

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

**FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ROBERTO DA SILVA

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALGODÃO TRANSGÊNICOS (Bt) EM
RELAÇÃO À OCORRÊNCIA DE PRAGAS**

Ilha Solteira
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ROBERTO DA SILVA

Dissertação, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Paulo Cesar Ceresini
Orientador

Geraldo Papa
Co-orientador

Ilha Solteira
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S586d Silva, Roberto da.
Desempenho de cultivares de algodão transgênicos (Bt) em relação à ocorrência de pragas / Roberto da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
50 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção, 2017
- Orientador: Paulo Cesar Ceresini
Co-orientador: Geraldo Papa
Inclui bibliografia
1. *Gossypium hirsutum*. 2. Manejo integrado de pragas. 3. Lepidópteros-pragas.

certificado de aprovação



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALGODÃO TRANSGÊNICOS (Bt)
EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA DE PRAGAS

AUTOR: ROBERTO DA SILVA
ORIENTADOR: PAULO CEZAR CERESINI
COORDENADOR: GERALDO PAPA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA,
especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. GERALDO PAPA

Departamento de Fitosanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Solo-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO

Produção Vegetal - Defesa Fitosanitária / FCAT - Unesp - Dracena

Ilha Solteira, 22 de fevereiro de 2017

DEDICO...

Aos meus pais, Odete Ferreira da Silva e Augusto Raimundo, os quais me apoiaram em todos os momentos e me deram força para seguir em frente e lutar pelos meus objetivos

OFEREÇO...

A minha esposa Elizabete pela paciência e o apoio, Te amo coisa linda.

A minha irmã Thaisa Gabriela e aos meus avós José e Adelaida.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, por proporcionar excelentes condições de aprendizado oferecidas durante o período da Pós-graduação.

Aos professores do curso de Agronomia da UNESP – Ilha Solteira, pelo empenho em melhorar constantemente a qualidade de ensino.

Ao Prof. Dr. Geraldo Papa, pelo conhecimento transmitido, durante estes anos de orientação, manifesto minha gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica e pessoal.

Ao Prof. Dr. Fernando Celoto por toda a ajuda prestada, assim como aos meus colegas de laboratório de Entomologia II FEIS/UNESP, que me auxiliaram no andamento do trabalho João Zanardi, Matheus Castro, André Gonsales, Ana beatriz Spadoni, João Scrociato, Natália Staudt, Felipe Mendonça, Marcelo Ferraz, Pedro ehrenberg e Rafael Bertholino.

Fica difícil agradecer a todos que de alguma forma me ajudaram para que esse trabalho fosse realizado. Para aqueles que não estão citados aqui, tenham certeza que fazem parte da minha vida.

RESUMO

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-pragas de difícil controle, como a *Helicoverpa armigera*. O objetivo deste trabalho foi verificar comparativamente a ocorrência de lepidópteros-pragas e pragas não alvo nas três cultivares Bt atualmente plantadas no Brasil: Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab2), Widestrike (Cry1Ac + Cry1F) e Twinlink (Cry1Ab + Cry2Ae) e na cultivar não Bt FMT701. Para tanto, foram instalados experimento em campo e casa de vegetação. Experimento I: O delineamento empregado foi blocos casualizados com quatro tratamentos e seis repetições. Foram comparadas três cultivares de algodão Bt: Bollgard II, Widestrike e Twinlink e a cultivar não Bt FMT701. Cada parcela constou de 12 linhas com espaçamento de 0,9m com 30 m de comprimento e densidade de dez plantas/m. As avaliações foram realizadas semanalmente registrando-se a ocorrência de pragas, danos em estruturas reprodutivas e desfolha. Experimento II: Foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando-se as mesmas cultivares do Experimento I. Foram realizadas em cada tratamento infestações artificiais com lagartas de segundo instar da espécie *H. armigera* obtidas da criação em Laboratório. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Cada parcela foi constituída de uma planta de algodão, cultivado em vaso com volume de dez litros. Foram realizadas avaliações diárias registrando-se o número médio de botões florais danificados pelas lagartas e o número de lagartas vivas, até cinco dias após a infestação. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). Cultivares de algodão Bt Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab2), Widestrike (Cry1Ac + Cry1F) e Twinlink (Cry1Ab + Cry2Ae) foram eficientes na proteção de plantas contra o ataque de *Alabama argillacea*, *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera eridania* e *Pectinophora gossypiella* e afetaram negativamente a população de *Spodoptera frugiperda* e *H. armigera*, porém a cultivar Widestrike não proporcionou alto desempenho na proteção de plantas contra o ataque destas espécies. Cultivares de algodão Bt Bollgard II, Widestrike e Twinlink proporcionaram maior produtividade de algodão em caroço que a cultivar não Bt (FMT701), com destaque para a cultivar Widestrike que alcançou a maior produtividade. Cultivares de algodão Bt Bollgard II, Widestrike e Twinlink foram eficientes na proteção as plantas contra o ataque de *H. armigera* em condições de casa de vegetação.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Manejo integrado de pragas. Lepidópteros-pragas.

ABSTRACT

The adoption of Bt cotton cultivars increased in the last harvest, due to the increased availability of cultivars with new protein combinations and the occurrence of lepidopteran pests such as *Helicoverpa armigera*. The objective of this work was to verify comparatively the occurrence of lepidopteran pests and non-target pests of the Bt technology in three Bt cultivars currently planted in Brazil: Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab2), Widestrike (Cry1Ac + Cry1F) and Twinlink (Cry1Ab + Cry2Ae) and non-Bt cultivar FMT701. Experiment I: The design was randomized blocks with four treatments and six replicates. Each plot consisted of 12 rows with spacing of 0.9 m, 30 m of length and density of 10 plants/m. The evaluations were carried out weekly, registering the occurrence of pests, damage to reproductive structures and defoliation. Experiment II: It was conducted in a greenhouse, using the same cultivars of Experiment I. In each treatment were made artificial infestations with *H. armigera* caterpillars obtained from the creation in Laboratory. The design was completely randomized, with four treatments and 10 replications, for each species of caterpillars. Each plot consisted of a cotton plant grown in a ten-liter pot. Daily evaluations were carried out, registering the number of floral buds damaged by caterpillars and the number of alive caterpillars, until five days after infestation. The results were submitted to analysis of variance by the F test and the means were compared by the Tukey Test (5%). Bollgard II, Widestrike and Twinlink cotton cultivars were efficient in protecting plants against the attack of *Alabama argillacea*, *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera eridania* and *Pectinophora gossypiella* and negatively affected the population of *Spodoptera frugiperda* and *H. armigera*, but the Widestrike cultivar is not of high performance in the protection of plants against the attack of these species. Cotton Bt cultivars Bollgard II, Widestrike and Twinlink provided higher productivity than the non-Bt cultivar FMT701, especially the Widestrike cultivar, which achieved the highest productivity. Cotton cultivars Bt Bollgard II, Widestrike and Twinlink were efficient in protecting the plants against *H. armigera* attack under greenhouse conditions.

Key words: *Gossypium hirsutum*. Integrated pest management. Lepidoptera-pests.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagartas de *Alabama argillacea* por planta, aos 66, 73, 80, 87 e 101 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.26
- Figura 2 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagarta de *Spodoptera eridania* por planta, aos 45, 66, 73 e 80 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.27
- Figura 3 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagartas de *Chrysodeixis includens* por planta, aos 52, 59, 66, 73 e 80 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.....28
- Figura 4- Porcentagem média de desfolha em cultivares de algodão (Bt) e convencional, atacados por *Alabama argillacea*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera eridania*, aos 45, 66, 73, 80 e 94 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.....29
- Figura 5 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de maçãs com sintomas de ataque da lagarta *Pectinophora gossypiella* aos 105, 112 e 126 dias após emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.31
- Figura 6 - Desempenho de cultivares de algodão transgênica (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de plantas com lagarta de *Spodoptera frugiperda*, aos 66, 73, 80, e 87 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.....32
- Figura 7 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de plantas com lagartas de *Helicoverpa armigera*, aos 73, 80, e 87 dias após emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.33
- Figura 8 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de botões florais com sintomas de danos provocados por

lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* aos 38, 52, 66, 73, 80, 87 e 94 dias após a emergência das plantas (DAE). Selvíria, MS. 2015. 34

Figura 9 - Número médio de ninfas de *Bemisia tabaci* por folha, aos 17, 31, 45, 66, 87 e 94 dias após a emergência da cultura (DAE). Selvíria, MS. 2015. 35

Figura 10 - Porcentagem de botões florais com oviposição e/ou alimentação de *Anthonomus grandis* por tramentos, aos 45, 66, 73, 80, 94 e 101 dias após a emergência das plantas (DAE). Selvíria, MS. 2015. 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos, nome comercial e proteínas expressadas nas cultivares. Selvíria, MS, 2015.....	22
Tabela 2 - Tratamentos e os nomes comerciais das cultivares. Ilha Solteira, SP, 2015.....	25
Tabela 3 - Número de lagartas vivas <i>Helicoverpa armigera</i> e número médio de botões florais atacados cinco dias após infestação (DAI). Ilha Solteira, SP. 2015.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	IMPORTÂNCIA DO ALGODOEIRO	14
2.2	PRAGAS DO ALGODOEIRO	14
2.2.1	Curuquerê-do-algodoeiro - <i>Alabama argillacea</i> Hubner.....	15
2.2.2	Lagarta Falsa-Medideira – <i>Chrysodeixis includens</i> Walker	15
2.2.3	Helicoverpa armigera - <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	16
2.2.4	Complexo <i>Spodoptera</i> spp	17
2.2.4	Lagarta-rosada - <i>Pectinophora gossypiella</i> Saunders	18
2.2.5	Mosca branca – <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	18
2.2.6	Bicudo-do-algodoeiro - <i>Anthonomus grandis</i> Boheman	19
2.3	ALGODÃO - <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	EXPERIMENTO EM CAMPO	22
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	22
3.3	INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO	22
3.3.1	Preparo do solo e instalação do experimento	22
3.3.2	Controle fitossanitário	23
3.3.3	Amostragens	24
3.4	EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO	24
3.4.1	Infestação das parcelas	25
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1	CURUQUERÊ-DO-ALGODOEIRO – <i>Alabama argillacea</i>	26
4.2	LAGARTA-ERIDANIA - <i>Spodoptera eridania</i>	27
4.3	FALSA-MEDIDEIRA – <i>Chrysodeixis includens</i>.....	28

4.4	DESFOLHA	29
4.5	LAGARTA-ROSADA – <i>Pectinophora gossypiella</i>	30
4.6	LAGARTA MILITAR - <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.7	ARMIGERA – <i>H. armigera</i>	32
4.8	ATAQUE EM BOTÕES FLORAIS.....	33
4.9	MOSCA-BRANCA - <i>Bemisia tabaci</i> – Biótipo B	34
4.10	BICUDO-DO-ALGODOEIRO – <i>Anthonomus grandis</i>	35
4.11	PRODUTIVIDADE.....	36
4.12	RESULTADOS EM CASA DE VEGETAÇÃO - <i>Helicoverpa armigera</i>	37
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	ANEXOS.....	47
	APÊNDICE	478

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 900 mil hectares de área cultivada com algodão, sendo que a maior concentração encontra-se na região Centro-Oeste, seguida pela região Nordeste. Os estados de Mato Grosso e Bahia são responsáveis por cerca de 88% da área plantada. (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

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).

Segundo Quintela (2001) a expansão das áreas cultivadas sob irrigação e o cultivo sucessivo e intensivo das áreas com culturas como feijão, milho, soja e algodão, bem como o uso intensivo de inseticidas, favoreceram o aumento de pragas nas culturas e a redução das populações de organismos benéficos. Com o aumento das pragas, o uso de inseticidas tem sido constante e muitas vezes indiscriminado, aumentando o custo de controle e tornando o controle de pragas mais difícil e complexo (QUINTELA, 2001).

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 que, no caso específico da cultura do algodão, resultaram na obtenção de plantas que expressam proteínas tóxicas derivadas da bactéria *Bacillus thuringiensis*, constituindo-se em uma ferramenta viável para o controle de grande parte dos lepidópteros-pragas que atacam a cultura (BOBROWSKI et al., 2003; RAMIRO; FARIAS, 2006).

