



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS SINTÉTICOS E
BOTÂNICO SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.**

Luis Gustavo Pereira Coelho de Oliveira

Brasília, DF
Julho de 2018
sinteti

LUIS GUSTAVO PEREIRA COELHO DE OLIVEIRA

**AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS SINTÉTICOS E
BOTÂNICO SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^a. Dr^a. **CRISTINA
SCHETINO BASTOS**

**Brasília, DF
Julho de 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Luis Gustavo Pereira Coelho.

“AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS SINTÉTICOS E BOTÂNICO SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO.”. Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília 2018. 29p.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. *Anthonomus grandis grandis*, *Gossypium hirsutum*, controle cultural, inseticidas, controle químico.

I. Bastos, C.S. II. Dra.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, L. G. P. C. “**Ação de contato e ingestão de inseticidas sintéticos e botânico sobre larvas e adultos do bicudo do algodoeiro.**” Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018. 29 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: LUIS GUSTAVO PEREIRA COELHO DE OLIVEIRA

Título da Monografia de Conclusão de Curso: AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS BOTÂNICOS E SINTÉTICOS SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO-DO-ALGODOEIRO. Grau: 3º Ano: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Luis Gustavo Pereira Coelho de Oliveira

CPF: 038.716.361-18

CLN 411 bloco A Apartamento 205

CEP: 70.866-510 Brasília, DF. Brasil

(61) 99251-8210/ e-mail: luisgustavo1@hotmail.com

**AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS SINTÉTICOS E
BOTÂNICO SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO DO ALGODOEIRO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr^a. CRISTINA
SCHETINO BASTOS

BANCA EXAMINADORA:

Cristina Schetino Bastos

Doutora, Universidade de Brasília - UnB

Orientadora / e-mail: cschetino@unb.br

Carlos Eduardo Almeida Luz

Mestre, Universidade Federal de Viçosa – UFV

carlosealuz@gmail.com

Fábio Akiyoshi Suinaga

Doutor, Embrapa Hortaliças

fabio.suinaga@embrapa.br

Dedico primeiramente a Deus, por ter me dado o dom da vida e ter permitido chegar até onde cheguei, aos meus pais, por terem sempre me apoiado e incentivado e a toda a minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de mais uma vez agradecer a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades a mim concedidas durante minha caminhada.

À minha família que nunca desistiu de mim, e mesmo com todos os problemas que enfrentei, continuou me apoiando para chegar até aqui e realizar esse sonho.

Aos meus avós que sempre acreditaram em mim e esperaram por esse momento, mas infelizmente não puderam se fazer presentes fisicamente, apesar de eu ter certeza que, de onde estiverem, estão muito felizes por minha conquista.

À professora Cristina, por toda paciência durante todo esse tempo, pelos ensinamentos, que foram muitos, pelos puxões de orelha e pelas broncas, que me ajudaram sempre de maneira positiva no meu crescimento tanto profissional como pessoal.

À toda equipe do Laboratório de Proteção de Plantas, pela amizade, pelas brincadeiras, pela aprendizagem coletiva, pelas confraternizações, pelos momentos difíceis, pelas brigas e por todo esse tempo que pudemos compartilhar e que foi de grande importância tanto para a conclusão desse trabalho, quanto de tantos outros que desenvolvemos juntos.

Aos funcionários da Universidade de Brasília-UnB principalmente aos professores pelo conhecimento compartilhado. Ao Fábio Cavalcante, técnico do laboratório de Proteção de Plantas, por toda disposição que sempre demonstrou em nos ajudar, pelos conselhos, brincadeiras e pelo esclarecimento das dúvidas, sempre numerosas. À Fazenda Água Limpa-FAL, onde pude realizar parte do experimento, em especial ao Israel por toda ajuda e atenção com todos.

A minha namorada Larissa e a todos os meus amigos, principalmente a Mayara, João Victor, Letícia, Ianne, Wesley e Patrícia que estiveram ao meu lado e que em inúmeras ocasiões me ajudaram de alguma maneira, esclarecendo dúvidas, ajudando nas pesquisas bibliográficas, nas avaliações do experimento e também por tudo que compartilhamos durante este período em que estive na faculdade.

OLIVEIRA, LUIS GUSTAVO PEREIRA COELHO. **Ação de contato e ingestão de inseticidas sintéticos e botânico sobre larvas e adultos do bicudo-do-algodoeiro.** 2018. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

O *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), conhecido como bicudo-do-algodoeiro, é considerado praga-chave do algodoeiro em virtude da frequência com que infesta os cultivos de algodão, aliado ao fato de só se reproduzir nessa planta. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de controle de alguns inseticidas sintéticos e botânico sobre diferentes estágios do bicudo-do-algodoeiro. Para tal, botões caídos no solo cultivado com a cultivar BRS 293 e apresentando sinais de oviposição foram coletados e usados nos ensaios, ou armazenados até a emergência de adultos que foram utilizados na experimentação. Em ambos os casos, os tratamentos foram representados por: um inseticida botânico - Azamax® (Azadiractin A/B 12 g/L, DVA Ltda.), cinco inseticidas sintéticos - Termiex 2,5 CE® (Fipronil 2,5 g/L, Tecnocell Agroflorestal Ltda), Tiger 100 EC® (Piriproxifen 100 g/L, Sumitomo Chemical Company Ltd), Lannate BR® (Metomil 215 g/L, Dupont do Brasil S/A), Keshet 25 EC® (Deltametrina 25 g/L, Adama Brasil S/A), Actara 250 WG® (Tiametoxam 250 g/Kg, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) e água como testemunha, sendo utilizadas as concentrações de 0,4, 0,1, 0,37, 0,025, 0,1 e 0,4 mL de produto comercial (PC) e 1 g de PC, respectivamente, por 40 mL de água destilada e o mesmo volume de água empregado para o preparo das soluções na testemunha. Os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A ação dos tratamentos sobre a praga desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas foi avaliada aos 7, 14 e 21 dias, através da emergência de adultos, sendo que na última avaliação, as estruturas foram abertas para avaliação da presença de larvas pupas ou até mesmo adultos no interior dos botões. No caso do ensaio com adultos foi realizada aplicação tópica das soluções sobre os mesmos, sendo a mortalidade avaliada após 24 h. Os inseticidas mais eficientes para o controle do bicudo-do-algodoeiro infestando o interior das estruturas reprodutivas são o fipronil e o tiametoxam, enquanto o menos eficiente é a deltametrina. Todavia, todos os inseticidas testados proporcionam ação de controle satisfatória sobre os adultos do inseto.

Palavras-chave: *Anthonomus grandis grandis*, controle químico, *Gossypium hirsutum*.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
2.1 Objetivos específicos:	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. O algodoeiro: classificação, origem, botânica e importância econômica.	4
3.2. Bicudo do algodoeiro: histórico, aspecto biológico, prejuízo	7
3.3. Medidas de controle	9
3.3.1. Controle Químico	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Ação dos inseticidas sobre <i>A. grandis grandis</i> desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas	12
4.2 Ação tópica dos inseticidas sobre os adultos de <i>A. grandis grandis</i>	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.1 Ação dos inseticidas sobre <i>A. grandis grandis</i> desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas	14
5.2 Ação tópica dos inseticidas sobre os adultos de <i>A. grandis grandis</i>	17
6. CONCLUSÃO	19
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

O algodão tem sido utilizado por muitas gerações e alguns estudos arqueológicos indicam que a utilização por humana data de mais de 4.000 anos, com relatos de cultivo por pelo menos 3.000 anos (LEE & FANG, 2015). Existem quatro espécies de algodão cultivadas, e dentre elas, *Gossypium arboreum* L. e *Gossypium herbaceum* L. (Malvaceae) são espécies diplóides e *Gossypium barbadense* L. e *Gossypium hirsutum* L. são alotrétaploides (FREIRE, 2000). Dentre essas espécies, as mais cultivadas são *G. hirsutum* e *G. barbadense*. Alguns relatos consideram a existência de um ancestral comum a ambas as espécies, cuja origem provável é o Continente Africano, que posteriormente foi classificado como *Gossypium herbaceum* subsp. *Africanum* (Watt), (BELTRÃO & ARAÚJO, 2004).

Atualmente, 50% da produção têxtil é abastecida pelo algodão, sendo a cultura uma das principais *commodities* mundiais e importante fonte de fibra natural, que é o produto final mais importante e mais utilizado (SANTOS; KOURY; SANTOS, 2008).

