	77	85	91	99	107	114	122	134	142	148	155	
1. FM 993	3,25 b	7,00 a	23,00 a	1,00 a	7,50 a	1,00 a	1,25 a	1,25 a	0,00 b	1,00 b	2,50 ab	1,25 abc	0,75 a	
2. DP 555BG1	14,25 a	8,25 a	20,25 a	1,75 a	10,00 a	0,50 a	0,50 a	0,25 a	4,75 a	4,75 a	2,00 ab	4,25 ab	1,75 a	
3. FM 975WS	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,50 a	1,00 a	0,25 b	1,50 ab	5,25 a	4,75 a	1,25 a	
4. DP 1228B2RF	0,00 b	0,25 b	0,00 b	0,00 a	0,00 b	0,50 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,00 b	0,25 b	0,75 bc	0,25 a	
5. FM 940GLT	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,25 a	0,00 a	0,00 b	0,00 b	0,25 b	0,50 c	0,25 a	
<b>Média Geral</b>	3,50	3,10	8,65	0,55	3,50	0,40	0,50	0,50	1,00	1,45	2,05	2,30	0,85	
<b>Ftrat.</b>	23,76**	27,60**	56,66**	3,47*	40,89**	1,29 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	7,68**	8,27**	9,68**	6,64**	1,87 <sup>ns</sup>	
<b>C.V (%)</b>	35,34	27,28	25,08	37,38	24,32	39,14	44,52	42,96	44,08	34,80	28,66	30,95	35,58	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1 = não *Bt*; cultivares 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

**Tabela 8.** Número médio de lagartas médias+grandes ( $> 1,5$  cm) de *Spodoptera* spp. por planta em cultivares de algodoeiro não *Bt* e *Bt*. Primavera do Leste, MT, 2016/2017.

Cultivar	Épocas de Amostragem (DAE)											
	77	85	91	99	107	114	122	134	142	148	155	
1. FM 993	0,75 a	0,25 a	2,25 a	1,37 a	1,00 a	2,25 a	1,37 ab	1,50 a	1,87 ab	0,87 a	0,75 a	
2. DP 555BG1	0,50 a	0,75 a	1,75 a	1,25 a	1,37 a	0,75 a	0,87 ab	0,62 a	0,87 bc	1,00 a	0,75 a	
3. FM 975WS	1,12 a	1,00 a	0,75 a	2,12 a	1,00 a	2,50 a	1,75 a	2,25 a	2,75 a	2,25 a	1,50 a	
4. DP 1228B2RF	0,37 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,50 a	0,75 a	0,00 b	0,25 a	0,00 c	0,25 a	0,25 a	
5. FM 940GLT	0,12 a	0,00 a	0,00 a	0,25 a	0,00 a	0,25 a	0,00 b	0,25 a	0,25 c	0,00 a	0,00 a	
<b>Média Geral</b>	0,57	0,40	0,95	1,00	0,77	1,30	0,80	0,97	1,15	0,87	0,65	
<b>Ftrat.</b>	0,66 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	3,11 <sup>ns</sup>	5,50**	2,23 <sup>ns</sup>	12,84**	2,65 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>	
<b>C.V (%)</b>	38,70	41,40	43,64	40,51	47,55	34,47	27,85	39,21	21,37	38,57	30,25	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \*Significativo a 5% de probabilidade e \*\*1% de probabilidade. Cultivares 1 = não *Bt*; cultivares 2, 3, 4 e 5 = *Bt*.

Foram observadas ao longo das avaliações que a cultivar não *Bt* FM 993 apresentou infestação média superior à duas lagartas maiores que 1,5 cm por planta, aos 91 e 114 DAE, atingindo com isso, o nível de ação para o controle químico (Figura 4B). Em relação à cultivar transgênica *Bt* piramidada Widestrike<sup>®</sup>, foi constatado que a partir dos 99 até 148 DAE, ocorreram infestações acima de duas lagartas maiores que 1,5 cm, também atingindo o nível de ação (Figura 4B).