No Brasil, a partir de 2005, houve a liberação da cultivar transgênica Nuopal (Bolgard I), que expressa a proteína Cry1Ac e controla parte dos principais Lepidópteros-pragas da cultura. Com a liberação dos demais algodoeiros Bt resistentes a lepidópteros-pragas, como em 2009 o Bollgard II (Cry1Ac+Cry2Ab2) e Widestrike (Cry1Ac+Cry1F), e em 2011 o Twinlink (Cry1ab+ Cry2Ae), foi ampliada a expectativa de melhoria de controle de lagartas (THOMAZONI et al., 2013).

Segundo Santana (2016) em altas infestações de algumas pragas em campo como *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda*, 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 e também a menor expressão da toxina Bt ao longo do ciclo de desenvolvimento da

planta em estruturas vegetativa e reprodutivas (ARMSTRONG et al., 2011; SIVASUPRAMANIAN et al., 2008).

O fato de *H. armigera* e *S. frugiperda* sobreviverem em algodão Bt, pode estar associado à evolução da resistência. Farias et al. (2014) relataram a ocorrência no Brasil da resistência de *S. frugiperda* à proteína inseticida Cry1F em milho. Na china Liu et al. (2010) constatou a resistência da *H. armigera* à proteína Cry1Ac em algodão.

Viana et al. (2014) constataram que a cultivar Nuopal que expressa a proteína Cry1Ac, apresentou baixo efeito nos parâmetros biológicos da *Chrysodeixis includens* uma vez que 62% das lagartas sobreviveram e se transformaram em pupas normais. Sebastião et al. (2015) relatam que as lagartas *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* e *S. frugiperda* são tolerantes à proteína Cry1Ac e conseguem sobreviver mesmo submetidos a elevados níveis de concentração.

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 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.

O objetivo deste trabalho foi verificar comparativamente a ocorrência de lepidópteros-pragas e pragas não alvo da tecnologia Bt, nas três cultivares Bt atualmente plantadas no Brasil (Bollgard II, Widestrike e Twinlink) e na cultivar não Bt (FMT 701).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO ALGODOEIRO

A cultura de algodão (*Gossypium hirsutum* var. *latifolium* Hutch) pertence à família das malváceas e apresenta origem variada conforme a espécie, advinda das Américas (*G. hirsutum*) e da Ásia/Índia (*G. arboreum* e *G. herbaceum*). A cultura possui grande importância no setor industrial, no qual se aproveita a matéria-prima completamente, especialmente a fibra e a semente; onde a fibra representa entre 35 a 42%, e a semente o restante do peso da produção (CORRÊA, 1989).

O algodoeiro é uma planta de grande aproveitamento e que oferece variada gama de produtos de utilização universal (BALLAMINUT, 2009). A fibra é o principal produto do algodão pois apresenta mais de quatrocentas aplicações na indústria, dentre elas: confecção de fios para a tecelagem, preparação de algodão hidrófilo, confecção de feltro, cobertores e estofamentos além da obtenção de celulose (CORRÊA, 1989).

No cenário mundial, o Brasil ocupa o quinto lugar no ranking dos maiores produtores com 1.447 milhões de toneladas de algodão em caroço, sendo a China líder com 5.766 milhões de toneladas algodão em caroço produzida na safra de 2016/2017. Mundialmente a área plantada de algodão é de 35 milhões de hectares, sendo que a demanda mundial pela fibra sofre aumento gradativo desde 1950, com um crescimento médio de 2% ao ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO – ABRAPA, 2016).

Em condições brasileiras o cultivo do algodão é afetado diretamente pela ocorrência de pragas, sendo fator determinante para que a cultura não desempenhe seu máximo potencial produtivo, além de colocar sua própria sustentabilidade em risco (PAPA et al., 2016).

2.2 PRAGAS DO ALGODOEIRO

O algodoeiro atrai e hospeda um complexo significativo de pragas que atacam as mais variadas partes da planta, como raiz, caule, folhas, botões florais, flores, maçãs e capulhos. Na região do cerrado brasileiro, constata-se, com a expansão permanente nas lavouras, a presença frequente de pragas com grande potencial de danos, como: bicudo-do-algodoeiro, lagarta-das-maçãs, curuquerê-do-algodoeiro, lagartas-militares, pulgão, lagarta-rosada, mosca-branca, vaquinhas e outras, que a cada safra estão causando prejuízos e onerando a cultura na região (SANTOS, 2015).

2.2.1 Curuquerê-do-algodoeiro - *Alabama argillacea* Hubner

A cada safra os ataques do curuquerê-do-algodoeiro estão ocorrendo mais cedo, em decorrência das plantas de algodão remanescentes (soqueira e tigueras) da safra anterior, que permanecem entre as lavouras de soja, milho e ao longo das estradas, alimentando-se e favorecendo a reprodução continuada da praga (ROMANO, 2012).

O adulto da espécie é uma mariposa de cor parda, com duas manchas circulares branco-escuras no centro das asas anteriores, pode apresentar envergadura ao redor de 30mm, cada fêmea é capaz de ovipositar ao redor de 500 ovos, com coloração verde azulados, depositados forma isolada e geralmente na página inferior das folhas do ponteiro das plantas (PAPA; CELOTO, 2014).

Por um período aproximado de 17 dias, a lagarta passa por cinco estágios de crescimento, atingindo 38mm de comprimento, a lagarta desenvolvida constrói um casulo, dobrando partes das folhas e prendendo-as por meio de fios de seda onde se transforma em crisálida, e após seis a dez dias emergem os adultos (SANTOS, 2015).

Os danos ocorrem inicialmente em folhas novas do ponteiro que se apresentam raspadas e, em seguida, as folhas medianas das plantas mostram perfurações irregulares. Posteriormente ocorre a desfolha generalizada, podendo atacar inclusive as brácteas das estruturas reprodutivas. Quando o ataque se dá na abertura das maçãs, provoca sua maturação forçada, diminuindo a resistência das fibras, e as fezes podem manchar as fibras, depreciando-as (PAPA et al, 2016).

2.2.2 Lagarta Falsa-Medideira – *Chrysodeixis includens* Walker

C. includens, vem causando sérios danos em regiões produtoras de algodão. A extensão e proximidade de lavouras de feijão e principalmente soja, determina a permanência e conseqüentemente a migração das mariposas para o algodoeiro (SANTOS, 2015).

Os adultos são mariposas com cerca de 28 mm de envergadura com as asas anteriores com coloração cinza-escura, apresentando um pequeno desenho prateado no centro, em forma de “U”. Os ovos são colocados isoladamente na face inferior das folhas e nos ponteiros, apresentando a coloração branca. Na fase de lagarta se locomovem de forma “mede-palmo”, apresentando três pares de pernas torácicas, dois pares de pseudopernas e um par abdominal. Passam por cinco ínstares, podendo alcançar 30mm de comprimento, ao eclodirem possuem coloração muito clara à medida que vão crescendo apresentam linhas brancas longitudinais,

uma de cada lado, duas finas dorsais, apresentam coloração verde-amarela na cabeça (SILVIE et al., 2007).

As lagartas são desfolhadoras, causam orifícios no limbo foliar, atacando preferencialmente as folhas desenvolvidas. Inicialmente as lagartas raspam as folhas, com desenvolvimento das lagartas passam a consumir o tecido foliar sem se alimentarem das nervuras, deixando um aspecto rendilhado (PAPA; CELOTO, 2014).

É comum as lagartas estarem mais presentes nos terços inferior e médio das plantas, mas podem subir para o terço superior em busca de alimento e quando em altas populações, causando desfolhamento acentuado podendo causar prejuízos à produção (SANTOS, 2015).

2.2.3 *Helicoverpa armigera* - *Helicoverpa armigera* Hübner

H. armigera é uma praga altamente polífaga e voraz sendo uma das principais pragas das culturas agrícolas da Ásia, Europa, África, Austrália e Oceania (KING, 1994). Essa lagarta foi registrada no sistema agrícola brasileiro em março de 2013, onde até então era considerada praga quarentenária A1 (IN 52, de 20 do novembro de 2007).

Segundo Cezepak et al. (2013) os adultos possuem sobre as margens das asas anteriores, uma linha com sete a oito manchas e, logo acima, uma faixa marrom ampla, irregular e transversal, tendo, ainda, na parte central, uma marca em forma de vírgula. O dimorfismo sexual da espécie é caracterizado pela coloração das asas anteriores, as fêmeas possuem coloração pardo avermelhado enquanto que os machos apresentam manchas cinzas esverdeadas. As asas posteriores são mais claras, apresentando, uma borda marrom escura na parte apical, com uma mancha clara no centro (CZEPAK et al., 2013).

No Brasil tem sido observada lagarta causando danos em botões florais, flores e maçãs do algodoeiro, bem como em frutos verdes e maduros do tomateiro, grãos de milho em formação e de plântulas e estruturas reprodutivas da soja (CZEPAK; VIVAN; ALBERNAZ, 2013). As lagartas se alimentam em todos os estádios de desenvolvimento das plantas, tanto nas estruturas reprodutivas como nas vegetativas, porém sua preferência é por estruturas reprodutivas (WANG; LI, 1984).

Estudos realizados por Papa et al. (2016) constataram que cada lagarta (em um ciclo de vida) pode consumir em média 9,7 estruturas reprodutivas e a ocorrência de uma lagarta por planta de algodoeiro (em um ciclo de vida), pode reduzir a produtividade em 14,1%.

2.2.4 Complexo *Spodoptera* spp

- *Spodoptera frugiperda* Smith

- *Spodoptera eridania* Stoll

O gênero *Spodoptera* spp. apresenta distribuição principalmente tropical e subtropical, mas algumas espécies que ocorrem nos dois hemisférios ocorrem também em regiões temperadas, sendo representado na região neotropical por 16 espécies, foram realizados vários estudos em diferentes hospedeiros, para verificar a biologia de diferentes espécies de *Spodoptera*, demonstrando que esse gênero ataca desde plantas cultivadas como soja, milho, algodoeiro e até em plantas utilizadas para reflorestamento como a bracatinga (ABDULLAH et al., 2000; PITRE; HOGG 1983; HABIB et al., 1983; MATTANA; FOERSTER, 1988).

Segundo Botton et al. (1998) a Lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, é a principal espécie do complexo *Spodoptera* spp. A importância econômica desta praga tem crescido ano a ano na cultura do algodão, principalmente nas áreas agrícolas do cerrado brasileiro, promovendo danos severos que podem reduzir significativamente a produção de fibra (PAPA et al., 2016). Esta praga pode ocasionar danos à cultura desde a emergência até a maturação das plantas (SANTOS, 2011).

Alguns fatores vêm favorecendo o aumento populacional da espécie, entre esses fatores o cultivo intensivo do solo praticado nestas áreas, com sucessão de ciclos de hospedeiros durante todo o ano, condições climáticas favoráveis (alta temperatura e baixa umidade relativa do ar), e, principalmente, o plantio de gramíneas como milho, sorgo e milheto em sucessão à cultura do algodão (MIRANDA et al., 2005).

O adulto da *S. frugiperda* é uma mariposa que mede 35mm de envergadura, com asas anteriores mosqueadas e as posteriores são esbranquiçadas, com bordo cinza, as fêmeas realizam postura em grupos de 50 a 100 ovos, são depositados sob folhas e brácteas, cada fêmea é capaz de colocar até 1000 ovos. As lagartas possuem coloração que varia de esverdeada a pardo-escura, apresentando linha mediana longitudinal, cor marrom-clara, uma característica marcante da espécie é uma sutura em forma de “Y” invertido na capsula cefálica (SANTOS, 2015).

A *S. eridania* é uma espécie polífaga que se alimenta de um grande número de espécies cultivadas e de hospedeiros alternativos. No Brasil, é citada atacando algodão, soja, amendoim, alface, mamona, pimentão, abóbora, couve, tomate (SILVA et al., 1968). É uma praga em expansão, principalmente na região do cerrado, pois a cada safra cresce a frequência

e intensidade do ataque, principalmente nas culturas da soja e algodão, onde não era considerada uma praga importante (SANTOS et al., 2005).