A cultura é cultivada em mais de 100 países do mundo e cerca de 2,5% de toda a terra arável é ocupada com o algodão, sendo um dos principais cultivos utilizados em rotação com o cultivo de grãos e soja. Em termos do volume e do valor exportado e importado é uma das mercadorias mais importantes no cenário mundial (VALDERRAMA, 2018). Na conjuntura atual, o Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de produção de algodão, ficando atrás da Índia, China e dos Estados Unidos (ABRAPA, 2018).

O cultivo de algodão no Brasil vem passando por muitos problemas devido aos elevados custos de produção, baixa oferta de mão-de-obra e dos custos fitossanitários, o que fez que alguns produtores deixassem de produzir essa cultura e buscassem outras culturas com menor custo de produção e que utilizassem maior mecanização e menor mão-de-obra, de tal forma a facilitar o cultivo (ZANCHET, 2005). O custo de produção de um hectare de algodão na região do Centro-Oeste está estimado em R\$ 8.200,00 a R\$ 9.600,00. Deste montante, cerca de 14% são gastos com fertilizantes e 36% com pesticidas em geral (IMEA, 2018).

Grande parte do recurso gasto com o controle de pragas é dispendido com o controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). A praga teve sua nomenclatura alterada recentemente em decorrência de uma análise da sequência de nucleotídeos de um segmento da subunidade I da

citocromo c oxidase mitocondrial (COI) de populações de *A. grandis* coletadas em hospedeiros selvagens e cultivados no México e nos Estados Unidos. Assim, esses dados, associados ao isolamento reprodutivo das diferentes populações, apresentaram provas suficientes para que o nome subespecífico fosse adotado novamente com a denominação de *A. grandis thurberiae* Pierce e *A. grandis grandis* para descrever as linhagens ocidental e oriental da praga, respectivamente (ALVARADO et al., 2017).

Esta praga, cujo relato de introdução no Brasil se deu em 1983, no estado de São Paulo, tem sido destacada como o maior desafio ao cultivo do algodoeiro devido à natureza dos danos causados à cultura e pelo difícil controle (MIRANDA & RODRIGUES, 2015). A maior parte dos prejuízos ocorre nas estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs), principalmente pela sua alimentação/oviposição, resultando em perdas devido à grande taxa de abortamento das estruturas atacadas (BASTOS et al., 2005). O inseto também é capaz de se alimentar da planta em fase vegetativa (SHOWLER, 2004), porém quando a planta está na fase de desenvolvimento reprodutivo, ela se torna mais suscetível ao ataque, estando essa fase compreendida dos 50 aos 90 dias após o plantio (SILVIE et al., 2001).

A natureza da injúria provocada por este inseto faz com que ele fique protegido da ação de inseticidas botânicos, sintéticos ou biológicos (NEVES et al., 2014) o que faz com que o controle curativo seja pouco efetivo e acabe sendo mais difícil de ser implementado na cultura.

Entre as medidas de controle do bicudo tem-se o controle cultural, o controle químico, o controle biológico, o controle legislativo e o controle comportamental.

O controle biológico do bicudo ainda é pouco propagado. Esse controle pode ser feito por inimigos naturais existentes na região, sendo conhecidas 13 espécies de parasitóides e 10 espécies de predadores no Brasil, além de patógenos (RAMALHO & MALAQUIAS, 2015). Os agentes de que atuam no controle biológico natural do bicudo mais frequentes no agroecossistema algodoeiro são os parasitoides *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Bracon vulgaris* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). Os fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) (Hypocreales: Clavicipitaceae) possuem formulação comercial disponível e, por essa razão, apresentam grande potencial de uso no controle do bicudo (NUSSENBAUM & LECUONA, 2012; ALVES et al., 2014; ALVES et al., 2015).

Medidas de controle legislativo incluem a obrigatoriedade de destruição de soqueiras em alguns estados produtores e adoção do vazio sanitário (BIANCHINI, 2004).

O controle comportamental compreende a utilização de feromônios sintéticos associados à armadilhas (accountrap) para monitoramento e coleta massal de fêmeas ou sua associação com tubos com coloração atrativa e cola adesiva, impregnados ou não com inseticidas (ARMSTRONG & GREENBERG, 2008; SUH et al., 2009)

Apesar de várias medidas estarem disponíveis para o convívio com essa praga, a principal forma de controle do inseto ainda é o controle químico, sendo realizadas de 17-23 pulverizações apenas para o seu controle durante o ciclo de desenvolvimento do algodoeiro (BELOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

O uso frequente, exclusivo e pouco diversificado de inseticidas além de reduzir a ação de outros agentes de controle, a exemplo dos inimigos naturais, também pode reduzir a eficiência de controle dos produtos usados para este fim. Desta forma, pesquisas que avaliem a eficiência de moléculas pertencentes a outros grupos químicos, possuidoras de modos de ação distintos dos inseticidas já usados, que sejam mais seletivas à praga e mais eficientes no seu controle, podem aumentar a efetividade do controle (SANTOS et al. 2002; FONSECA et al., 2011).

Atualmente, existem 97 produtos registrados para controle do bicudo-do-algodoeiro no Brasil, incluindo inseticidas sintéticos do grupo dos piretróides, organofosforados, neonicotinóides, carbamatos, pirazóis, inorgânicos precursores da fosfina, éter difenílico e misturas, predominantemente, de piretróides com fosforados, carbamatos ou neonicotinóides (BRASIL, 2018a). Apesar do elevado número de produtos registrados, o predomínio de uso é de moléculas pertencentes ao mesmo grupo químico ou que apresentem o mesmo modo de ação, dificultando a adoção de medidas empregadas para o manejo de resistência (CROSARIOL NETTO; ROLIM; ARRUDA; 2017).

Alguns inseticidas sintéticos, a exemplo dos neonicotinóides, são reconhecidos por possuírem ação sistêmica e, portanto, apresentam potencial de controle do inseto infestando o interior das estruturas reprodutivas (FONSECA et al., 2011). Inseticidas sintéticos, pertencentes ao grupo dos pirazóis, por sua vez, possuem o mesmo modo de ação de inseticidas previamente usados para o controle do bicudo-do-algodoeiro, tais como o endossulfan. Esse inseticida foi retirado do mercado em 2013, devido a sua ação tóxica para cobaias, seu potencial mutagênico em células de bactérias, sua persistência

moderada no ambiente (meia vida de 50 dias no solo), dentre outras razões (EXTOXNET, 1996). Desta forma, os grupos químicos de inseticidas disponíveis para o manejo da praga foram restringidos ainda mais.

Por sua vez, inseticidas botânicos à base de azadiractina estão disponíveis no mercado brasileiro para o controle de alguns artrópodes-praga que infestam a parte aérea de culturas perenes e semi-perenes tais como o café, citros e a cana-de-açúcar e uma ampla gama de espécies olerícolas (BRASIL, 2018a). Estas formulações, portanto, possuem potencial de uso no controle do bicudo-do-algodoeiro por apresentarem baixa toxicidade a mamíferos (ARAÚJO et al, 2015).

2. OBJETIVO

Avaliar a eficiência de diferentes inseticidas sintéticos e botânicos sobre o bicudo-do-algodoeiro.

2.1 Objetivos específicos:

- 1) Avaliar a ação de controle de diferentes inseticidas sobre o bicudo-do-algodoeiro infestando o interior de estruturas reprodutivas.
- 2) Avaliar a ação de controle de diferentes inseticidas sobre adultos do bicudo-do-algodoeiro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O algodoeiro: classificação, origem, botânica e importância econômica.

Existem aproximadamente pouco mais de 50 espécies de algodoeiro do gênero *Gossypium*, porém apenas quatro são cultivadas e domesticadas, sendo a espécie *G. hirsutum* responsável por mais de 90% da produção mundial de fibras (LEE, 1984). As demais espécies produtoras de fibra compreendem *G. barbadense*, *G. herbaceum* e *G. arboreum* (PENNA, 2005; ZHANG, 2008).

As espécies *G. hirsutum* e *G. barbadense* apresentam ancestral comum (posteriormente denominado *G. herbaceum africanum*) e origem no continente

Africano. Há relatos de que a domesticação do algodão tenha ocorrido há mais de 4.000 anos no sul da Arábia (BELTRÃO & ARAÚJO, 2004).

A planta do algodoeiro herbáceo (*G. hirsutum*) é uma espécie vegetal que pertence à família Malvaceae, ordem Malvales e tribo Gossypiae (SMITH, 1995). Esta espécie é também conhecida como algodão de terras altas e é a mais cultivada no mundo, respondendo por quase 90% da produção mundial de algodão. Outra espécie importante do gênero é o *G. barbadense*, conhecido como algodão crioulo, algodão de fibra extralonga, algodão egípcio ou algodão indiano (LEE, 1984).