A presença de 2 lagartas maiores que 1,5 cm de *Spodoptera* spp. por planta de algodoeiro é considerado preocupante devido ao seu comportamento voraz e por se alimentarem tanto das folhas quanto das estruturas reprodutivas (flores, botões e maçãs), ocasionando com isto, danos diretos à produção da cultura. É também preocupante esta sobrevivência de lagartas em alta infestação na cultivar de algodoeiro transgênico *Bt* que expressam duas proteínas inseticidas, como a cultivar Widestrike<sup>®</sup>.

Atualmente, nos cultivos de algodoeiro do Centro-Oeste, chega-se a fazer de 3 a 8 aplicações de inseticidas visando ao controle desta praga em cultivos de algodoeiro *Bt* (BUSOLI et al., 2017). Na literatura já foram encontrados vários trabalhos de pesquisas que comprovam a resistência de *S. frugiperda* à vários grupos de inseticidas químicos, devido ao uso indiscriminado que têm levado à diminuição da suscetibilidade e a caracterização da resistência (DIEZ-RODRÍGUEZ; OMOTO, 2001; STORER et al., 2010). Por este motivo, o monitoramento constante é de extrema importância, pois lagartas do gênero *Spodoptera* têm ganhado destaque nos últimos anos nos sistemas agrícolas, ocasionando danos significativos em cultivos *Bt* de soja, milho e algodão.

Pode-se constatar com os resultados, que ocorre infestação de lagartas de *Spodoptera* spp. nas cultivares transgênicas *Bt* Bollgard I<sup>®</sup> (Cry1Ac) e na piramidada WideStrike<sup>®</sup> (Cry1Ac e Cry1F). Sabe-se que a proteína Cry1F presente em milho já não é eficiente para lagartas de *S. frugiperda* (MICHELOTTO et al., 2013; 2017; CROSARIOL NETTO, 2017). Dessa forma a constatação de sobrevivência de lagartas do complexo *Spodoptera* em algodão, que também apresenta esta proteína inseticida, poderá causar grandes impactos na produção e a subsequente perda da vida útil dessas proteínas nas culturas.

Em contrapartida, foi constatado baixa presença de lagartas de *Spodoptera* spp. nas duas outras cultivares *Bt* piramidadas Bollgard II® (Cry1Ac e Cry2Ab2) e TwinLink® (Cry1Ab e Cry2Ae). A atividade inseticida do algodão Cry1Ac e Cry2Ab2 para *S. frugiperda* é derivada de uma maior toxicidade da proteína Cry2Ab2 em comparação a Cry1Ac (GREENPLATE et al., 2003). Crosariol Netto et al. (2016) constataram baixo nível (14%) de mortalidade das lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com a cultivar transgênica *Bt* piramidada Widestrike®, entretanto para as demais cultivares piramidadas de algodoeiro, Bollgard II® e TwinLink®, os autores observaram 93 e 88% de mortalidade, respectivamente.

O fato de *Spodoptera* spp. sobreviver em soja *Bt* e algodão *Bt*, que expressam duas proteínas inseticidas, aumentam os riscos de evolução da resistência dessa espécie às proteínas inseticidas *Bt*. Para *S. frugiperda*, o relato de resistência à proteína Cry1F em milho *Bt* já ocorre há muito tempo em Porto Rico (STORER et al., 2010). Farias et al. (2014) também constataram quebra da resistência à proteína Cry1F expressa em milho Herculex para a mesma praga, em menos de quatro anos de uso dessa tecnologia no Brasil.