É uma praga com alto potencial reprodutivo, pois cada mariposa pode ovipositar entre 600 a 900 ovos. Quando mantidas em laboratório, as larvas passam por seis a sete instares, quando alimentadas com folhas de soja, sendo que a duração da fase larval varia de 12 a 18 dias (LYNCH et al., 1983). As lagartas se alimentam principalmente de folhas e brácteas, raspam a casca das maçãs e podem danificar botões florais (SANTOS, 2015).

2.2.4 Lagarta-rosada - *Pectinophora gossypiella* Saunders

O adulto da espécie é uma mariposa relativamente pequena, com 15 a 20mm de envergadura, de cor pardo-escura e asas franjadas, com três manchas escuras sobre as asas anteriores, os ovos da espécie são brancos geralmente são colocados entre as fendas de brácteas dos botões florais, das flores e maçãs, após a eclosão as lagartas penetram rapidamente no interior de botões florais e maçãs (SANTOS, 2015).

Os danos causados pela lagarta rosada são consideráveis, os primeiros prejuízos ocorrem nos botões florais, pois as lagartas impedem a abertura das pétalas, quando o ataque ocorre em maçãs, as lagartas podem destruir tanto fibras quanto sementes, provocando apodrecimento e não abertura das maçãs, sintoma de dano conhecido como “carimãs” (PAPA; CELOTO, 2014).

2.2.5 Mosca branca – *Bemisia tabaci* Gennadius

Nos últimos anos problemas com mosca-branca, *Bemisia tabaci*, estão se agravando, devido a severidade dos ataques e dificuldades em seu controle (INSTITUTO MATO GROSSENSE DO ALGODÃO – IMAmt, 2016). Esta praga possui grande importância agrícola no cenário mundial (PRABHAKER et al., 2005). Destacando-se como uma das principais pragas agrícola de diversas culturas, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (AHMAD et al., 2002; NAUEN; DEHOLM, 2005).

Os adultos são de coloração branca, possuem olhos vermelhos, antenas longas e medem cerca de 1 a 1,3mm, têm envergadura de cerca de 3mm, com dois pares de asas membranosas, além do corpo amarelado. Os ovos são brancos, e se tornam marrons antes da eclosão. As ninfas são de coloração verde-amarelada, apresentam corpo elíptico e translúcido (SANTOS, 2015).

Esta praga pode ocasionar danos diretos e indiretos a cultura, onde os danos diretos são causados pela sucção de seiva, ao mesmo tempo as excreções açucaradas produzidas pela mosca-branca favorecem o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp., causando o sintoma da Fumagina, este é um fungo oportunista, recobre as folhas reduzindo a capacidade fotossintética da planta, provocando a queda precoce das mesmas (VILLAS-BÔAS et al., 2002).

As excreções açucaradas podem atingir as fibras causando fenômeno conhecido por “fibra açucarada”, depreciando o produto no mercado, podendo também dificultar o processamento na indústria, passando ser considerada de tipo inferior (HENDRIX; WEI, 1992). Entretanto, o dano mais sério causado pelo inseto é por ser vetor de várias viroses com sintomatologia variada. Relata-se que cerca de noventa doenças viróticas são transmitidas pela mosca-branca, entre estas destaca-se o mosaico comum do algodoeiro (OMOTO; ALVES, 2013).

2.2.6 Bicudo-do-algodoeiro - *Anthonomus grandis* Boheman

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, é uma praga de grande importância econômica na cotonicultura brasileira, desde o primeiro relato o bicudo-do-algodoeiro se destaca como a principal praga da cultura (MARTINS et al., 2014).

Entre os aspectos que fazem com que o *A. grandis* seja um dos principais entraves da cotonicultura estão a diapausa, ciclo biológico curto, alta capacidade reprodutiva (PAPA; CELOTO, 2015). A elevada sobrevivência de formas imaturas (ovo e larva), em função do desenvolvimento protegido no interior das estruturas reprodutivas (SUJII; PIRES, 2015). Associado ao hábito dos adultos de permanecerem a maior parte do tempo na parte mediana do dossel das plantas e sob as brácteas dos botões florais para alimentação e postura dificultam o controle da praga pela pulverização de inseticidas (PAPA; CELOTO, 2015).

Os danos causados por *A. grandis* no algodoeiro são diretos, e decorrem da utilização das estruturas florais e frutíferas do algodoeiro para a oviposição dos adultos e alimentação tanto das larvas como dos adultos, o ataque desta praga ocorre preferencialmente nos botões florais, porém no período de frutificação das plantas se houver alta densidade populacional de adultos, até 50% das maçãs podem ser atacadas (BUSOLI et al., 2004).

Em torno de 50% dos custos com inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro é direcionado para o controle do bicudo, com pulverizações voltadas para o controle dos adultos (SPECHT et al., 2013).

2.3 ALGODÃO - *Bacillus thuringiensis* Berliner

As plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos têm sido uma das principais táticas de manejo de insetos-praga em muitos sistemas de produção e podem ser uma ferramenta eficaz de controle de Lepidópteros-pragas, passando a ser usadas em escala significativa na agricultura. Atualmente, todas as culturas comercialmente disponíveis expressam genes que codificam a expressão das proteínas Cry ou Proteínas Inseticidas Vegetativas (VIPs) de *Bacillus thuringiensis*, sendo denominadas plantas Bt (ODERLEI et al., 2011).

Ao serem ingeridos pelas larvas de insetos suscetíveis, os cristais de *B. thuringiensis*, sofrem ação do pH intestinal e de proteases, que solubilizam o cristal e ativam as toxinas. Estas toxinas se ligam a receptores localizados no tecido epitelial do intestino da larva, ocasionando a quebra do equilíbrio osmótico da célula, que se intumescce e rompe, provocando o extravasamento do conteúdo intestinal para hemocele do inseto. Em seguida, a larva para de se alimentar, entra em paralisia geral e morre por inanição. O *B. thuringiensis* não atua nas fases de pupa e de adulto dos insetos (MONNERAT; BRAVO, 2000).

Há proteínas que não se relacionam com as proteínas Cry, são produzidas por algumas cepas durante a fase vegetativa de crescimento, não formam inclusões cristalinas são chamadas de Proteínas Inseticidas Vegetativas (VIPs). As proteínas Vip3A atuam de forma semelhante às proteínas Cry, contudo as Vip3A apresentam propriedades distintas de ligação das Cry, indicando baixo potencial de resistência cruzada entre proteínas Vip3A e Cry (JACKSON et al., 2007).

No Brasil, plantas de milho expressando as proteínas Cry1Ab, Cry1F, Cry1A.105 e Cry2Ab22, VIP3Aa20, algodão com as proteínas Cry1Ac, Cry1F, Cry1Ab, Cry2Ab2 e Cry2Ae e soja com a proteína Cry1Ac e Cry1F foram liberadas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para cultivo comercial (COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio, 2017).

A primeira cultivar de algodão transgênica (Bt) comercial (Bollgard® I) foi gerada em 1989 e liberado para comercialização nos EUA e na Austrália em 1996/97. No Brasil a liberação ocorreu em 2005. O Bollgard® I expressa a proteína Cry1Ac, que lhe confere resistência a parte das lagartas que atacam o algodoeiro no Brasil, sendo elas a lagarta-das-maçãs, *Heliothis virescens*, lagarta rosada, *Pectinophora gossypiella* e curuquerê do algodoeiro, *Alabama argillacea* (BARROSO; HOFFMANN, 2007).

Em 2009, ocorreu o lançamento comercial de duas cultivares que expressam duas proteínas tóxicas piramidadas, o algodão (Bollgard® II) que expressa as proteínas Cry1Ac e Cry2Ab22 tóxica a um número maior de lepidópteros, incluindo as principais lagartas pragas e as lagartas *Spodoptera* e *Agrotis*, e o algodão (Widestrike®) que expressa as proteínas Cry1F e Cry1Ac tóxica a *H. virescens*, *Helicoverpa zea*, *P. gossypiella*, *S. frugiperda*, *S. eridania*, *Spodoptera exigua*, *Trichoplusia ni*, *A. argillacea* e *C. includens* (CTNBio, 2009).

Uma nova cultivar foi liberada em 2011 no Brasil, o evento recebeu o nome de algodão (TwinLink®) (Bayer) resistente aos Lepidópteros *A. argillacea*, *H. zea*, *H. virescens*, *Spodoptera* spp., *P. gossypiella* e *C. includens*, e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, esse expressa as proteínas Cry1Ab e Cry2Ae (CTNBio, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos, sendo um em condições de campo e um em casa de vegetação.

3.1 EXPERIMENTO EM CAMPO

O experimento foi desenvolvido na safra 2015/16, na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Câmpus de Ilha Solteira, SP, localizada ao Leste do estado de Mato grosso do Sul no município de Selvíria. As coordenadas (Latitude 20°20' Sul e Longitude 51°24' Oeste). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2013).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos e seis repetições (Tabela 1), sendo as parcelas compostas por 12 linhas espaçadas em 0,9m, com 30 m de comprimento, perfazendo unidade amostral de 324 m².

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos, nome comercial e proteínas expressadas nas cultivares. Selvíria, MS, 2015.

Tratamentos	Cultivares	Proteína
1	FMT 701	não Bt
2	Bollgard II [®]	Cry1Ac + Cry1F
3	Widestrike [®]	Cry1Ac + Cry2Ab2
4	Twinlink [®]	Cry1Ab + Cry2Ae

3.3 INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

3.3.1 Preparo do solo e instalação do experimento

Na área utilizada para desenvolvimento do experimento, procedeu-se o preparo de solo pelo sistema de cultivo convencional. A semeadura mecanizada foi realizada em 21 de

dezembro 2015. A adubação de base foi de 400 Kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16. Aos 35 dias após a emergência das plantas (DAE) foi realizada adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de Uréia e 90 kg ha⁻¹ de KCl. Para melhor emergência e estabelecimento das plantas foi realizada irrigação por aspersão após a semeadura, com um carretel hidro roll.

3.3.2 Controle fitossanitário

Os tratos fitossanitários como tratamento de sementes, controle de doenças e plantas daninhas foram empregados de acordo com recomendações técnicas da cultura.

Foi realizado tratamento de semente com inseticida tiametoxam (Cruiser 350 FS) e fungicida carboxina + tiram (Vitavax Thiram 200 SC), nas doses de 0,6 e 0,4 L p.c. ha⁻¹ respectivamente, para controle das pragas iniciais e doenças que afetam a cultura.

Para o controle de plantas daninhas foi realizado manejo químico. Logo após a semeadura aplicou-se em pré-emergência, diuron (Diuron Nortox 500 SC) e trifluralina (Trifluralina Gold Nortox) nas doses de 4 e 2L p.c. ha⁻¹, respectivamente. Aos 45 DAE, realizou-se uma pulverização em pós-emergência em jato dirigido, na entre linha da cultura utilizando-se carfentrazone-etílica (Aurora 400 EC) e diuron (Diuron Nortox 500 SC), nas doses de 0,07 e 2 L p.c. ha⁻¹, respectivamente, para o controle de planta daninha.

Foram realizadas seis aplicações de inseticidas específicas para bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis*, utilizando-se malathion (Malathion 1000 EC) 1 L p.c. ha⁻¹, aos 45 DAE, beta-ciflutrina (Bulldock 125SC) 100 ml p.c. ha⁻¹, aos 66 DAE, bifentrina (Talstar 100CE) 500 mL p.c. ha⁻¹, aos 73 DAE, beta-ciflutrina (Bulldock 125SC) 100 mL p.c. ha⁻¹, aos 80 DAE, bifentrina (Talstar 100CE), aos 94 DAE e fipronil (Singular Br) 130ml p.c. ha⁻¹, aos 101 DAE.

Para controle de *Ramularia*, *Ramularia areola*, foram realizadas duas aplicações de azoxistrobina + ciproconazol (Priori Xtra) na dose 300 mL p.c. ha⁻¹, aos 50 e 70 DAE. O crescimento vegetativo do algodoeiro foi controlado com o emprego de regulador de crescimento, utilizando-se cloreto de mepiquate (Pix HC), na dose de 0,2 L p.c. ha⁻¹, aos 50 DAE.