O nome comum do algodão vem do arábico ‘cotton’, de onde saíram os vocábulos ‘cotton’ e outros. Este nome é utilizado principalmente para se referir às espécies que produzem a fibra (linter) de suas sementes (LEE, 1984).

Harland (1932) fez um estudo comparativo da citologia de dois híbridos de algodoeiro, de procedência asiática e do Novo Mundo e observou que enquanto apenas um desses híbridos era fértil contendo $2n=3x=39$, o outro híbrido era estéril e apresentava $2n = 52$. Estudos feitos por Skovsted (1937) demonstraram que espécies alotetraploides continham 26 cromossomos grandes e 26 pequenos e que as espécies cultivadas no Velho Mundo eram todas diploides e continham 26 cromossomos grandes, enquanto as espécies silvestres cultivadas no Novo Mundo continham 26 cromossomos pequenos. Partindo dos resultados desses estudos, outros dois pesquisadores Beasley (1940) e Harland (1940) de forma individual, sintetizaram anfídiploides e chegaram a conclusões de que os alotetraplóides do Novo Mundo, poderiam ter se originado de diferentes espécies diploides que, por sua vez, teriam origem em diferentes continentes.

O desenvolvimento fenológico do algodoeiro ocorre em várias etapas, incluindo o crescimento vegetativo e o aparecimento das gemas reprodutivas. O florescimento, crescimento e maturação dos frutos ocorrem de maneira simultânea (ROSOLEM, 2007). Os ramos do algodoeiro são classificados como vegetativos (monopodiais) e reprodutivos (simpodiais). Os vegetativos têm hábito de crescimento ereto, como o caule, pois possuem apenas um meristema. Já os ramos reprodutivos possuem vários meristemas, apresentando crescimento em ‘zig-zag’. Os ramos reprodutivos geralmente surgem no 5º ou 6º nó a partir da base da planta (RITCHIE et al., 2007).

Cerca de quatro a cinco semanas após o plantio começam a aparecer as primeiras estruturas reprodutivas, pela presença de brácteas que formam uma pirâmide que as recobre. O algodão possui flores perfeitas (órgãos masculinos e femininos) e grandes (5-

9 cm), que começam a surgir a partir do 21º dia após a emissão do primeiro botão floral. No dia da antese, as flores apresentam coloração branca e após a polinização, que ocorre algumas horas após a antese, a cor mudará para um tom rosáceo (RITCHIE et al., 2007).

Dentre os produtos que compõe a planta de algodoeiro e que apresentam destinação comercial tem-se: as sementes (52% da composição das plantas), o óleo (15%), as fibras (3%), os tegumentos (revestimento externo – 42%) e as fibras (cerca de 40%) (AMIPA, 2018).

A semente é largamente utilizada na suplementação animal, produção de óleos empregados para alimentação humana. Nos processos que dizem respeito à extração de óleos são obtidos alguns subprodutos primários como o línter, a casca e as amêndoas; já os produtos secundários incluem a farinha integral, óleo bruto, torta e farelo que também são utilizados na alimentação animal. A fibra do algodão é matéria-prima para aplicações médicas e industriais diversas como a moveleira, a automobilística e, principalmente, a têxtil, que é uma das principais consumidoras, absorvendo cerca de 60% da produção mundial. Dentre as características tecnológicas da fibra mais exploradas na comercialização e destinação ao mercado consumidor estão o comprimento, o tipo, a finura e a maturidade, além da resistência e o alongamento que definem seu valor comercial (AMIPA, 2018)

Em termos de conjuntura socioeconômica, dados da Abrapa (2018) demonstram que na safra 2017/2018 o ranking de produção mundial de algodão está estruturado da seguinte forma: Índia (37,46%), Estados Unidos (12,34%), China (10,27%), Paquistão (8,98%), Uzbequistão (4,02%) e Brasil (3,12%), com esses seis países respondendo por quase 70% da produção mundial. No Brasil os estados maiores produtores são Mato Grosso (65,1%), Bahia (23,86%), Mato Grosso do Sul (2,78%), Goiás (2,71 %), Maranhão (1,90%) e Minas Gerais (1,87%), e no Distrito Federal não se tem dados de produção de algodão, sendo os estados mencionados responsáveis por quase 97% da produção total de pluma no país (ABRAPA, 2018).

A produção nacional de algodão na safra 2017/2018 apresentou um incremento de 28,1% o que resultou em um aumento do preço médio internamente em 23,7%. Estes fatos, conjuntamente, resultaram em um aumento de 58,5% na receita bruta dos produtores na safra atual em comparação à safra passada (BRASIL, 2018b).

Apesar do grande potencial para exploração comercial da cultura no Brasil, o custo de produção da cultura está estimado em cerca de R\$ 8.500,00 a 9.800,00 por hectare na região do Centro-Oeste. Deste montante, 3.435,00 reais (37%) são gastos

com aquisição e aplicação de pesticidas, o que representa um montante significativo. Desta forma, alternativas àqueles que representam os principais problemas fitossanitários da cultura devem ser buscadas (IMEA, 2018).

3.2. Bicudo do algodoeiro: histórico, aspecto biológico, prejuízo

Dentre as espécies de maior relevância como praga do algodoeiro tem-se o bicudo-do-algodoeiro *A. grandis grandis*. Existem relatos de que a espécie tenha se originado no México de onde se distribuiu para a região Sul e Norte dos Estados Unidos (CONFALONIERI; SCATAGLINI; LANTERI, 2000) e que posteriormente tenha se disseminado para a Venezuela e Colômbia, por volta de 1950 (TOMQUELSKI & MARTINS, 2008). Diferentes relatos, descrevem sua primeira ocorrência no Brasil em 1983 (AZAMBUJA & DEGRANDE, 2014), em um cultivo de algodão localizado em Campinas, São Paulo, próximo ao aeroporto de Viracopos (DEGRANDE; CARVALHO; BREDA, 2004).

Após a sua introdução, a praga se disseminou rapidamente pelo país devido às boas condições climáticas e ao monocultivo, tornando-se um dos principais problemas da cultura nas regiões onde existiam cultivos (PAULA et al., 2013).

No primeiro relato de sua ocorrência, houve descrição de 90% de plantas infestadas e danos às estruturas reprodutivas. Simultaneamente à detecção das primeiras infestações, foram adotadas medidas de controle para evitar a disseminação da espécie para outras regiões. Essas medidas foram ineficazes e apenas quatro meses após a constatação do inseto em São Paulo, sua ocorrência foi confirmada em Pernambuco e na Paraíba (MIRANDA & RODRIGUES, 2015).

O besouro do bicudo-do-algodoeiro é um inseto da ordem Coleoptera, família Curculionidae. O inseto apresenta metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. O adulto mede aproximadamente entre quatro a nove milímetros, apresenta coloração castanho escura quando jovem e cinza quando se torna um pouco mais velho (BLEICHER et al., 1981). Sua cabeça tem um formato alongado para frente, com um rostro prolongado, fino e recurvado (GONDIM et al., 1999; SILVIE et al., 2001). Segundo Busoli et al. (2004) podem ocorrer variações no tamanho do inseto devido a diversos fatores, sendo um dos principais a disponibilidade de alimento na fase larval. Seus ovos possuem formato elíptico e coloração branco brilhante medindo aproximadamente 0,8 mm de comprimento por 0,5 mm de largura (DEGRANDE, 1998). As larvas são ápodas e tem coloração branca, apresentam a cabeça com uma cor marrom-clara, comprimento entre 5 a 10 mm e formato de C (LEIGH; ROACH;

WATSON, 1996). A pupa tem coloração branca e seu comprimento pode ser variável entre 6,7-7,4 mm (JEGER et al., 2017).

De acordo com Ramalho & Jesus (1987), a fêmea do bicudo-do-algodoeiro deposita seus ovos nas estruturas reprodutivas da planta com tamanho médio entre 3 e 6 mm de diâmetro (botões, flores e maçãs) e localizados no terço superior das plantas. Quando se alimentam de maçãs, o bicudo tem preferência por aquelas que apresentem até dois dias de idade havendo redução significativa no número de orifícios quando comparadas com maçãs de 8 e 12 dias (BUSOLI et al., 2004).

As larvas, ao emergirem, se desenvolvem dentro das estruturas que utilizam como forma de proteção e alimento até completarem seu desenvolvimento e se tornarem adultos. Quando não houver estruturas reprodutivas disponíveis para alimentação, o bicudo pode se alimentar de folhas jovens, pecíolo e até da parte terminal do caule (DEGRANDE, 1998).