O risco potencial de evolução da resistência é alta para espécies de *Spodoptera*, devido ao sistema de produção de culturas com sobreposição temporal e espacial de plantas *Bt* hospedeiras para essas espécies, como o milho (*S. frugiperda*), algodão e soja (*S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*) (BERNARDI et al., 2014). O efeito de proteínas *Bt* nos parâmetros biológicos de *S. frugiperda* em híbridos de milho, em populações diferentes do estado de São Paulo, foi estudado por Crosariol Netto (2017) que constatou que as proteínas Cry1Ab e Cry1F expressas de forma isolada ou de forma conjunta não apresentaram efeitos negativos para a referida praga.

O comportamento larval dessa espécie pode possibilitar essa sobrevivência, pois nos dois primeiros instares, lagartas de *S. frugiperda* apresentam o comportamento de alimentar-se de folhas de algodoeiro e a partir do terceiro instar, as lagartas passam a se alimentar de estruturas reprodutivas (ALI; LUTTRELL; PITRE, 1990; LUTTRELL; MINK, 1999). Dessa forma ocorre a exposição de sub-doses das proteínas inseticidas em partes da planta e/ou fases de desenvolvimento da planta em que ocorre a diminuição dos níveis dessas proteínas. No campo, as

culturas *Bt* expõe as populações de *Spodoptera* a uma seleção intensa em cada geração de insetos, aumentando o risco de selecionar indivíduos resistentes a *Bt* (BERNARDI et al., 2014).

Segundo Bernardi et al. (2011), um dos principais riscos ambientais associados às culturas transgênicas, é a evolução da resistência dos insetos-alvo. Portanto, a implementação de estratégias de Manejo de Resistência de Insetos (MRI) tais como: adoção de áreas de refúgio com cultivares de isolinhas não *Bt*, plantio de plantas transgênicas *Bt* com expressão de alta dose da proteína inseticida e piramidação de genes, é de extrema importância para retardar a evolução da resistência dos insetos-alvo e prolongar a vida útil das proteínas inseticidas expressas tanto na soja *Bt* quanto no algodão *Bt*.

A utilização de áreas de refúgio para o MRI é uma das mais importantes estratégias para retardar a evolução da resistência de pragas-alvo de plantas *Bt*. O refúgio compreende a área onde a praga não é exposta à pressão de seleção da proteína inseticida presente no campo *Bt*, na qual pode sobreviver, reproduzir e acasalar-se com os indivíduos sobreviventes no campo *Bt*.

O conhecimento do comportamento de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em cultivares transgênicas *Bt*, com diferentes proteínas inseticidas Cry, e ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura de soja e de algodão, auxilia na tomada de decisão e, conseqüentemente, na maior eficiência de controle dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Este conhecimento permite compreender a dinâmica populacional de pragas polífagas, que começam a infestar os primeiros cultivos de primavera-verão como a soja ou o milho, e sobrevivendo às tecnologias *Bt* e às aplicações de inseticidas, podem impactar na ocorrência destas pragas nos cultivos sucessivos de algodão, mesmo em transgênicos *Bt*.

#### 4. Conclusões

A tecnologia Intacta® RR2 Pro, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, apresenta controle eficiente sobre lagartas de *C. includens* durante todo o ciclo da cultura da soja;

Lagartas de *Spodoptera* spp. não são controladas eficientemente em cultivares de soja *Bt* que expressam a proteína inseticida Cry1Ac;

As cultivares de algodoeiro *Bt* piramidadas controlam lagartas de *C. includens* durante todo o ciclo da cultura;

A cultivar de algodoeiro *Bt*, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac, não apresenta controle eficiente de lagartas de *C. includens*;

As cultivares de algodoeiro *Bt* Bollgard I® (Cry1Ac) e WideStrike® (Cry1Ac+Cry1F) não controlam eficientemente as infestações de lagartas de espécies de *Spodoptera*;

*Spodoptera* spp. é encontrada em baixa infestação nos cultivos de algodoeiro *Bt* piramidados com expressão das proteínas Bollgard II® (Cry1Ac+Cry2Ab2) e TwinLink® (Cry1Ab+Cry2Ae);

## 5. Referências

AHRENS, S. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 217p.