Com exceção da aplicação de herbicida em jato dirigido, todas as pulverizações foram realizadas utilizando-se um pulverizador tratorizado, com volume de calda estabelecido em 150 L ha⁻¹. No momento das aplicações, sempre foram respeitadas condições climáticas adequadas.

3.3.3 Amostragens

As amostragens foram realizadas semanalmente no período de 05/01 a 26/04/2016, com início a partir de 10 DAE. Os parâmetros avaliados foram:

A-) Ninfa de mosca-branca, *Bemisia tabaci*: Coletou-se dez folhas por parcela, no início do desenvolvimento vegetativo da cultura coletou-se a primeira folha expandida, a partir do momento que a cultura atingiu o estágio fenológico B1 coletou-se folhas do terço médio das plantas, que foram levadas ao laboratório para avaliação sob microscópio estereoscópico.

B-) Contagem de lagartas, curuquerê-do-algodoeiro, *A. argillacea*, falsa-medideira, *C. includens*, lagarta-eridania, *S. eridania*, *H. armigera*, lagarta-militar, *S. frugiperda*: foram tomadas ao acaso 15 plantas por parcela, observando-se a planta inteira de acordo com o estágio fenológico da cultura e registrando o número de lagartas de cada espécie.

C-) Desfolha provocada por lagartas: avaliação visual de toda área da parcela, atribuindo-se porcentagem de área foliar consumida, conforme escala paramétrica adaptada proposta por Panizzi et al (1977) (ANEXO 1).

D-) Bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis*: foram tomados ao acaso 50 botões florais por parcela, registrando aqueles danificados por postura e/ou alimentação.

E-) Danos provocados por lagarta de *H. armigera* e *S. frugiperda*: foram tomados ao acaso 50 botões florais por parcela.

F-) Lagarta-rosada, *Pectinophora gossypiella*: foram coletadas 50 maçãs de aproximadamente três centímetros de diâmetro, coletadas na bordadura das parcelas. Em laboratório, as maçãs foram abertas longitudinalmente registrando-se os sintomas de ataque da lagarta.

G-) Produtividade de algodão em caroço: foi realizada a colheita manual de 3 linhas centrais de cada parcela, por dez metros de comprimento de cada parcela, reportando os dados em kg ha⁻¹.

3.4 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, localizada no Câmpus II da Faculdade de Engenharia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Ilha Solteira – localizada no noroeste do estado de São Paulo.

O experimento foi semeado 25 de dezembro de 2015. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições (Tabela 2), perfazendo

50 parcelas. Cada parcela foi constituída de uma planta de algodão, cultivada em um vaso com volume equivalente a dez litros.

Os vasos foram preenchidas com solo e compostagem, na proporção 3:1, e adubados homogeneamente, na proporção de 400 Kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16 na semeadura e 200 kg ha⁻¹ de Uréia e 90 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura, aos 35 DAE.

Tabela 2 - Tratamentos e os nomes comerciais das cultivares. Ilha Solteira, SP, 2015.

Tratamento	Cultivar comercial
1	FMT 701
2	Widestrike®
3	Bollgard II®
4	Twinlink®

Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.4.1 Infestação das parcelas

Para as infestação com lagartas de *H. armigera* foram utilizadas lagartas de segundo instar, proveniente da criação estoque mantida em dieta artificial do Laboratório de Entomologia da Fundação MT, de Rondonópolis, MT. As infestações foram realizadas quando a cultura estava no estágio fenológico B5, quando as plantas se encontravam em plena produção de estruturas reprodutivas. Foi realizada infestação artificial, transferindo-se duas lagartas por planta com um pincel, para os ponteiros das plantas. Uma hora após as infestações as plantas foram inspecionadas para verificar a adaptação e estabelecimento das lagartas. Quando necessário as plantas foram re-infestadas.

Após a infestação foram realizadas avaliações diárias dos danos provocados pelas lagartas, registrando-se o número total botões florais danificados pelas lagartas e o número de lagartas vivas nos tratamentos, até cinco dias após a infestação (ANEXO 2, 3 e 4).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

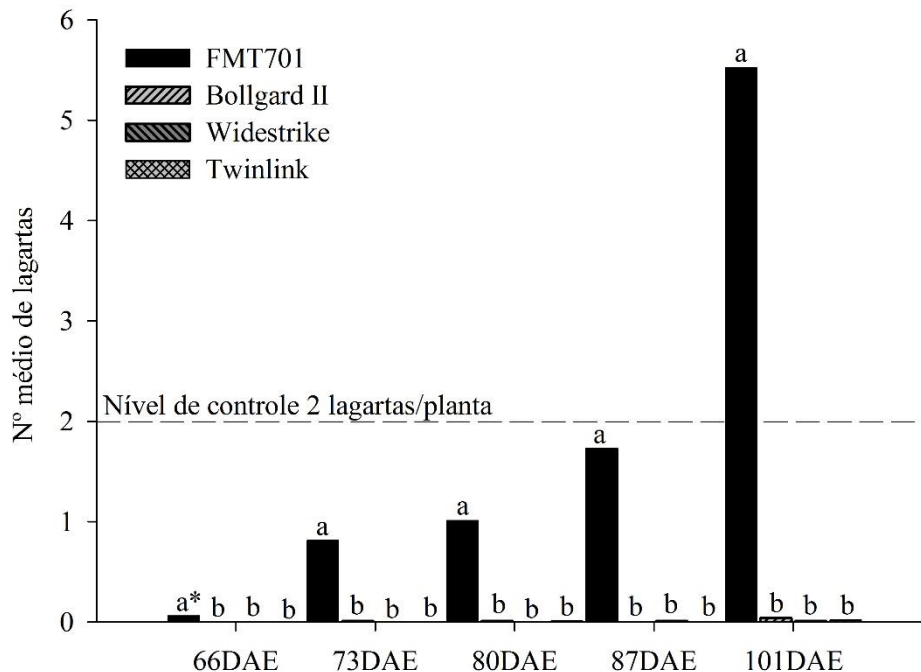
Os dados originais foram transformados em raiz de $(X + 0,5)$ para redução da heterocedasticidade. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do teste F, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o Software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CURUQUERÊ-DO-ALGODOEIRO – *Alabama argillacea*

A espécie de lagarta predominante na área experimental foi o curuquerê-do-algodoeiro, *A. argillacea*. Nas avaliações realizadas aos 66, 73, 80, 87 e 101 dias após a emergência das plantas (DAE) (Figura 1), constatou-se que as cultivares Bollgard II, Widestrike, e Twinlink não diferiram entre si. Aos 101 DAE, constatou-se a maior densidade populacional da praga na cultivar FMT701 (convencional) que atingiu média de 5,52 lagartas por planta, diferindo das cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink que proporcionaram proteção às plantas contra o ataque do curuquerê-do-algodoeiro alcançando médias de 0,04, 0,01 e 0,02 lagartas por planta, respectivamente, demonstrando o controle exercido pelas plantas que expressam proteínas inseticidas.

Figura 1 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagartas de *Alabama argillacea* por planta, aos 66, 73, 80, 87 e 101 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.



Nota: * Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

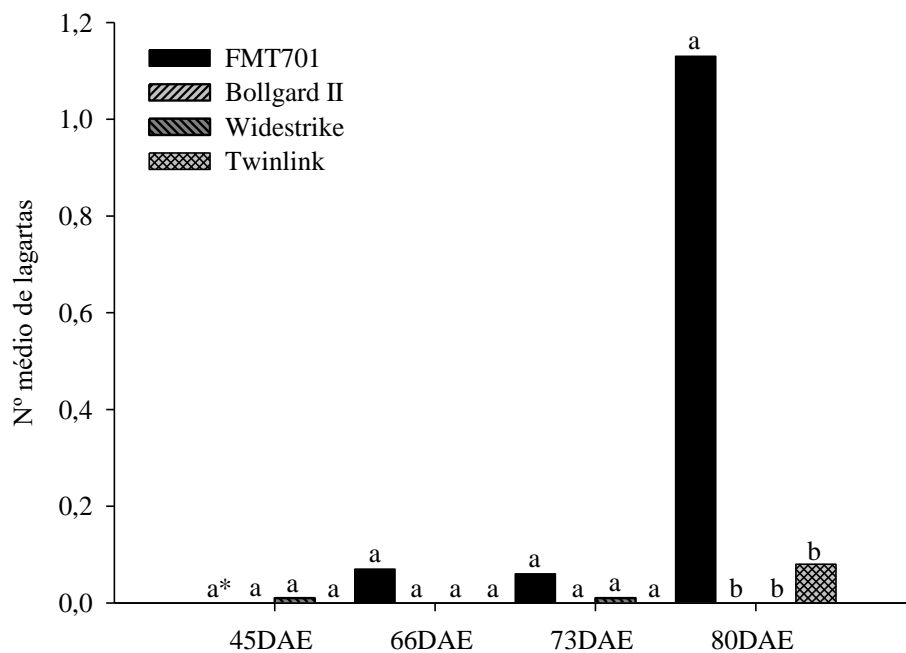
Os resultados obtidos no presente trabalho são semelhantes aos observados por Santos e Torres (2010). Esses autores relatam que a expressão da proteína Cr1yAc em todas as partes da planta é eficaz para o controle de *A. argillacea*. Eventos com genes combinados Cry1Ac+Cry2Ab2 (Bollgard II), Cry1Ac+Cry1F (Widestrike) e Cry1Ab+Cry2Ae (Twinlink) apresentam acentuada resistência ao ataque de curuquerê (SANTOS, 2015).

4.2 LAGARTA-ERIDANIA - *Spodoptera eridania*

Na análise da ocorrência da *S. eridania*, constatou-se a maior infestação da praga aos 80 DAE (Figura 2). As cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink foram eficientes no controle da praga, alcançando médias de 0, 0 e 0,08 lagartas por planta, respectivamente, diferindo significativamente da cultivar não Bt (FMT701) que alcançou média 1,13 lagartas por planta aos 80 DAE.

Embora haja relatos de desenvolvimento de resistência de *S. eridania* às proteínas Bt (SEBASTIÃO et al., 2015), no presente estudo a expressão das proteínas existentes nas cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink foram eficientes no controle das lagartas de *S. eridania*.

Figura 2 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagarta de *Spodoptera eridania* por planta, aos 45, 66, 73 e 80 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.



Nota: *Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

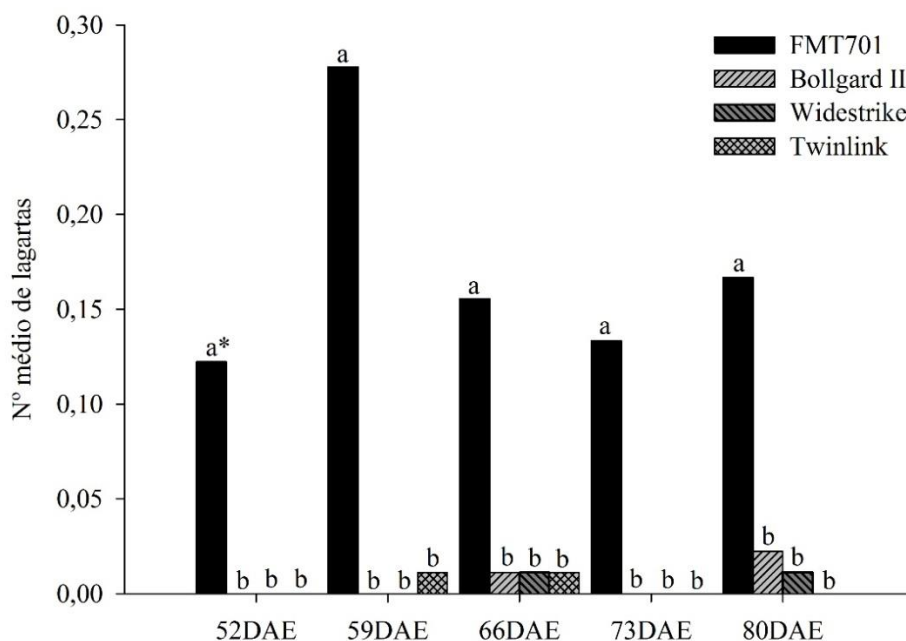
Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os obtidos por Soria et al. (2014) que constataram que as cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink, em condição de campo foram eficientes no controle de *S. eridania*, *H. virescens* e *H. armigera*. Em estudos realizados em laboratório por Freitas et al. (2015) os autores constataram que cultivares que expressam proteínas Cry1Ac + Cry1F e Cry1Ab + Cry2Ae, proporcionaram maior mortalidade e menor peso de *S. eridania*. Freitas et al. (2015) constataram que essas cultivares de algodão Bt afetam negativamente o desenvolvimento da lagarta.