Mesmo depois que o botão caia da planta, a larva continua se desenvolvendo em seu interior por um período de 10-11 dias até que o adulto venha a emergir (BARBOSA; LUKEFAHR; BRAGA SOBRINHO, 1986).

O período de incubação dos ovos é de 3-5 dias, o estágio larval tem duração aproximada de 7 a 12 dias, o pupal de 3 a 5 dias e os adultos vivem em torno de 20 a 40 dias (JEGER et al., 2017).

Logo após a emergência, as fêmeas se alimentam por 5 a 6 dias até iniciarem sua postura (GRAVENA, 2001), podendo ocorrer até 7 posturas durante o ciclo de desenvolvimento do algodoeiro (ZUCCHI; SILVEIRA NETO; NAKANO, 1993). A capacidade de oviposição das fêmeas diminui mediante o avançar do ciclo de desenvolvimento fenológico das plantas, sendo drasticamente reduzida ao final da safra, perto da época de colheita, quando a fêmea chega a colocar somente um ovo a cada dois dias (GRAVENA, 2001).

O bicudo é capaz de buscar plantas hospedeiras ou áreas de refúgio em grandes distancias que podem chegar a 740 km, mesmo que em baixa frequência (KIM & SAPPINGTON, 2013), sendo mais observada a dispersão em distâncias de até 272 Km (GUERRA, 1988).

Na atual região onde o Brasil está localizado, nos trópicos e subtropicais, as populações migrantes de *A. grandis grandis*, no final da safra do algodão, podem permanecer ativas e se alimentaram de outras plantas de variadas famílias botânicas incluindo Poaceae, Smilacaceae, Asteraceae, Fabaceae, Clusiaceae, Chenopodiaceae,

Compositae, Solanaceae, Euphorbiaceae e Leguminosae (CUADRADO, 2002; RIBEIRO et al., 2010), além de espécies da família Malvaceae (*Cienfuegosia spp.*, *Thespesia sp.*, *Hibiscus spp.*, *Abelmoschus sp.* (GONDIM et al., 1999) e do endocarpo de frutas cítricas (*Citrus sinensis* L. Osbeck e *Citrus paradisi* Macfad) e de cactáceas (*Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex. Engel) (SHOWLER & ABRIGO, 2007).

3.3. Medidas de controle

O manejo do bicudo-do-algodoeiro inclui medidas de caráter preventivo e curativo, que são adotadas antes, durante e após o cultivo. Desta forma, compreendem medidas de controle cultural, comportamental, legislativo, biológico e químico.

Muitas medidas de controle cultural são adotadas em conjunto com outras medidas nos planos estratégicos de controle da praga nos principais estados produtores. Dentre essas medidas, tem-se o plantio concentrado (30-40 dias), uso de cultivares recomendadas para a região e de ciclo curto, uso de plantios menos adensados e eliminação de tigueras (LIMA JR. et al., 2013).

Em relação aos agentes de controle biológico do bicudo-do-algodoeiro, alguns parasitoides como *C. grandis* Burks e *B. vulgaris* são enumerados como inimigos naturais que parasitam as larvas do bicudo-do-algodoeiro em condições naturais, além das formigas lava-pé (*Solenopsis* spp. Westwood Hymenoptera: Formicidae) e vespas como *Polistes* sp. (Hymenoptera: Vespidae) que são espécies predadoras e se alimentam das larvas do bicudo (SILVIE et al., 2001) e da tesourinha, *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Carcinophoridae) que se alimentam de larvas e pupas de *A. grandis grandis* (RAMALHO; LEMOS; ZANUNCIO, 2014).

Outros agentes de controle biológico promissores são os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* com grande potencial para uso no controle, por possuírem produto comercial já disponível no mercado (NUSSENBAUM & LECUONA, 2012; ALVES et al., 2014; ALVES et al., 2015; BRASIL, 2018a).

A medida de controle comportamental disponível para o manejo de *A. grandis grandis* compreende o uso de armadilhas do tipo accountrap em associação com o feromônio de agregação grandilure com o propósito de monitoramento e coleta massal (SUH; SPURGEON; HAGOOD, 2003). As armadilhas também são usadas antes do plantio nas bordaduras para atrair os insetos que podem estar nos arredores do cultivo (SORIA et al., 2013).

O controle legislativo inclui medidas que dispõe sobre a obrigatoriedade de destruição de soqueiras (BIANCHINI, 2004) e adoção do vazio sanitário por até 75 dias (CASSETARI NETO; MACHADO; ANDRADE JR., 2008).

O controle químico através do uso de inseticidas sintéticos, que é o mais utilizado para o controle da praga, emprega entre 17 a 23 aplicações por ciclo de cultivo do algodoeiro, apenas para o controle de *A. grandis grandis* (BELOT; BARROS; MIRANDA, 2016).

3.3.1. Controle Químico

Atualmente no MAPA, existem 97 produtos registrados para controle do bicudo-do-algodoeiro, pertencentes a diferentes grupos químicos e possuidores de diferentes modos de ação. Destes, 63 produtos (64,94%) pertencem ao grupo dos piretróides, 10 produtos (10,3%) são organofosforados, 7 produtos (7,21%) são pirazóis, 6 produtos são metilcarbamatos (6,18%), 5 produtos (5,10%) são neonicotinóides, 3 produtos (3,02%) pertencem ao grupo álcool alifático, 2 produtos (2,06%) são inorgânicos precursores de fosfina e 1 produto (1,03%) é um éter difenílico, (BRASIL, 2018a).

Dentre os diferentes modos de ação, os organofosforados e carbamatos atuam ligando-se à enzima acetilcolinesterase inibindo sua ação e resultando no acúmulo de acetilcolina na sinapse causando hiperexcitabilidade devido à transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos. No caso dos organofosforados, a ligação do inseticida com a enzima acetilcolinesterase é bem mais forte e praticamente irreversível enquanto que nos carbamatos ela é reversível, podendo haver recuperação. O efeito que ambos inseticidas causam no organismo pode ser manifestado de diferentes formas, incluindo tremores, convulsões e, eventualmente, colapso do sistema nervoso central e morte (MATIAS, 2018)

Os inseticidas do grupo dos neonicotinóides são moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina, pois se assemelham ao efeito da acetilcolina e competem com ela. Além disso, esses inseticidas são insensíveis à ação da acetilcolinesterase (AChE), que degrada moléculas de acetilcolina, mas não consegue degradar as moléculas dos neonicotinóides. Com isto a acetilcolina retorna ao neurônio eferente mas o neonicotinóide continua atuando como se fosse a acetilcolina, continuamente, causando hiperexcitabilidade do sistema nervoso central devido à transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos (MATIAS, 2018).

Já os piretróides, são neurotóxicos que atuam na transmissão axônica, sendo denominados moduladores dos canais de sódio. A excitação nervosa em decorrência do uso desses produtos ocorre em resposta a alterações na permeabilidade da membrana aos íons sódio e potássio, aumentando o influxo do primeiro por prolongar a abertura de seus canais (NARAHASHI, 1971).

O piriproxifen é um análogo ao hormônio juvenil, provoca distúrbios hormonais, inibindo a metamorfose e a embriogênese em muitos insetos. Esses feitos contribuem para reduzir a emergência de adultos e causar a esterilização de fêmeas adultas (OHBA et al., 2013).

A despeito do grande número de produtos registrados para o controle do bicudo, eles possuem modos de ação pouco diversificados, não permitindo muitas possibilidades para rotação de modos de ação, compatível com a adoção de um programa de manejo de resistência a inseticidas (CROSARIOL NETTO; ROLIM; ARRUDA, 2017). Logo, outras alternativas devem ser buscadas.

Nesse sentido, outros inseticidas sintéticos tais como o fipronil (fenilpirazol), que atua como antagonista do GABA (Acido Alfa Amino Butírico) (RAYMOND-DELPECH et al., 2005) pode representar uma alternativa de rotação de modo de ação e, apesar de já existirem alguns produtos com o mesmo modo de ação registrados para o controle do bicudo-do-algodoeiro, outros produtos comerciais podem proporcionar melhor ação de controle sobre a praga. Além disso, em 16 de agosto de 2010, a Anvisa publicou uma resolução que determinava o banimento do ingrediente ativo endosulfan, um inseticida e acaricida do grupo dos ciclodienoclorados, cujo modo de ação é o mesmo do fipronil e que era extensivamente usado no controle do bicudo (FONSECA et al., 2011). Destaca-se ainda a especificidade do fipronil para insetos, em decorrência de uma boa eficácia nos receptores GABA e do fato dos canais de glutamato-cloro (GluCl), sobre os quais se dá sua ação, não existirem em mamíferos, sendo menos tóxico que o endosulfan. (RAYMOND-DELPECH et al., 2005).