AKIN, D. S.; STEWART, S. D.; LAYTON, M. B.; MILLS, J. A. Efficacy of cotton expressing pyramided *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins against lepidopteran pests. **Midsouth Entomologist**, Starkville, v.4, p.1-13, 2011.

ALI, A.; LUTTRELL, R. G.; PITRE, H. N. Feeding sites and distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on cotton. **Environmental Entomology**, College Park, v.19, n.4, p.1060-1067, 1990.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12p. (Circular Técnica 23).

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat – Sistemas para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015, 396p.

BERNARDI, O.; ALBERNAZ, K. C.; VALICENTE, F. H.; OMOTO, C. Resistência de Insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: Borém, A.; Almeida, G. **Plantas geneticamente modificadas**. Viçosa – UFV, 2011. p.390.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G. S.; DOURADO, P. M.; OLIVEIRA, W. S. MARTINELLI, S. BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 x MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, Sussex, v. 68, p. 1083-1091, 2012.

BERNARDI, O.; SORGATTO, R. J.; BARBOSA, A. D.; DOMINGUES, F. A.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, Guildford, v. 58, p. 33-40, 2014.

BOYER, W. P.; DUMAS, B. A. Soybean insect survey as used in Arkansas. **Cooperative Economic Insect Report**, Washington, v. 13, p. 91-92, 1963.

BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, Sussex, v.67, n.2, p.170-174, 2011.

BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL NETTO, J.; VIANA, D. L.; PESSOA, R. Atualidades no manejo de pragas resistentes aos inseticidas e às proteínas *Bt* em soja, milho e algodão. In: CASTILHO, R. C.; BARILLI, D. R.; TRUZI, C. C. (Eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola – X**. Jaboticabal: Multipress, 2017. p. 123-143.

CROSARIOL NETTO, J. **Efeito de proteínas Cry e VIP nos parâmetros biológicos de populações de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e injúrias nas plantas de milho por lepidópteros**. 2017. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CROSARIOL NETTO, J.; BARROS, E. M.; SOUZA, I. M.; CALAÇA, N. C.; BUSOLI, A. C. Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com folhas de cultivares convencionais e transgênicas de algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 26/Congresso Latino-Americano de Entomologia, 9., 2016, Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade Entomológica do Brasil, 2016.

CTNBio. Comissão técnica nacional de biossegurança. **Plantas Geneticamente Modificadas aprovadas para Comercialização**. 2017. Disponível em: <[http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document\\_library\\_display/](http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/)>. Acesso em: 10 mai. 2017.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, p.311-316, 2011.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 265p. (Embrapa Soja-Sistemas de Produção, 16).

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

FORMENTINI, A. C.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; BARROS, N. M. SPECHT, A. Lepidoptera (Insecta) associated with soybean in Argentina, Brazil, Chile and Uruguay. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p.2113-2120, 2015.

FUNICHELLO, M.; GRIGOLLI, J. F. F.; SOUZA, B. H. S.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; BUSOLI, A. C. Effect of transgenic and non-transgenic cotton cultivars on the development and survival of *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.8, p.5424-5428, 2013.

GREENPLATE, J. T.; MULLINS, J. W.; PENN, S. R.; DAHM, A.; REICH, B. J.; OSBORN, J. A.; RAHN, P. R.; RUSCHKE, L.; SHAPPLEY, Z. W. Partial characterization of cotton plants expressing two toxin proteins from *Bacillus thuringiensis*: relative toxin contribution, toxin interaction, and resistance management. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.127, n.6, p.340-347, 2003.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.; OLIVERIA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVERIA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. In: Circular Técnica, v. 30. Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, p. 70, 2000.

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

LUTTRELL, R. G.; MINK, J. S. Damage to cotton fruiting structures by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **The Journal of Cotton Science**, Cordova, v.3, n.2, p.35-44, 1999.