4.3 FALSA-MEDIDEIRA – *Chrysodeixis includens*

Quanto ao efeito das cultivares na ocorrência de *C. includens*, constatou-se que as cultivares Bollgard II, Widestrike, e Twinlink, que expressam proteínas Bt, não diferiram entre si (Figura 3) e proporcionaram excelente controle da praga, diferindo da cultivar não Bt (FMT701).

O resultado obtido no presente trabalho corrobora com os resultados relatados por Sorgatto; Bernardi e Omoto (2015) que constataram que o algodão Bollgard II e Widestrike são altamente eficazes no controle de lagartas neonatas de *C. includens* em folhas.

Figura 3 - Desempenho de cultivares de algodão (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Número médio de lagartas de *Chrysodeixis includens* por planta, aos 52, 59, 66, 73 e 80 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.

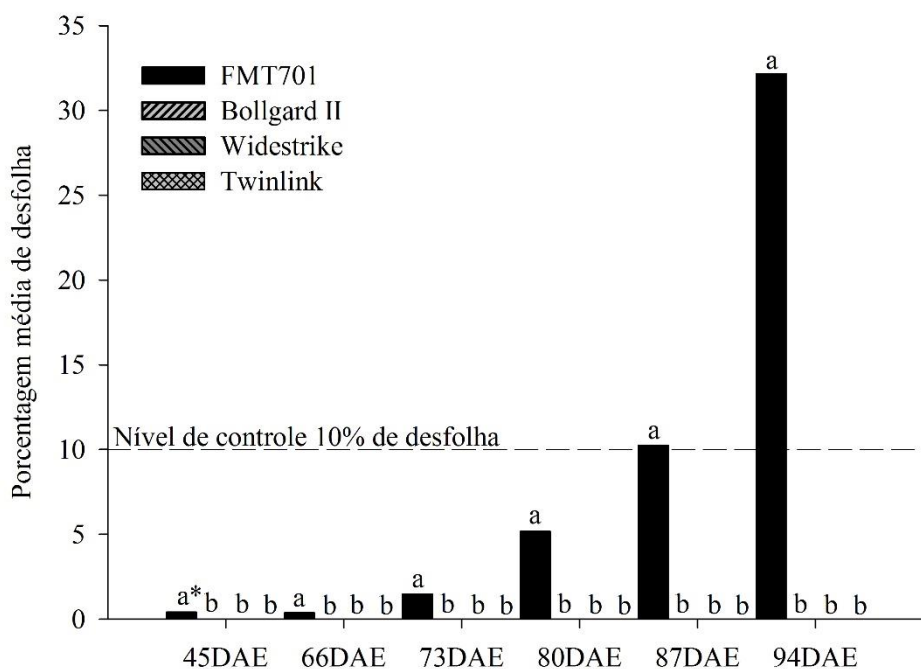


Nota: * Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

4.4 DESFOLHA

Nas avaliações referentes a porcentagem de desfolha provocadas pelas lagartas, constatou-se que as cultivares Bt não diferiram entre si e apresentaram excelente desempenho na proteção de plantas contra lagartas desfolhadoras alcançando eficiência de 100%, diferindo da cultivar não Bt (FMT701), que alcançou desfolha de 32% aos 94 DAE (Figura 4).

Figura 4- Porcentagem média de desfolha em cultivares de algodão (Bt) e convencional, atacados por *Alabama argillacea*, *Chrysodeixis includens* e *Spodoptera eridania*, aos 45, 66, 73, 80 e 94 dias após a emergência das plantas (DAE). Selvíria, MS. 2015.



Nota: * Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

Os valores de porcentagem de desfolha encontrados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Ballaminut et al. (2007) que avaliaram a desfolha provocada por lagartas em cultivares transgênicas e isogênicas, obtendo resultados satisfatórios em favor da linha transgênica Romano e Papa (2015) também comprovaram a eficácia de algodoeiros transgênicos no controle das lagartas desfolhadoras.

Em estudo realizado em laboratório, Viana et al. (2011) constataram que a cultivar Nuopal, que expressa a proteína Cry1Ac, apresentou baixo efeito nos parâmetros biológicos da falsa-medideira uma vez que 62% das lagartas sobreviveram e se transformaram em pupas normais. Segundo Sebastião et al. (2015) as lagartas de *S. cosmioides*, *S. eridania* e *S.*

frugiperda são tolerantes à proteína Cry1Ac e conseguem sobreviver mesmo submetidos a elevados níveis de concentração.

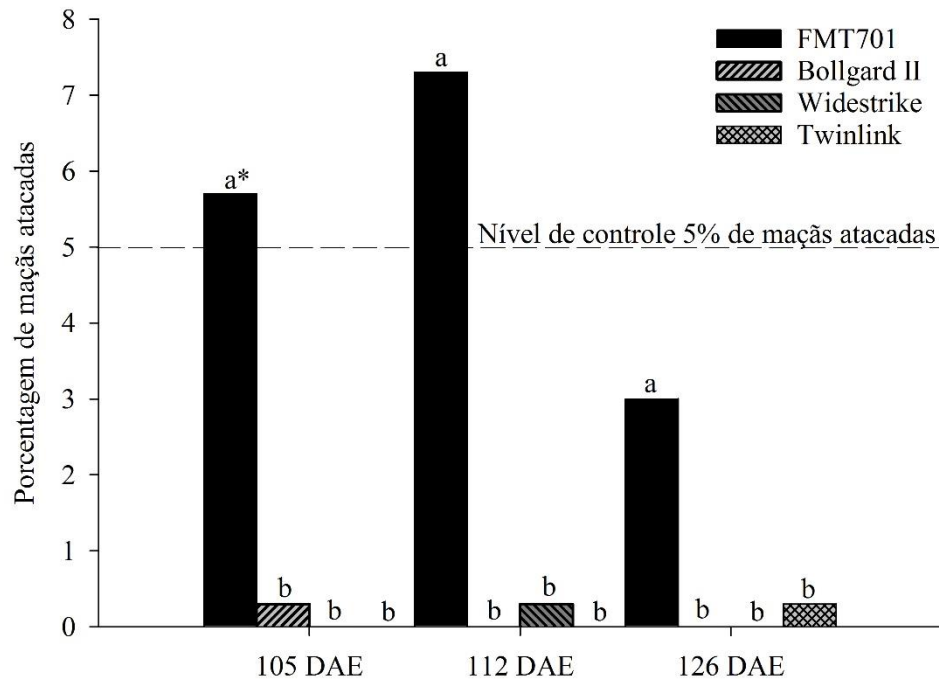
Assim, os eventos Bollgard II e Widestrike não atendem a estratégia de ataque múltiplo com duas proteínas tóxicas devido a atividade limitada de Cry1Ac, o que é preocupante, visto que o sistema produtivo brasileiro das grandes culturas como soja, milho e algodão Bt apresentam praticamente as mesmas proteínas e são cultivadas em sucessões de culturas e sobreposições, favorecendo a seleção de resistência destas pragas, já que as mesmas possuem elevada polifagia (SOGARTTO, 2013; ODERLEI et al., 2011).

4.5 LAGARTA-ROSADA – *Pectinophora gossypiella*

Nas avaliações realizadas em maçãs do algodoeiro, referentes à ocorrência de *P. gossypiella* (Figura 5), constatou-se que as cultivares que expressam proteínas inseticidas, não diferiram entre si e foram eficientes na proteção das plantas contra o ataque da lagarta-rosada, diferindo significativamente da cultivar não Bt (FMT701) que alcançou 7.3% de maçãs atacadas aos 112 DAE.

Resultados semelhantes foram descritos por Busoli; Parisi e Michelloto (2007) que avaliaram em condições de campo a ocorrência de bicudo-do-algodoeiro e lagarta-rosada em cultivares de algodão que expressam proteína Cry1Ac e cultivares de algodão convencional, constatando que o algodão que expressa proteína Cry1Ac teve menor ocorrência de lagarta-rosada.

Figura 5 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de maçãs com sintomas de ataque da lagarta *Pectinophora gossypiella* aos 105, 112 e 126 dias após emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.

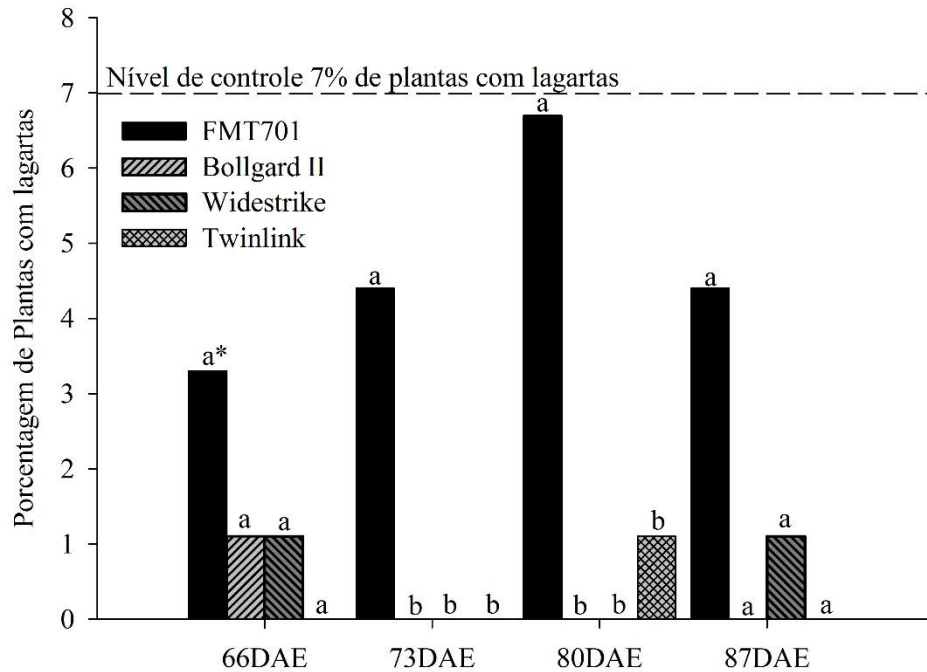


*Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

4.6 LAGARTA MILITAR - *Spodoptera frugiperda*

Quanto ao efeito das cultivares que expressam proteínas inseticidas na ocorrência de *S. frugiperda*, constatou-se que as mesmas afetaram negativamente a população da praga (Figura 6). Aos 73 e 80 DAE, as cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink não diferiram entre si. A cultivar não Bt (FMT 701) foi atacada pelas lagartas diferindo significativamente das cultivares Bt aos 73 e 80 DAE. As cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink interferem de forma negativa na sobrevivência e desenvolvimento de lagartas neonatas de *S. frugiperda*, quando comparadas a cultivar não Bt (SANTANA, 2016).

Figura 6 - Desempenho de cultivares de algodão transgênica (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Percentagem de plantas com lagarta de *Spodoptera frugiperda*, aos 66, 73, 80, e 87 dias após a emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.