Em relação aos inseticidas botânicos, aqueles provenientes do nim (*Azadirachta indica* Juss Meliaceae) e que possuem registro para o controle de insetos-praga de parte aérea de outros cultivos (BRASIL, 2018a), também podem representar uma alternativa para uso em rotação com os demais produtos. O nim possui mais de trinta compostos tóxicos em sua composição, com ação semelhante, sendo que o mais potente, a azadiractina, apresenta ação de contato, como repelente, supressor de alimentação e como regulador de crescimento de insetos (NISBET et al., 2000). Além disso, outros

inseticidas que também atuam como reguladores de crescimento de insetos, a exemplo do piriproxifen (MARI & GUERREIRO, 2015), não possuem nenhum produto com modo de ação análogo registrado para o controle da fase larval do bicudo-do-algodoeiro. Desta forma, estes produtos podem se constituir em alternativas ao manejo da praga caso apresentem ação de controle satisfatória.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Ação dos inseticidas sobre *A. grandis grandis* desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas

Para a realização do experimento, foram coletados botões do algodoeiro que se encontravam caídos no solo em área sob cultivo orgânico. Esses botões foram destinados ao laboratório de Proteção de Plantas para triagem, separando-se somente aqueles que apresentavam sintomas de oviposição por *A. grandis grandis* e que estavam em boas condições para uso nos ensaios. Os botões coletados no solo pertenciam a cultivar BRS 293.

Foram realizados três bioensaios e em cada bioensaio foram utilizados 10 botões por tratamento. Os tratamentos consistiram dos seguintes inseticidas: Azamax® (Azadiractin A/B 12 g/L, DVA Ltda.), Termiex 2,5 CE® (Fipronil 2,5 g/L, Tecnocell Agroflorestal Ltda), Tiger 100 EC® (Piriproxifen 100 g/L, Sumitomo Chemical Company Ltd), Lannate BR® (Metomil 215 g/L, Dupont do Brasil S/A), Keshet 25 EC® (Deltametrina 25 g/L, Adama Brasil S/A) e Actara 250 WG® (Tiametoxam 250 g/Kg, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) nas concentrações de 0,4, 0,1, 0,37, 0,025, 0,1 e 0,4 mL de produto comercial (PC) e 1 g de PC, respectivamente, por 40 mL de água destilada, além da testemunha (água), utilizada no mesmo volume empregado nas caldas, sendo os tratamentos dispostos no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições.

As concentrações foram ajustadas para o volume final de 40 mL que foi compatível com o volume de solução necessário para impregnar as estruturas reprodutivas sob teste, sendo determinado em avaliações preliminares.

Todas as estruturas reprodutivas pertencentes a um mesmo tratamento foram tratadas ao mesmo tempo, sob capela de exaustão de gases, empregando pulverizador manual plástico transparente de 250 mL de capacidade. As estruturas foram dispostas sobre papel filtro, pulverizadas e, após secagem, destinadas às Placas de Petri de 90 mm

de capacidade também forradas com papel filtro e previamente identificadas em relação ao tratamento e a repetição. Em seguida, as placas de Petri foram armazenadas em recipientes de plástico com tampas contendo uma perfuração recoberta com uma tela de organza para permitir a circulação de ar e ao mesmo tempo evitar a entrada de qualquer outro inseto. As unidades experimentais assim constituídas foram mantidas nas condições ambientais predominantes no laboratório, sendo as variáveis ambientais (temperatura e umidade) mensuradas em cada avaliação com data logger e empregadas para o cálculo da média das variáveis ambientais.

A emergência dos adultos foi avaliada diariamente durante 21 dias após os tratamentos, e na última avaliação foi feita uma análise destrutiva para avaliação das fases da praga vivas, não emergidas e presentes no interior das estruturas reprodutivas.

O número de adultos do inseto emergido ao longo das avaliações (21 dias após o tratamento) e o número de larvas e pupas contabilizado na avaliação destrutiva (realizada aos 21 dias após o tratamento) foram totalizados para avaliação do efeito de tratamentos sobre a mortalidade dos insetos.

Foram realizados três bioensaios concebidos da mesma forma como descrito anteriormente. Os dados de mortalidade em cada bioensaio (um, dois e três) e a média de mortalidade nos três bioensaios foram corrigidos para a mortalidade ocorrida na testemunha através da fórmula de Schenneider-Orelli (PÜNTENER, 1981), em que:

$$M_{\text{corrigida}} (\%) = \left(\frac{M_{\text{trat}} - M_{\text{test}}}{100 - M_{\text{test}}} \right) * 100, \text{ onde}$$

$M_{\text{corrigida}}$ = mortalidade no tratamento corrigida pela testemunha (%); M_{trat} : mortalidade no tratamento (%); M_{test} : mortalidade na testemunha (%).

A mortalidade assim obtida foi submetida à análise de variância (ANOVA), seguida de teste Tukey a $p \leq 0,05$, para comparação dos efeitos de tratamentos empregando o SAS software (SAS, 2002).

4.2 Ação tóxica dos inseticidas sobre os adultos de *A. grandis grandis*

Os tratamentos e as concentrações empregados foram os mesmos utilizados nos bioensaios descritos em 3.1. Foi realizado apenas um bioensaio, sendo os tratamentos dispostos no delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os adultos do bicudo-do-algodoeiro utilizados nos ensaios foram provenientes de botões com sinais de oviposição coletados no solo cultivado com algodoeiro orgânico e com a cultivar BRS 293. Adultos emergidos das estruturas coletadas e com

até 7 dias de idade, foram empregados no ensaio. Cada unidade experimental continha 10 adultos do bicudo-do-algodoeiro.

Os adultos dos mesmos tratamentos (30 por tratamento) foram dispostos sobre uma placa de Petri de 90 mm de diâmetro, forrada com papel filtro e submetidos a pulverização da solução sob teste, sob capela de exaustão de gases. Foi utilizado um pulverizador plástico transparente de 250 mL de capacidade para pulverização dos insetos. Decorridos cinco minutos após a aplicação, os adultos assim tratados foram transferidos para novas placas de Petri de mesmo diâmetro, previamente identificadas e também forradas com papel filtro e recobertas com organzas fixadas com elástico para impedir a fuga dos insetos. Em cada placa de Petri foram adicionados botões de algodoeiro para permitir a alimentação dos insetos. Após 24 horas do tratamento, avaliou-se a mortalidade dos insetos.

Os dados de mortalidade dos tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida de teste Tukey a $p \leq 0,05$ para comparação dos efeitos de tratamentos empregando o SAS software (SAS, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ação dos inseticidas sobre *A. grandis grandis* desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas

Foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados nas estruturas reprodutivas atacadas por *A. grandis grandis* nos bioensaios 1 ($F_{5,24} = 3,18$; $p = 0,0241$) e 3 ($F_{5,24} = 8,69$; $p = <0,0001$) e na média dos três bioensaios ($F_{5,24} = 5,69$; $p = 0,0013$). Todavia, não houve diferença na mortalidade proporcionada pelos diferentes inseticidas no bioensaio 2 ($F_{5,24} = 2,17$; $p = 0,0913$).

No primeiro bioensaio (bioensaio 1) as maiores mortalidades foram proporcionadas pelo fipronil e metomil e a menor mortalidade foi associada à deltametrina, com os demais tratamentos sendo intermediários entre ambos e não diferindo estatisticamente entre si (Figura 1). Já no terceiro bioensaio (bioensaio 3) o inseticida que proporcionou as maiores mortalidades do inseto desenvolvendo-se no interior das estruturas reprodutivas foi o tiametoxam, sendo as menores mortalidades ocasionadas pela deltametrina e piriproxifen, com os demais tratamentos apresentando valores intermediários entre ambos (Figura 1). A maior mortalidade média do três bioensaios foi ocasionada pelo fipronil, nim e tiametoxam e a mortalidade mais baixa

foi associada a deltametrina (Figura 1).

Tanto o fipronil (fenil-pirazol) quanto o tiametoxam (neonicotinóide) são inseticidas que apresentam ação sistêmica. As características físico-químicas destes inseticidas relativas ao coeficiente de partição água-octanol (K_{ow}) e constante de dissociação (pK_a) possibilitam sua entrada no tecido da planta com consequente translocação para todas as partes. No caso do fipronil essa ação é potencializada quando o produto é formulado conjuntamente com polímeros que incremental tal ação. Além da ação sistêmica, esses dois grupos de inseticidas apresentam grande persistência, aumentando seu potencial na proteção de plantas (SIMON-DELSO et al., 2015). Estas características justificam os resultados encontrados no presente estudo, de alta mortalidade das formas imaturas infestando o interior das estruturas reprodutivas quando tratadas com estes produtos.