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

MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL NETTO, J.; PIROTTA, M. Z.; DUARTE, A. P.; FREITAS, R. S.; FINOTTO, E. L. Efficacy of transgenic maize insecticide treatment to control fall armyworm in late-season maize in São Paulo state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.41, n.2, p.128-138, 2017.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C.; Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.), **Soja – Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Embrapa, Brasília, p.335-420, 2012.

QUINTELA, E. D.; TEIXEIRA, S. M.; FERREIRA, S. B.; GUIMARÃES, W. F. F.; OLIVEIRA, L. F. C.; CZEPAK, C. **Desafios do manejo integrado de pragas da soja em grandes propriedades no Brasil Central**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 65p. 2007. (Comunicado Técnico, 149).

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M. NEVES, P. M. O. J. Biology and consumption of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) in different hosts. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, p. 903-910, 2005.

SANTOS, K. B.; NEVES, P. J.; MENEGUIM, A. M.; SANTOS, R. B. SANTOS, W. J.; VILLAS BOAS, G.; DUMAS, V.; MARTINS, E.; PRAÇA, L. B.; QUEIROZ, P.; BERRY, C.; MONNERAT, R. Selection and characterization of *Bacillus thuringiensis* strains toxic to *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control**, Orlando, v.50, p.157-163, 2009.

SORGATTO, R. J.; BERNARDI, O.; OMOTO, C. Survival and Development of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt Cotton and Implications for Resistance Management Strategies in Brazil. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 44, p. 186-192, 2015.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.103, n.4, 0.1031-1038, 2010.

STURMER, G. R. **Capacidade de coleta de três métodos de amostragem e tamanho da amostra para lagartas e percevejos em soja**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa maria, 2012.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M.; DIAS, T. S. Características e manejo de pragas da cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, Chapadão do Sul, v. 2, n. 9, p. 61-82, 2015.

VIANA, D. L.; CROSARIOL NETTO, J.; AGUIRRE-GIL, O. J.; BUSOLI, A. C. Parâmetros biológicos da lagarta falsa-medideira em cultivares de algodoeiro com as proteínas Cry1Ac e Cry1F. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p.569-572, 2014.

WAQUIL, J. M. **Manejo da resistência em insetos praga**. In: PIRES, C. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas. CNPq/Embrapa, Brasília, 2003. 237p.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WISEMAN, B. R. Fall armyworm resistance in corn and its suppression of larval survivor and growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 831-832, 1983.

WISCH, L. N. **Flutuação Populacional dos Principais Noctuídeos e Distribuição Vertical de Ovos e Lagartas na Cultura da Soja**. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.2016/2017.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o cenário agrícola no Centro Oeste conta com os chamados sistemas de produção, nos quais os cultivos ocorrem de forma constante e sucessiva durante um mesmo ano agrícola. No entanto, isso tem propiciado problemas cada vez mais frequentes relacionados a alguns grupos de pragas, dentre eles os lepidópteros.

Espécies como *Chrysodeixis includens* e o complexo de *Spodoptera* vem crescendo de importância ano a ano, causando prejuízos consideráveis, principalmente em culturas como a soja e o algodão. Com isso, o uso intensivo de inseticidas e a adoção de cultivos transgênicos *Bt* se tornam cada vez mais frequentes no Brasil, acarretando ganhos em produtividade, porém também surgindo vários problemas, segundo relatos na literatura.

Um dos grandes problemas observados é a seleção de populações de pragas resistentes aos cultivos geneticamente modificados. A utilização de eventos que expressam as mesmas proteínas inseticidas durante vários anos nas áreas de cultivo e a não realização de medidas de Manejo da Resistência em Insetos (MRI) como por exemplo, a adoção de áreas de refúgio entre outros, implicam na aceleração do processo de seleção destas populações de insetos e também de populações resistentes aos inseticidas, devido às necessidades frequentes de uso.