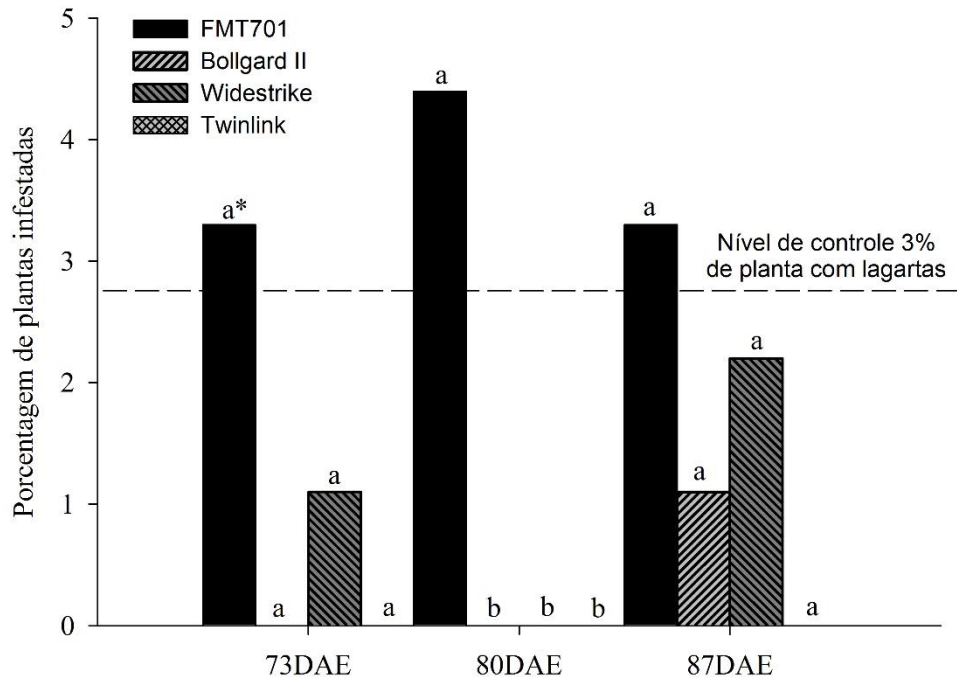


*Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).
Fonte: Dados do autor.

4.7 ARMIGERA – *H. armigera*

Nas avaliações referente ao efeito das cultivares Bt na ocorrência de *H. armigera*, constatou-se que as cultivares que expressam proteínas Bollgard II, Widestrike e Twinlink não diferiram significativamente entre si e proporcionaram proteção às plantas, diferindo significativamente da cultivar não Bt (FMT701) aos 80 dias após a emergência das plantas (Figura 7). Aos 87 DAE, constatou-se que entre as cultivares que expressam proteínas inseticidas a cultivar Widestrike foi que menos proporcionou proteção as plantas alcançando 2,2% de plantas infestadas com *H. armigera*, valor próximo ao nível de dano econômico. Segundo Santana (2016) em altas infestações de algumas pragas em campo como *H. armigera* e *S. frugiperda*, tem sido observada falha de controle efetivo de muitas variedades Bt no Brasil. Os dados do presente trabalho corroboram com os descritos por Thomazoni et al. (2013) que constaram a necessidade de realizar controle de *H. armigera* na cultivar Widestrike, em algumas regiões do oeste da Bahia e no sudeste de Mato Grosso.

Figura 7 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de plantas com lagartas de *Helicoverpa armigera*, aos 73, 80, e 87 dias após emergência das plantas (DAE). Selviria, MS. 2015.



*Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

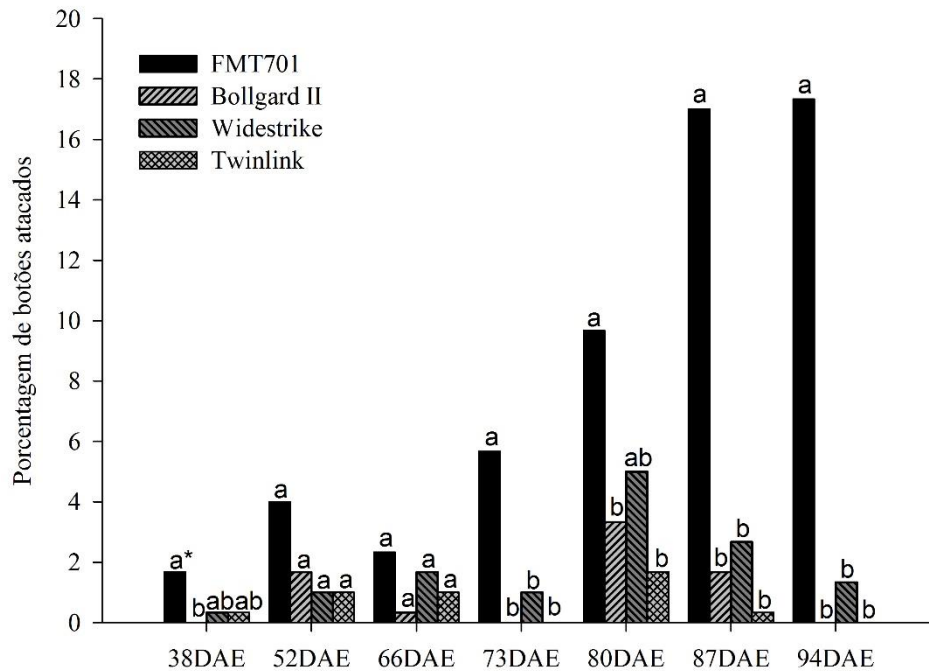
4.8 ATAQUE EM BOTÕES FLORAIS

Nas avaliações realizadas em botões florais referente aos danos provocados por *S. frugiperda* e *H. armigera*, constatou-se que as cultivares que expressam proteínas inseticidas proporcionaram proteção as plantas (Figura 8), diferindo significativamente da cultivar não Bt (FMT701) aos 38, 73, 80, 87 e 94 DAE.

Aos 80 DAE, à cultivar não Bt (FMT701) alcançou 9,7% de botões florais atacados, enquanto que nas cultivares Bt (Bollgard II, Widestrike e twinlink) a porcentagem de botões florais foi de 3,3, 5,0 e 1,6%, respectivamente. Entre as cultivares Bt, a Widestrike foi a que proporcionou menor proteção as plantas não diferindo significativamente da cultivar não Bt (FMT701). Este resultado pode ser explicado pelas constatações de ocorrência de resistência cruzada entre Cry1F e Cry1Ac, o desenvolvimento de resistência de *S. frugiperda* a proteína tóxica Cry1F na cultura do milho no Brasil e a baixa toxicidade da proteína Cry1Ac (FARIAS et al., 2014; HERNANDE-RODRÍGUES, 2013; SORGATTO; BERNARDI; OMOTO,

2015). Na china Liu et al. (2010) constatou a resistência da *H. armigera* à proteína Cry1Ac em algodão.

Figura 8 - Desempenho de cultivares de algodão transgênicas (Bt) e convencional em relação à ocorrência de pragas. Porcentagem de botões florais com sintomas de danos provocados por lagartas de *S. frugiperda* e *H. armigera* aos 38, 52, 66, 73, 80, 87 e 94 dias após a emergência das plantas (DAE). Selvíria, MS. 2015.

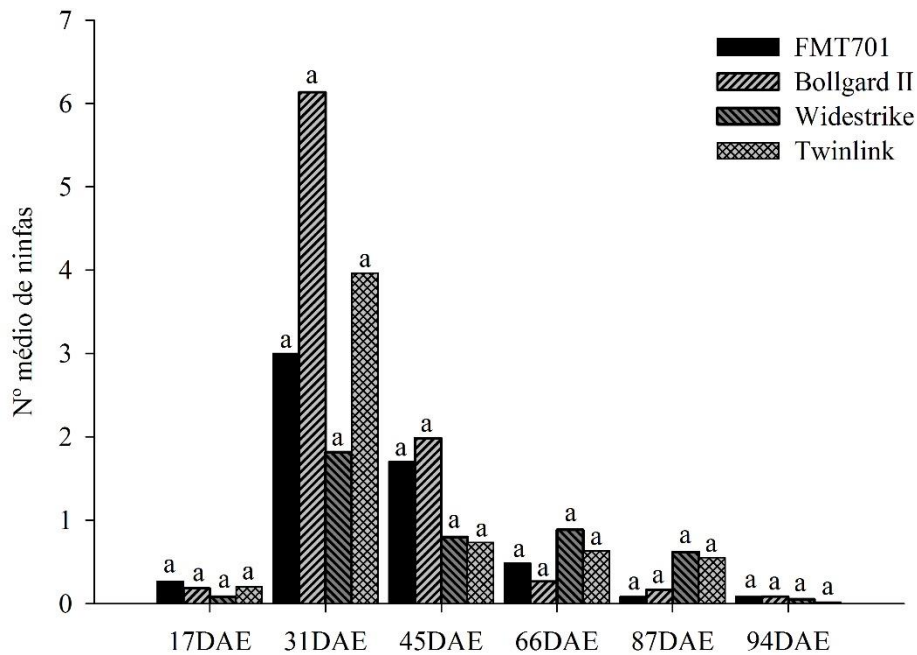


Nota: * Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).
Fonte: Dados do autor.

4.9 MOSCA-BRANCA - *Bemisia tabaci* – Biótipo B

Nas amostragens referentes ao número de ninfas de mosca-branca, *Bemisia tabaci*, constatou-se que os que os tratamentos não diferiram entre si (Figura 9). Os resultados corroboram com o trabalho realizado por Kodama e Degrande (2012) em casa de vegetação, onde a cultivar de algodão Bolgard I (Cry1Ac) não interferiu quanto ao número de ninfas *B. tabaci* quando comparado com o material isogênico não Bt. Pessoa e Busoli (2015) ao avaliar o desenvolvimento de ninfas de *B. tabaci* alimentadas com plantas das variedades Bolgard I (Cry1Ac) e WideStrike (Cry1Ac + Cry1F), constataram que o desenvolvimento das ninfas não foram afetadas pelas proteínas inseticidas expressadas pelas plantas.

Figura 9 - Número médio de ninfas de *Bemisia tabaci* por folha, aos 17, 31, 45, 66, 87 e 94 dias após a emergência da cultura (DAE). Selvíria, MS. 2015.

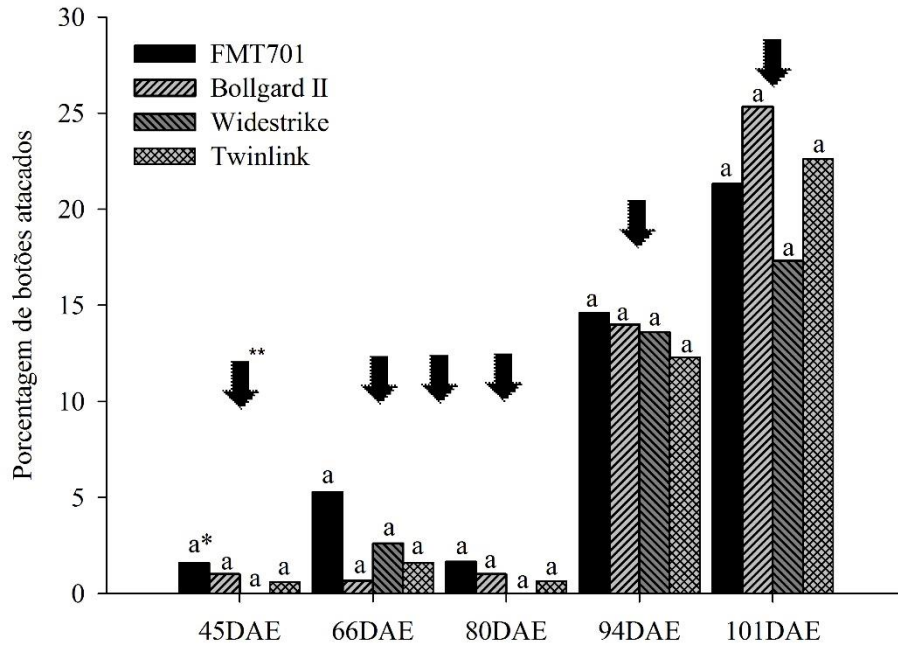


Nota: *Em cada avaliação, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);
Fonte: Dados do autor.

4.10 BICUDO-DO-ALGODOEIRO – *Anthonomus grandis*

Nas avaliações referentes ao ataque de bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis*, constatou-se que não houve diferença entre os tratamentos, sendo a intensidade de danos semelhantes entre as cultivares Bt e a cultivar não Bt (Figura 10). Foram realizadas aplicações de inseticidas para o controle do bicudo-do-algodoeiro aos 45, 66, 73, 80, 94 e 101 DAE. Os inseticidas aplicados proporcionaram controle satisfatório da praga, mantendo a porcentagem de botões florais danificados abaixo de 10% até os 80 DAE.

Figura 10 - Porcentagem de botões florais com oviposição e/ou alimentação de *Anthonomus grandis* por tramentos, aos 45, 66, 73, 80, 94 e 101 dias após a emergência das plantas (DAE). Selvíria, MS. 2015.