A formulação à base de nim também proporcionou alta mortalidade de *A. grandis grandis* infestando o interior das estruturas reprodutivas. Outros estudos já realizados com extratos aquosos da semente de nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hymenoptera: Aleyrodidae) detectaram ação translaminar, sistêmica e tópica sobre ninfas do inseto (SOUZA & VENDRAMIN, 2005). De maneira semelhante, constatou-se ação translaminar e sistêmica do óleo de nim diluído em água sobre a traça-do-tomateiro (COELHO JR. & DESCHAMPS, 2014). Desta forma, considerando que o produto comercial utilizado neste ensaio é uma formulação obtida do óleo extraído das sementes e a ação já descrita desta fração das plantas sobre outras espécies de insetos, a alta mortalidade associada a esse tratamento pode ser justificada por essas características.

A baixa mortalidade associada à deltametrina por sua vez, pode ser em decorrência de sua baixa persistência, associada a inexistência de ação sistêmica (MACLACHLAN, 2018). Outros estudos já realizados com outras culturas e pragas, apresentam resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo com uma taxa de 60 a 65% de variação na mortalidade. Em um estudo feito por Michereff Filho et al. (2002) em que se avaliou a ação de controle da deltametrina sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e sua seletividade a insetos benéficos tais como a tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), o percevejo *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae) e formigas (Formicidae) na cultura do milho, observou-se redução de

60% no ataque da lagarta-do-cartucho *S. frugiperda*, de 64% do ataque de *D. maidis* e ausência de seletividade aos inimigos naturais como ninfas e adultos de *D. luteipes*.

O piriproxifen, por sua vez, por ser um juvenóide de ação translaminar, atuando principalmente na fase imatura dos insetos (COCK et al., 1995), pode ter proporcionado baixa mortalidade dos insetos pelo fato de já existirem outras fases de desenvolvimento do inseto, de desenvolvimento mais avançado, no interior das estruturas reprodutivas tratadas, ou pela ausência da ação sistêmica do inseticida, no que pese sua ação translaminar. Desta forma, sua associação a outros inseticidas, que possuam ação sistêmica, pode proporcionar melhores resultados de controle (VALLE & LOTTI, 2015).

Já o metomil, que proporcionou alta mortalidade do inseto em um dos ensaios, possui ação sistêmica, o que pode explicar a menor emergência de adultos de *A. grandis grandis* de botões tratados com esse inseticida (VALLE & LOTTI, 2015).

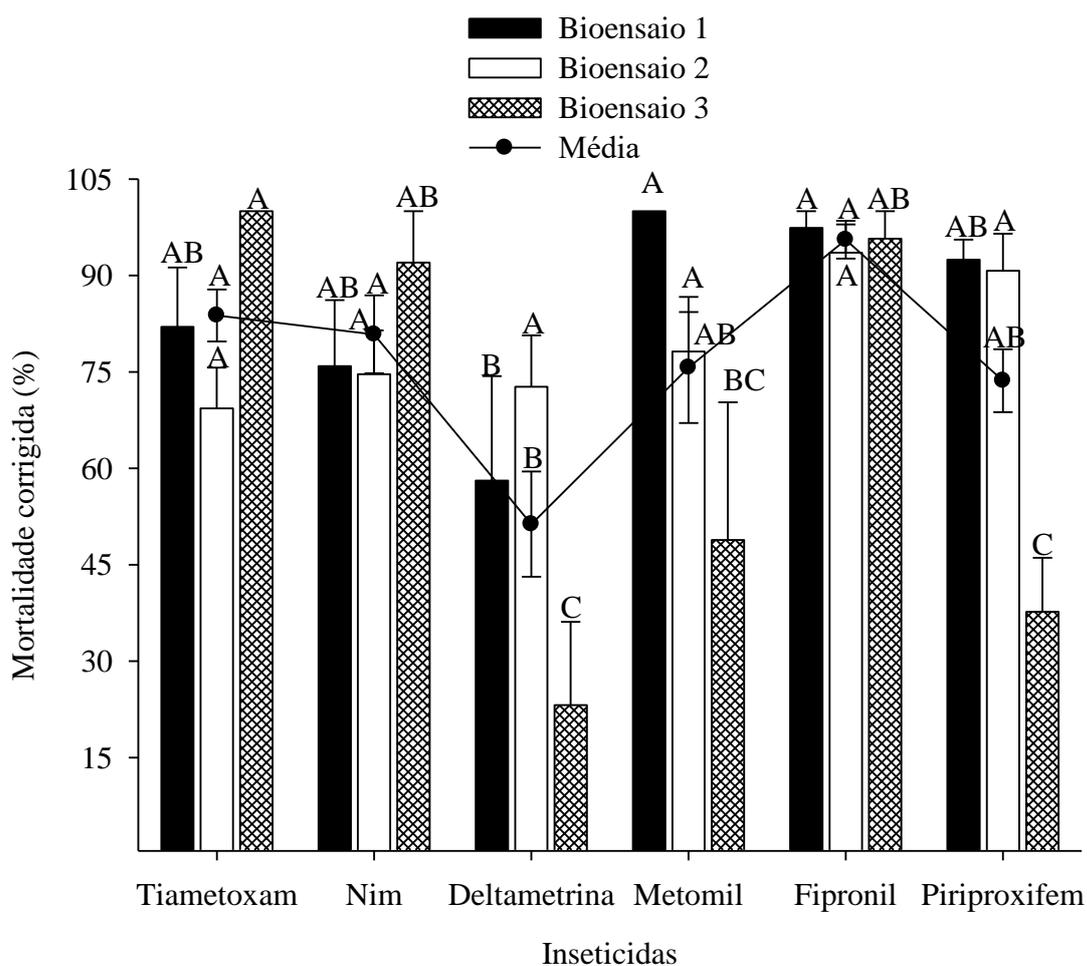


Figura 1. Mortalidade média corrigida para a mortalidade ocorrida na testemunha \pm erro padrão da média (EPM) das fases imaturas do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis grandis* Boh. Coleoptera: Curculionidae) infestando o interior de botões atacados em três diferentes bioensaios e na média dos três bioensaios. *Médias seguidas pela mesma letra em barras da mesma cor e nos círculos não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a $p \leq 0,05$.

5.2 Ação tópica dos inseticidas sobre os adultos de *A. grandis grandis*

Foram verificadas diferenças significativas entre os inseticidas aplicados diretamente sobre *A. grandis grandis* ($F_{6,14} = 238,83$; $p < 0,0001$).

Todos os tratamentos proporcionaram mortalidade de adultos acima de 96% e diferiram estatisticamente da testemunha, cuja mortalidade foi de cerca de 27% (Figura 2).

Os resultados de outros ensaios realizados com inseticidas pertencentes a alguns dos grupos químicos testados no presente trabalho (carbamato, fenil-pirazol, piretróide e neonicotinóide) através do contato com o resíduo seco ou por pulverização dos produtos nas plantas demonstraram que todos os inseticidas testados alcançaram eficiência satisfatória e mesmo aqueles que proporcionaram baixa mortalidade, a exemplo de alguns piretróides, causaram mortalidade acima de 60% (CROSARIOL NETTO; ROLIM; ARRUDA, 2017; FONSECA et al., 2011).

O modo de exposição do inseto conforme feito neste ensaio (aplicação tópica) proporciona contato com altas dosagens do inseticida, improvável de ocorrer a campo, em especial devido ao local de ataque do bicudo-do-algodoeiro que o mantém protegido da exposição a inseticidas devido à proteção proporcionada pelas brácteas que envolvem as estruturas reprodutivas atacadas (MIRANDA & BETTINI, 2006). Nesse sentido, estudo realizado por Miranda & Bettini (2006) envolvendo a avaliação da eficácia de inseticidas fisiológicos no controle de curuquerê-do-algodoeiro mostrou que 80% dos inseticidas testados apresentaram eficácia de controle bem maior em bioensaios de laboratório do que observado a campo, sendo essa divergência de resultados justificada pela presença de barreiras físicas ou por problemas relativos a tecnologia de aplicação. Vale destacar que no caso do curuquerê isso ocorre mesmo mediante o hábito desfolhador da praga, que o coloca muito mais vulnerável ao contato com os inseticidas utilizados para o seu controle.