Desta forma, se faz necessário a utilização de medidas conjuntas de controle, como o uso de inseticidas químicos e biológicos e novas práticas culturais, acarretando no aumento do custo de produção. Nesse sentido, trabalhos que possam estudar o comportamento de cultivos transgênicos na supressão de lepidópteros-praga em campo e em laboratório são necessários, e devem ser realizados de forma frequente, no intuito de demonstrar ao produtor quais cultivares possam ser utilizadas para se obter maior produtividade e menor custo de produção.

O presente trabalho avaliou o efeito de cultivares transgênicas *Bt* de soja e algodoeiro nos aspectos biológicos de *Chrysodeixis includens*, como também a infestação natural de *C. includens* e de *Spodoptera* spp. em condições de campo em áreas agrícolas do município de Primavera do Leste, estado do Mato Grosso.

Os resultados obtidos permitiram verificar que as cultivares de soja *Bt*, que expressam a proteína Cry1Ac, afetam os parâmetros biológicos de *C. includens*, controlando de maneira eficiente as populações da praga, tanto em laboratório quanto em campo. Em relação às lagartas de *Spodoptera* spp. observou-se que as cultivares de soja *Bt* não controlam eficientemente esses lepidópteros.

Outro aspecto observado neste trabalho foi que a cultivar de algodoeiro que expressa a proteína Cry1Ac, após 10 (dez) anos de uso intenso, atualmente causa pouco efeito sobre as lagartas de *C. includens*, não apresentando controle satisfatório do inseto, tanto nos aspectos biológicos observados em laboratório quanto na infestação em campo, se comportando de forma similar à cultivar de algodoeiro não *Bt*. As cultivares de algodoeiro *Bt* que expressam mais de uma proteína inseticida, Cry1Ac+Cry1F, Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae, apresentaram controle de *C. includens*, afetando a sobrevivência de lagartas pequenas em laboratório e em campo.

Por outro lado, a piramidação de cultivares por si só não é suficiente, por exemplo, para as lagartas de *Spodoptera* spp. Nos eventos de algodão *Bt* em campo, verificou-se que as cultivares que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry1Ac+Cry1F, não suprimem suas infestações, enquanto que nas cultivares piramidadas que expressam Cry1Ac+Cry2Ab2 e Cry1Ab+Cry2Ae a supressão foi considerada eficiente.

A presença de lagartas de *Spodoptera* spp. indica que o potencial de evolução da resistência é maior para essas espécies, pois entre os indivíduos encontrados no campo, possivelmente estão os indivíduos heterozigotos, principais responsáveis pela evolução inicial da resistência. Sendo assim, este trabalho evidencia a importância de estudos de monitoramento de populações resistentes de lepidópteros-praga nas cultivares *Bt*.

No entanto, num cenário de sobreposição de cultivos de soja e algodão, o desafio atual é preservar a suscetibilidade de insetos-praga às proteínas *Bt*, uma vez que essas espécies estão expostas a pressão contínua de proteínas inseticidas. Diante disto, é de extrema importância considerar as particularidades de cada espécie expostas ao sistema de produção para o estabelecimento de estratégias de Manejo de Resistência de Insetos-alvo (MRI). A utilização de áreas de refúgio para o

MRI é uma das mais importantes estratégias para retardar a evolução da resistência de pragas-alvo de plantas *Bt*.

Diante de todos estes resultados, sugere-se aos agricultores o uso de cultivos piramidados de algodoeiro com diferentes expressões de proteínas inseticidas, o uso de inseticidas químicos e biológicos em rotação, a rotação de culturas e o vazio sanitário entre cultivos semelhantes não *Bt*, não necessariamente isolinhas, porém não usar pulverizações de produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis*. Sugere-se ainda, uso de boas práticas sustentáveis, como o controle de plantas espontâneas ou tiguerras tolerantes aos herbicidas e o monitoramento de pragas em todas as fases fenológicas das culturas.