Notas: *Em cada data, médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%);

**As setas indicam a época das pulverizações com inseticidas;

Fonte: Dados do autor.

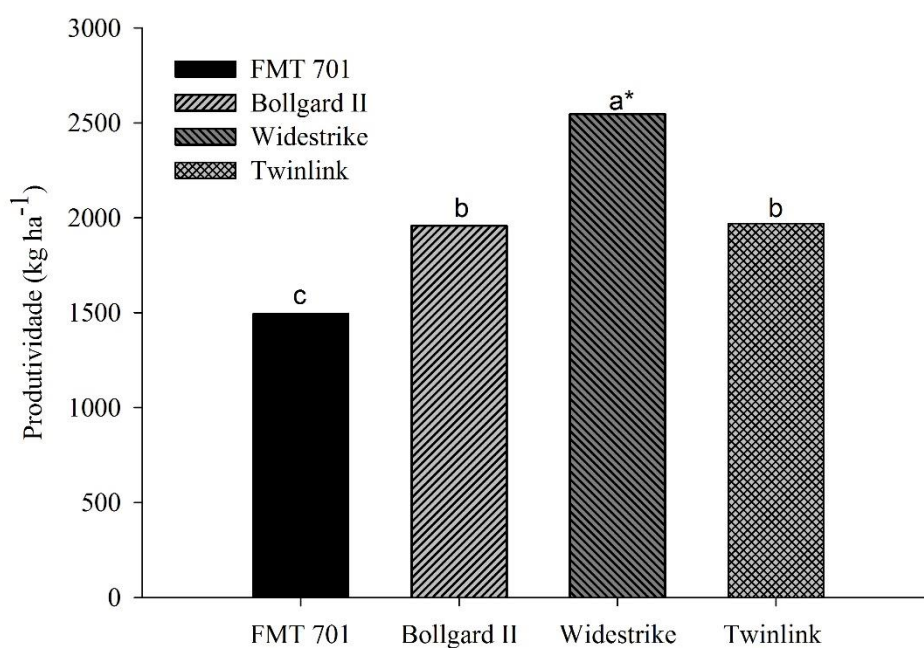
Segundo Busoli; Parisi e Michelotto (2007) não há diferença quanto ao número de formas imaturas de bicudo do algodoeiro entre cultivares algodão Bt e cultivares de algodão convencional. Também não foram observadas diferenças entre algodoeiro Nuopal expressa proteína Cry1Ac, e a cultivar não Bt DeltaOpal, quanto ao percentual de botões florais com danos causados pelo bicudo-do-algodoeiro (MILANE et al, 2008; GABRIEL et al, 2009) confirmando os resultados obtidos no presente trabalho que demonstram a necessidade de controle dessa praga nas cultivares transgênicas, da mesma forma que as cultivares convencionais. Assim, aderir ao controle coletivo de *A. grandis* independente da cultivar ser algodão Bt ou não Bt é uma medida necessária, pois com a redução efetiva da população do inseto, os riscos são minimizados e os produtores são beneficiados com as vantagens econômicas do algodão Bt, resistente às lagartas.

4.11 PRODUTIVIDADE

Na análise referente a produtividade de algodão, constatou-se que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 11). As cultivares Bollgard II,

Widestrike e Twinlink, que expressam proteínas inseticidas obtiveram produtividade superior à cultivar não Bt (FMT 701), com destaque para a cultivar Widestrike, que obteve maior produtividade diferindo significativamente das cultivares Bollgard II e Twinlink. A menor produtividade da cultivar não Bt FMT 701, pode estar ligada a intensa desfolha nas plantas e maior porcentagem de danos provocados em botões florais por lagartas. Estes dados concordam com os obtidos por Soria et al. (2014) que ao avaliarem a eficiência de controle de cultivares de algodão Bt em comercialização ou em fase inicial de lançamento comercial, sobre espécies de lepidópteros-pragas, constataram que a produtividade de todas as cultivares Bt, foram maior quando comparados à cultivares convencionais.

Figura 11 - Produtividade de cultivares de algodão Bt e convencional. Algodão em caroço (kg ha⁻¹). Selvíria, MS. 2015.



Nota: *Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Dados do autor.

4.12 RESULTADOS EM CASA DE VEGETAÇÃO - *Helicoverpa armigera*

Quanto a eficiência de cultivares de algodão Bt observada em casa de vegetação (Tabela 3), constatou-se que houve sobrevivência de *H. armigera*.

As cultivares que expressam proteínas inseticidas foram eficientes no controle de lagartas de *H. armigera*, diferindo estatisticamente da cultivar convencional, quanto ao número de ataques em botões florais e lagartas vivas. Wang e Li (1984) observaram que

lagartas de *H. armigera* podem se alimentar de folhas e caules, porém apresentam preferência por brotos, inflorescências, frutos e vagens. Segundo Santana (2016) a mortalidade de *H. armigera* em estruturas reprodutivas é superior 80%. Correlacionando os dados em campo e casa de vegetação, constatou-se que as cultivares Bollgard II, Widestrike e Twinlink foram eficientes no controle da lagarta. Segundo Azambuja et al. (2015) ocorre alta mortalidade de *H. armigera* em diferentes ínstares em variedade de soja que expressa proteína Cry1Ac. Os dados obtidos nas condições do presente trabalho são semelhantes.

Tabela 3 - Número de lagartas vivas *Helicoverpa armigera* e número médio de botões florais atacados cinco dias após infestação (DAI). Ilha Solteira, SP. 2015.

TRATAMENTOS	<i>Helicoverpa armigera</i>	
	Média de botões atacados 5 DAI	Lagartas vivas 5DAI
FMT 701	3,2 a*	12a
Bollgard II	0,94b	2b
Widestrike	1,12b	0b
Twinlink	0,88b	0b
C.V. (%)	27,81	31,29

Nota: *Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Dados do autor.

6 CONCLUSÃO

1. Cultivares de algodão Bt Bollgard II (Cry1Ac + Cry2Ab2), Widestrike (Cry1Ac + Cry1F) e Twinlink (Cry1Ab + Cry2Ae) foram eficientes na proteção de plantas contra o ataque de *Alabama argillacea*, *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera eridania*, *Pectinophora gossypiella* em condições de campo.
2. Cultivares de algodão Bt Bollgard II, Widestrike e Twinlink afetaram negativamente a população de *S. frugiperda* e *H. armigera*, porém a cultivar Widestrike não proporcionou alto desempenho na proteção de plantas contra o ataque destas espécies.
3. Cultivares de algodão Bt Bollgard II, Widestrike e Twinlink proporcionaram maior produtividade de algodão em caroço que a cultivar não Bt (FMT701), com destaque para a cultivar Widestrike que alcançou a maior produtividade.
4. Cultivares de algodão Bt Bollgard II, Widestrike e Twinlink foram eficientes na proteção as plantas contra o ataque de *H. armigera* em condições de casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, M.D. et al. 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**, Washington, v. 34, p. 339-344, 2000.
- AHMAD, M.; ARIF, M. I.; AHMAD, Z.; DENHOLM, I. Cotton whitefly (*Bemisia tabaci*) resistance to organophosphate and pyrethroid insecticides in Pakistan. **Pest Management Science**, Chichester, v. 58, n. 2, p. 203- 208, 2002.
- 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.113, 2011.
- ARMSTRONG, J. S.; ADAMCZYK, J. J.; JR.; GREENBERG, S. 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**, Lutz, v. 94, n. 2, p. 262-271, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA. **Números do algodão**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 17 ago. 2016.
- AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E.; SANTOS, R. O.; SOUZA, E. P.; GOMES, C. E. C. Effect of Bt Soybean on Larvae of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 7, n. 8, p. 90-94, 2015.
- AZEVEDO, L. A. S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. Jaboticabal: Unesp, 1998.114 p.
- BALLAMINUT, C. E. C.; CHIAVEGATO, E. J.; MOREIRA, M. S.; GOTTARDO, L. C.; BRANDÃO, G. Cultivares transgênicas (BOLLGARD I) e não transgênicas em relação ao ataque de lagarta desfolhadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO,6., 2007 Uberlândia, **Anais...** Uberlândia, 2007. p. 1-4. 1 CD-ROM.
- BALLAMINUT, C. E. C. **Seletividade da cultura do algodoeiro aos herbicidas diuron, clomazone, trifloxysulfuron-sodium e pirythiobac-sodium**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- BARROS, E. M.; NETTO, J. C. Oculto e abundante. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 191, p. 10-12, 2015.
- BARROSO, P. A. V.; HOFFMANN, L. V. Algodoeiros geneticamente modificados. In: FRIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. Cap. 4, p. 141-173.

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**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. v. 1. p. 179-204.

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.

BOTTON, M. et al. 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.

BUSOLI, A. C.; PEREIRA, F. F.; LOPEZ, V. A. G.; SOARES, J. J.; MELO, R. S.; ALMEIDA, C. A. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 101-104, 2004.

BUSOLI, A.C.; PARISI, H.A.M. & MICHELOTTO, M.D. Infestação de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e *Pectinophora gossypiella* Saunders, 1843 (Lepidoptera: Gelechiidae) na cultivar Nuopal (Bollgard I), comparada a cultivares comerciais de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2007. Uberlândia, **Anais...** Uberlândia, 2007. 1 CD-ROM.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVIAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n.1, p. 110-113, 2013.

CZEPAK, C, VIVIAN, L. M.; ALBERNAZ, K. C. Praga da vez. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 15, n. 167, p. 20-27, abr. 2013.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA - CTNBio. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Resumo geral de plantas geneticamente modificadas aprovadas para comercialização**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela+de+Plantas.pdf/e9d66306-bc49-4595-bd8a-805b727e7750?version=1.0>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA - CTNBio. **Parecer Técnico 1757/2009**: liberação comercial de algodão geneticamente modificado, resistente a insetos e tolerantes ao glufosinato de amônio, algodão widetrike, evento 281-24-236/3006-210-23 – Processo nº 01200.005322/2006-55. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/12526.html>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA - CTNBio. **Parecer Técnico 2795/2011**: liberação comercial de algodão geneticamente modificado, resistente a insetos e tolerantes ao glufosinato de amônio, algodão TwinLink®, Processo nº: 01200.002699/2010-39. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/15927.html>>. Acessado em: 13 de dez 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>. Brasília, DF, 2017. Acesso em: 02 de fev. de 2017.

CORRÊA, J. R. V. **Algodoeiro**: informações básicas para seu cultivo. Belém: EMBRAPA – UEPAE. 1989. 29 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FARIAS, J. R.; ANDOWB, D. A.; HORIKOSHIA, R. J.; SORGATTOA, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p.150-158, 2014.

FERNANDES, W. D. Atividade sexual circadiana de *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Científica e Cultural**, Campo Grande, v. 3, p. 21-25, 1988.

FREITAS, M. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; NOGUEIRA, L.; DI BELLO, M. M.; SOUZA, B. H. S.; EDUARDO, W. I. Mortalidade de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de algodão Bt e não-Bt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2015. p. 130-131.

FREITAS, M. M.; NOGUEIRA, L.; DI BELLO, M. M.; SOUZA, B. H. S.; OLIVEIRA, T. S.. Efeito de genótipos de algodão Bt e não-Bt no desenvolvimento de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2015. p. 107-108.

GABRIEL, D.; BLANCO, F. M. G.; MATIOLI, A. L. Avaliação de cultivares transgênicas de algodoeiro quanto aos danos e a reprodução de *Anthonomus grandis* Boh. 1843 (Coleoptera: Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2009. p. 462-468.

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.

HENDRIX, D.L.; WEI, Y. Detection and elimination of honeydew excreted by the sweetpotato whitefly feeding upon cotton. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION CONFERENCE, 12, 1992, Memphis. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1992. p. 671-673.

HORIKOSHI, RENATO J.; BERNARDI, DANIEL ; BERNARDI, ODERLEI ; MALAQUIAS, JOSÉ B. ; OKUMA, DANIELA M. ; MIRALDO, LEONARDO L. ; AMARAL, FERNANDO S. DE A. E ; OMOTO, CELSO . Effective dominance of resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize and cotton varieties: implications for resistance management. **Scientific Reports**, London, v. 6, p. 34864, 2016.