A aplicação de qualquer produto depende do alvo de cobertura, que pode ser medido pela distribuição das gotas dos produtos, o número e o tamanho das gotas. O sucesso de aplicação dos produtos pode ser reduzido caso o produto não consiga atingir o inseto alvo, principalmente se o produto for de contato. Todavia, um dos maiores entraves para aplicação e alcance do alvo é que de acordo com o crescimento da cultura o algodoeiro vai formando barreiras físicas com as próprias folhas que diminuem a entrada e o alcance dos produtos (ALVES & SERIKAWA, 2006).

Problemas relacionados à má distribuição de pulverizações são reduzidos no caso de aplicações de inseticidas sistêmicos, uma vez que sua distribuição ocorre por toda planta através do sistema vascular, aumentando a possibilidade de interação com a praga alvo (ALVES & SERIKAWA, 2006).

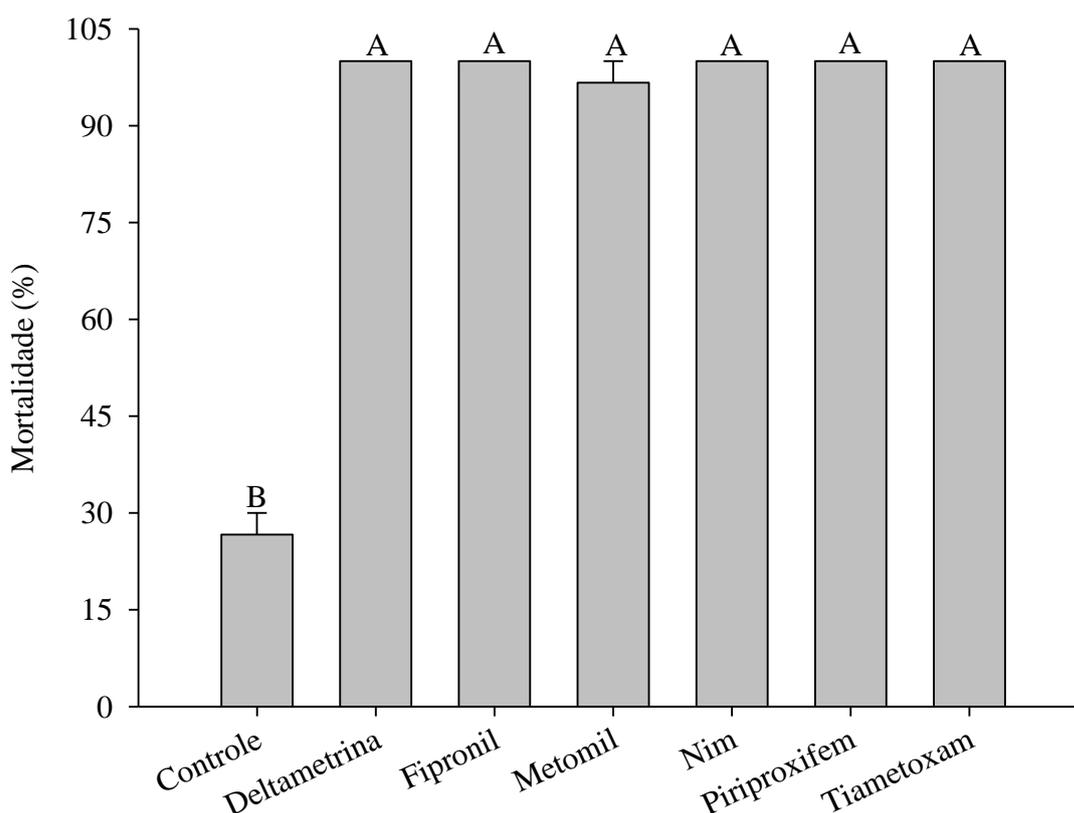


Figura 2. Mortalidade média de adultos \pm erro padrão da média (EPM) do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis grandis* Boh. Coleoptera: Curculionidae) quando colocados em contato com superfície tratada com diferentes tratamentos. *Médias

seguidas pela mesma letra sobre as barras não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a $p \leq 0,05$.

6. CONCLUSÃO

Para o teste sobre as estruturas reprodutivas, os inseticidas mais eficientes para o controle do bicudo-do-algodoeiro infestando o interior das estruturas reprodutivas são o fipronil e o tiametoxam, enquanto o menos eficiente é a deltametrina. Todavia, todos os inseticidas testados proporcionam ação de controle satisfatória sobre os adultos do inseto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, A. et al. Reassessment of the phylogeography and intraspecific relationships of western and eastern populations of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera:Curculionidae), in North America. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.20, p.1-17, 2017.

ALVES, A.P.; SERIKAWA, R.H. Controle químico de pragas do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, p.1.197-1.209, 2006.

ALVES, T.J.S. et al. Parasitoid-host interaction: sensory structures involved in the parasitism behavior of *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae). **Animal Biology**, v.64, p.365-381, 2014.

ALVES, T.J.S. et al. Behavioral studies of the parasitoid *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Insect Behavior**, v.28, p.604–617, 2015.

ARAÚJO, G.P. et al. Produtos naturais no manejo agroecológico de pragas e seus inimigos naturais do algodoeiro consorciado com milho, feijão-caupi e gergelim. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v.9, p.194-201, 2015.

ARMSTRONG, J.S.; GREENBERG, S.M. Evaluation of extended-life pheromone formulations used with and without dichlorvos for boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) trapping. **Journal of Economic Entomology**, v.101, p.399-403, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO (ABRAPA). **Ranking de produção mundial de algodão.** Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/ranking.aspx>>. Acesso em: 25 de julho 2018.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO (AMIPA). **Produtos.** Disponível em: <http://www.amipa.com.br/sobre-o-algodao/produto>. Acesso em: 26 de julho de 2018.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E.. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, p.377-410, 2014.

BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.; BRAGA SOBRINHO, R. (Eds.). **O bicudo do algodoeiro.** Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 1986. 314p.

BASTOS, C. S. et al. **Bicudo do algodoeiro:** identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 79).

BEASLEY, J.O. et al. The production of polyploids in *Gossypium*. **Journal of Heredity**, v.31, p.39-48, 1940.

BELOT, J.L.; BARROS, E.M.; MIRANDA, J.E. Riscos e oportunidades: o bicudo-do-algodoeiro. In: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Eds.). **Desafios do Cerrado:** como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2016. p.77-118.

BELTRÃO N.E.M., ARAÚJO A.E. **Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 265p. (Embrapa Informação Tecnológica. Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

BIANCHINI, A. Limpeza total. **Cultivar Grandes Culturas**, n.65, p.6-8, 2004.

BLEICHER, E. et al. **Conheça os insetos da sua lavoura de algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 23p. 1981. (Embrapa Algodão. Documentos, 3.).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 de Maio de 2018a.

BRASIL. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra de grãos 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 26 de julho de 2018b.

BUSOLI, A.C. et al. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.101-104, 2004.

CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A.Q.; ANDRADE JR., E.R. de. Implantação do vazão sanitário em algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, n.113, p.36-38, 2008.

COCK, A. et al. Response of buprofezin-susceptible and-resistant strains of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and diafenthiuron. **Journal of Economic Entomology**, v.88, p.763-767, 1995.

COELHO JR., A.; DESCHAMPS, F.C. Ação sistêmica e translaminar do óleo de nim visando ao controle de *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lep.: Gelechiidae) em tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, p.140-144, 2014.

CONFALONIERI, V.A.; SCATAGLINI, M.A.; LANTERI, A. Origin and dispersal of the cotton boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in South America: a mtDNA Phylogeographic study. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA/CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 18., 2000. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: SEB, 2000. p.567.

CROSARIOL NETTO, J.; ROLIM, G.G.; ARRUDA, L.S.; **Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes moléculas inseticidas utilizadas na cultura do algodoeiro – Safra 2016/17**. Cuiabá: IMAmt, 2017. Circular técnica, 2017. 8p. (IMAmt. Circular Técnica, 31.).

CUADRADO, G. *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) em la zona central y sur oeste de Misiones, Argentina: pólen como fuente alimentícia y su relation com el estado fisiológico en insectos adultos. **Neotropical Entomology**, v.31, p.121-132, 2002.

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

DEGRANDE, P.E.; CARVALHO, E.; BREDA, C.E. Oeste baiano contra o bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, n.62, p.19-20, 2004.

Extension Toxicology Network (EXTOXNET). **Pesticide information profiles: endosulfan**. Corvallis: Oregon State University, 1996. Disponível em: <http://extoxnet.orst.edu/pips/endosulf.htm>. Acesso em: 13 de julho 2018.