INSTITUTO MATO GROSSENSE DO ALGODÃO – IMAmt. **Pressão de mosca-branca no início da safra preocupa pesquisadores, produtores e técnicos.** Cuiabá, 2016.

Disponível em: <<http://imamt.com.br/home/noticia/1425>>. Acessado em: 11 de ago. 2016.

JACKSON, R. E.; MARCUS, M. A.; GOULD, F.; BRADLEY JUNIOR, J. R.; VAN DUYN, J. W. Cross-resistance responses of CryIac-selected *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to the *Bacillus thuringiensis* protein VIP3A. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 100, n. 1, p. 180-186. 2007.

KING, A.B.S. *Heliothis/Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae). In: MATTHEWS, G. A.; TUNSTALL, J. P. (Ed.). *Insect pests of cotton*. **CAB International**, Wallingford, p. 39-106, 1994.

KODAMA, E.; DEGRANDE, P. E. Não-preferência para oviposição e viabilidade de ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em algodão-Bt e em sua isolinha não-transgênica. **Interciência**. Santiago, v. 37, n. 5, p. 377-380, 2012.

LIU, F.; XU, Z.; ZHU, Y.C.; HUANG, F.; WANG, Y.; LI, H.; LI, H.; GAO, C.; ZHOU, W.; SHEN, J. Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac-expressing Bt cotton in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. **Pest Manag**, Fairfax, v. 66, p. 155-161, 2010.

NAUEN, R.; DENHOLM, I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. **Archives Insects Biochemical Physiology**, Hoboken, v. 58, n. 4, p. 200-215, 2005.

MARTINS, M. C.; KISCHEL, E.; FUMAGALLI, F.; SANTOS, G. B.; BRUGNERA, P.; TAMAI, M. A. Contra o bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 15., p. 27-29, 2014.

MATTHEWS, M. **Heliothine moths of Australia**: a guide to pest bollworms and related noctuid groups. Melbourne: CSIRO, 1999.

MATTANA, A.L.; FOERSTER, L.A. Ciclo de vida de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) em um novo hospedeiro, *Bracatinga* (*Mimosa scabrella* Benth) (Leguminosae). In: SOCIEDADE ENTOMOLÓGICA DO BRASIL, 17. **Anais...** Londrina, 1988. p. 173-183.

MILANE, P.; V. G. N.; CALDAS, F. M.; RIBEIRO, P. A.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S. Emergência do bicudo *Anthonomus grandis* em algodoeiro geneticamente modificado e convencional no cerrado de Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2008. 1 CD ROM.

MIRANDA, J. E.; SANTOS, J. B.; LUCENA, W. A.; PEDROSA, M. B.; ALENCAR, R. Nível de controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do algodoeiro do Oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador, 2005. p. 1-16.

MONNERAT, R. G.; BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 2000. v. 3. p. 163-200.

OMOTO, C.; ALVES, E. A. **Resistência de mosca-branca a inseticidas**. Mogi Mirim: IRAC-BR, 2016. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/2bed6c_6ad6b4a18c9b41a9994eaa55dced2aeb.pdf>. Acessado em: 09 de agos. 2016.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. Controle químico do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, Boheman (Coleoptera: Curculionidae). In: BELOT, J. B. (Org.). O Bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle.. 2. ed. Cuiabá, MT: IMAMT, 2015. p. 143-154.

PAPA, G.; CELOTO, F.J. Manejo de pragas. In: Aluizio Borém; Eleusio C. Freire. (Org.). **Algodão: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 217-249.

PAPA, G.; SILVA, R.; CELOTO, F. J.; ZANARDI JUNIOR, J. A. Exército nefasto. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 27, p. 32-35, 2016.

PESSOA, R.; BUSOLI, C. A. Efeito de cultivares de algodão bt nos parâmetros biológicos do parasitoide de mosca-branca encarsia desantisi (Hymenoptera: Aphelinidae). In: X CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2015.

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.

PRABHAKER, N.; CASTLE, S.; HENNEBERY, T. J.; TOSCANO, N. C. Assessment of cross-resistance potential to neonicotinoid insecticides in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 95, n. 1, p. 535-543, 2005.

QUINTELA, E.D. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2001. 28 p. (Circular Técnica).

RAMIRO, Z. A.; FARIA, 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.

RIBEIRO, Z. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; DI BELLO, M. M.; NOGUEIRA, L.; MORAES, R. F. O de. Parâmetros biológicos de *Helicoverpa armigera* (Hubner) alimentada com genótipos de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2015.

ROMANO, D. **Ocorrência de pragas na cultura do algodão transgênico (bt) e convencional cultivado no sistema adensado e não-adensado**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2012.

ROMANO, D.; PAPA, G..Ocorrência de pragas na cultura do algodão transgênico (bt) e convencional cultivado no sistema adensado e não-adensado. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 24, n. 4, p. 281-292, 2015.

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

SANTOS, R. L.; TORRES, J. B. Produção da proteína Cry1Ac em algodão transgênico e controle de lagartas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 509-517, 2010.

SANTOS, R. O dos.; DEGRANDE, P. E.; AZAMBUJA, R.; SOUZA, E. P de.; LEAL, M. F.. Biologia de fases imaturas de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro bt e não-bt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2015.

SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. Aparecida de Goiânia: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2011. 1082 p.

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.

SEBASTIÃO, I.; LEMES, A. R. N.; FIGUEIREDO, C. S.; POLANCZYK, R. A.; DESIDÉRIO, J. A.; LEMOS, M. V. F. Toxicidade e capacidade de ligação de proteínas Cry1 a receptores intestinais de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 11, p. 999-1005, 2015.

SILVA, F. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental. **African Journal of Agricultural Research**. Victoria Island, v. 11. n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVIE, P.; BÉLOT, J. L.; MICHEL, B. **Manual de identificação das pragas e seus danos no cultivo de algodão**. 2. ed. Cascavel: COODETEC/CIRAD-CA, 2007. 120 p.

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.

SILVA, A.G.D'A; GONSALVES, C.R.; GALVÃO, D.M. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores. Rio de Janeiro: [s. n.], 1968. 622 p.

SORGATTO, R. J.; BERNARDI, O.; OMOTO, C. Survival and development of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepdoptera:Noctuidae) on Bt cotton and implications for resistance management strategies in Brasil. **Environmental Entomology**, College Park, v. 44, n. 1, p. 186-192, 2015.

SORIA, M. F.; THOMAZONI, D.; BATISTA, B. B.; QUEIROZ, L. R.; VILELA, P.; BÉLOT, J. L.; GAUER, E.; DEGRANDE, P. E.. Controle de Heliothinae (*Helicoverpa armigera* e *Heliothis virescens*) e *Spodoptera eridania* por variedades Bt de algodoeiro (Bollgard, Bollgard II, Widestrike e TwinLink) cultivadas no Cerrado matogrossense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 25., 2014, **Anais...** Goiânia, 2014.

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

SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S. **Plantas hospedeiras do Bicudo-do-algodoeiro. In: Jean Louis Belot. (Org.). O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis BOH., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle.** Cuiabá: Instituto Mato-grossense do algodão - IMAmt, 2015. p. 61-78.

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).

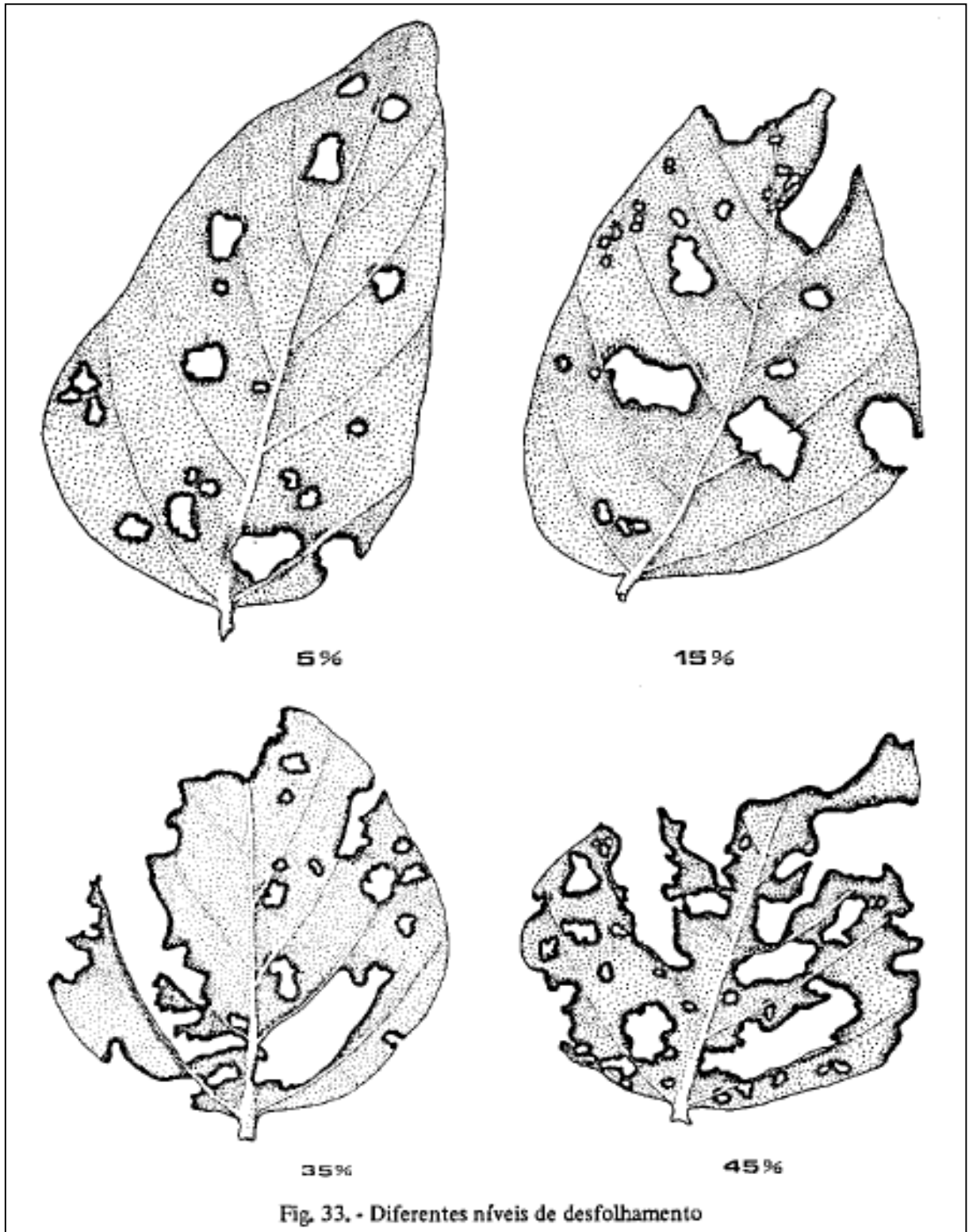
VIANA, D. de. L.; CROSARIOL NETTO, J.; AGUIRREGIL, O. J.; BUSOLI, A. C. Parâmetros biológicos da lagarta falsamedideira em cultivares de algodoeiro com as proteínas Cry1Ac e Cry1F. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira.**, Brasília, DF, v.49, n.7, p.569572, 2014.

VILLAS BÔAS, G.L.; FRANÇA, F.H.; MACEDO, N. Potencial biótico da mosca-branca *bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 71-79, 2002.

WANG, N. C.; LI, Z. H. Studies on the biology of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) and tobacco budworm (*Heliothis assulta* Quenee). **Journal of the Shandong Agricultural University**, Hyderabad, v. 1-2, n. 1, p. 13-25, 1984.

ANEXO

Figura A1 – Escala paramétrica adaptada proposta por Panizzi et al. (1977).



Fonte: Boletim técnico nº 1.

APÊNDICE

Figura A1 - Lagartas de segundo instar de *Helicoverpa armigera* infestadas no ponteiro do algodoeiro. Ilha Solteira, SP, 2016.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura A2 - Danos provocados por lagarta de *Helicoverpa armigera* em botão floral. Ilha Solteira, SP, 2016.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura A3 – Lagartas em copo dieta artificial. Ilha Solteira, SP, 2016.



Fonte: Elaboração do autor.