FONSECA, P.R.B. et al. Inseticidas neonicotinoides no controle do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) e a falha de controle do endosulfan. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, p.545-551, 2011.

FREIRE, E.C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa-Algodão, 2000. 28p. (Embrapa-Algodão. Documentos, 78).

GONDIM, D.M.C. et al. **Manual de identificação das pragas, doenças, deficiências minerais e injúrias do algodoeiro no Brasil**. 3.Ed. Cascavel: COODETEC/CIRAD, 1999. 120p.

GRAVENA, S. Quem é esse tal de bicudo. **Cultivar Grandes Culturas**, n.25, p.42-44, 2001.

GUERRA, A.A. Seasonal boll weevil movement between northeastern Mexico and the Rio Grande Valley of Texas, USA. **Southwestern Entomologist**, v.13, p.261–271, 1988.

HARLAND, S.C. Fertility in hybrids between New and Old World cottons. **Nature**, v.129, p.398-399, 1932.

HARLAND, S.C. et al. New polyploids in cotton by the use of colchicine. **Tropical Agriculture, Trinidad and Tobago**, v.17, p.53-54, 1940.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Custo de produção de algodão - SAFRA 2017/2018** Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/03032017194935.pdf>>. Acesso em: 20 de junho 2018.

JEGER, M. et al. Pest categorisation of *Anthonomus grandis*. **European Food Safety Authority Journal**, v.15, p.50-74, 2017.

KIM, K.S.; SAPPINGTON, T.W. Population genetics strategies to characterize long-distance dispersal of insects. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.16, p.87-97, 2013.

LEE, A.J.; FANG, D.D. Cotton as a world crop: origin, history, and current status. In: FANG D.D.; LEE A. J. (Ed.). **Cotton**. 2.Ed., 2015. p.1-23.

LEE, J.A. Cotton as a world crop. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. (Eds.). **Cotton**, 1984. p.1- 25.

LEIGH, T.F.; ROACH, S.H.; WATSON, T.F. Biology and ecology of important insect and mite pests of cotton. In: KING, E.G.; PHILLIPS, J.R.; COLEMAN, R.J. (Ed.). **Cotton insects and mites: characterization and management**. Memphis: The Cotton Foundation, 1996. p.16-86. (The Cotton Foundation. Reference Book Series, 3).

LIMA JR., I.S. de et al. Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. **Neotropical Entomology**, v.42, p. 82-88, 2013.

MACLACHLAN, D. **Deltamethrin (135)**. p.167-357. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPREvaluation02/DELTAMETHRINEvaluationjja.pdf. Acesso: 22 de Julho 2018.

MARI, M.A.; GUERREIRO, J.C. Inseticidas reguladores de crescimento de insetos: formas de utilização e potencialidades para o manejo integrado de pragas. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, p.360-374, 2015.

MATIAS, R.S. **Gerenciamento de sinantrópicos**. Disponível em: <http://matiassinantropicos.blogspot.com/2012/06/qual-verdade-em-se-dizer-que-e.html>. Acesso em: 10 julho 2018.

MICHEREFF FILHO, M. et al. Impacto de deltametrina em artrópodes-pragas e predadores na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.25-32, 2002.

MIRANDA, J.E.; RODRIGUES, S.M.M. História do bicudo no Brasil. In: BELOT, J.L. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: IMAmt, 2015. p.10-44.

MIRANDA, J.E.; BETTINI, P.C. Resistência ou não. **Cultivar Grandes Culturas**, n.84, p.18-22, 2006.

NARAHASHI, T. Mode of action of pyrethroids. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 44, p. 337-345, 1971.

NEVES, R.C.S. et al. Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiárido region of Brazil. **Insects**, v.5, p.818-831, 2014.

NISBET, A.J. et al. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, p.615-632, 2000.

NUSSENBAUM, A. L.; LECUONA, R. E. Selection of *Beauveria bassiana* sensu lato and *Metarhizium anisopliae* sensu lato isolates as microbial control agents against the boll weevil (*Anthonomus grandis*) in Argentina. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.110, p.1-7, 2012.

OHBA, S. et al. The effect of pyriproxyfen as a “population growth regulator” against *Aedes albopictus* under semi-field conditions. **PLoS One**, v.8, p.e67045, 2013.

PAULA, D.P. et al. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the Midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.106, p.86-89, 2013.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2.Ed. Viçosa: UFV, 2005, p. 15-53.

PÜNTENER, W. **Manual for field trials in plant protection**. Basel: Ciba-Geigy Limited, 1981. 271p.

RAMALHO, F. S.; MALAQUIAS, J.B. O controle biológico do bicudo-do-algodoeiro. In: BELOT, J.L. **O bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: IMAmt, 2015. p.151-171.

RAMALHO, F.S.; JESUS, F.M.M. de. Atividade fisiológica do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* nos períodos de safra e entressafra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7., ENCONTRO DE MIMERCOLOGISTAS, 1., ENCONTRO SOBRE MOSCASCAS-FRUTAS, 11., 1987, Campinas, SP. **Anais...** Londrina: SEB, 1987. p.102.

RAMALHO, F.S.; LEMOS, W.P.; ZANUNCIO, J.C. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Euborellia annulipes* (Lucas)(Dermaptera: Anisolabididae) a cotton boll weevil predator in laboratory studies with an artificial diet. **Environmental Entomology**, v. 32, p. 592-601, 2003.

RAYMOND-DELPECH, V. et al. Ion channels: molecular targets of neuroactive insecticides. **Invertebrate Neuroscience**, v.5, p.119-133, 2005.

RIBEIRO, P. A. et al. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. **Neotropical Entomology**, v.39, p.28-34, 2010.

RITCHIE, G. L. et al. **Cotton growth and development**. Georgia: The University of Georgia – Cooperative Extension, 2007. 16p.

ROSOLEM, C.A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p.649-688.

SANTOS, R.F.; KOURI, J.; SANTOS, J.W. dos. O agronegócio do algodão no Brasil: crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Eds.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1. p.31-60.

SANTOS, R.C. et al. Cholesterol oxidase interference on the emergence and viability of cotton boll weevil larvae. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, p.1525-1530, 2002.

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

SHOWLER, A.T. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.1330- 1334, 2004.

SHOWLER. A.T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v.36, p.99-104, 2007.

SILVIE, P. et al. **Manual de identificação das pragas, e seus danos no algodoeiro**. Cascavel: COODETEC/CIRAD-CA, 2001. 100p. (COODETEC/CIRAD, Boletim Técnico, 34).

SIMON-DELSO, N. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, p.5-34, 2015.

SKOVSTED, R.H. Cytological studies in cotton. IV. Chromosome conjugation in interspecific hybrids. **Journal Genetic**, v.34, p.97-134, 1937.

SMITH, C.W. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). In: SMITH, C.W. (Ed.). **Crop production: evolution, history, and technology**. New York: John Wiley and Sons, 1995. p.287-349.

SORIA, M.F. et al. **Alerta para o bicudo do algodoeiro: breve panorama pré-safra 2012/13 e ações para o combate da praga**. Mato Grosso: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2013. 3p. (Instituto Mato-Grossense do Algodão. Circular Técnica, 3.).

SOUZA, A.P.; VENDRAMIM, J.D. Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. **Neotropical Entomology**, v.34, p.83-87, 2005.

SUH, C. P. C. et al. Comparisons of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) pheromone traps with and without kill strips. **Journal of Economic Entomology**, v.102, p.183-186, 2009.

SUH, C. P. C.; SPURGEON, D. W.; HAGOOD, S. Evaluation of kill strips on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) mortality in pheromone traps and impact on weevil escape. **Journal of Economic Entomology**, v.96, p.348-351, 2003.

TOMQUELSKI, G.V.; MARTINS, G.L.M. Eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho na região dos Chapadões. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, p.26-39, 2008.

VALDERRAMA, C.A. **A profile of the international cotton advisory committee.**
Disponível em: <http://new-rules.org/storage/documents/ffd/valderrama.pdf>. Acesso em:
19 de Julho de 2018.

VALLE, A.; LOTTI, M. Organophosphorus and carbamate insecticide poisoning. In:
Handbook of Clinical Neurology, v.131, p.149-168, 2015.

ZANCHET, F.L. Gestão de custos na produção de algodão. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande:
Embrapa Algodão, 2005. 3p.

ZHANG, H.B.; L.I.Y.; WANG, B.; CHEE, P.W. Recent advances in cotton genomics.
International Journal of Plant Genomics, v. 98, p.64-30, 2008

ZUCCHI, R.A., SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas
agrícolas.** Piracicaba: Fealq, 1993. 139p