



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

**DESFOLHANTES AUMENTAM A FORMAÇÃO DE CARIMÃS E A
SOBREVIVÊNCIA E ESCAPE DO BICUDO DESSA ESTRUTURA**

WILLIAN SANTOS DO VALE

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2023

WILLIAN SANTOS DO VALE

**DESFOLHANTES AUMENTAM A FORMAÇÃO DE CARIMÃS E A
SOBREVIVÊNCIA E ESCAPE DO BICUDO DESSA ESTRUTURA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2023

V243d

Vale, Willian Santos do.

Desfolhantes aumentam a formação de carimãs e a sobrevivência e escape do bicudo dessa estrutura. / Willian Santos do Vale, 2023.

90f. : il.

Orientador (a): Dr^a. Maria Aparecida Castellani.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 61 - 72.

1. *Anthonomus grandis grandis*. 2. *Gossypium hirsutum*. 3. Estratégias de Sobrevivência de Insetos . 4. Manejo Integrado de Pragas. I. Castellani, Maria Aparecida. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós - Graduação em Agronomia. III. T.

CDD. 632.768

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DESFOLHANTES AUMENTAM A FORMAÇÃO DE CARIMÃS E A SOBREVIVÊNCIA E ESCAPE DO BICUDO DESSA ESTRUTURA”

AUTOR: Willian Santos do Vale

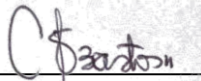
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Maria Aparecida Castellani, D.Sc., Presidente (UESB)



Carlos Alberto Domingues da Silva, D.Sc., (EMBRAPA ALGODÃO)



Cristina Schetino Bastos, D.Sc., (UnB)



José Cola Zanúncio, D.Sc., (UFV)



Suzany Aguiar Leite, D.Sc., (UESB/CAPES)

Data de realização: 28 de Fevereiro de 2023

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me proporcionado esta experiência incrível;

À CAPES (Ministério da Educação), pela concessão da bolsa do autor;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela infraestrutura e apoio oferecido para a realização deste estudo;

À professora Maria Aparecida Castellani, minha orientadora e amiga, por todos os ensinamentos e conselhos, além da paciência e tempo dedicado à minha formação;

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação e à equipe do Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, meus sinceros agradecimentos;

Aos amigos e família, por se fazerem presentes mesmo nos momentos em que eu precisei ficar fisicamente distante;

A todos que me apoiaram e colaboraram para a realização deste trabalho.

Obrigado!

“Você não pode mudar o vento,
mas pode ajustar as velas do barco
para chegar onde quer”.

Confúcio

RESUMO GERAL

DO VALE, W. S. DESFOLHANTES AUMENTAM A FORMAÇÃO DE CARIMÃS E A SOBREVIVÊNCIA E ESCAPE DO BICUDO DESSA ESTRUTURA, Vitória da Conquista – BA, UESB, 2023. 90 p. (Tese: Doutorado em Agronomia; Área de Concentração em Fitotecnia)*

O bicudo, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), pode sobreviver ao período de vazio sanitário do algodoeiro abrigado em estruturas reprodutivas secas e deformadas do algodão, conhecidas como carimãs. O que torna necessário o desenvolvimento de estratégias para reduzir o número de carimãs remanescentes em campo. O bicudo sobrevive no interior dos carimãs, mas a dinâmica de emergência desse inseto nos carimãs, durante a entressafra em campo, é pouco conhecida. A tese foi organizada em três artigos, visando atingir aos objetivos: avaliar a formação de carimãs e a mortalidade do bicudo após aplicação de desfolhantes, utilizados para auxiliar a colheita ao final do ciclo de cultivo do algodoeiro; avaliar o número e características de carimãs formados, devido à infestação do bicudo; e avaliar a sobrevivência e a dinâmica de emergência do bicudo abrigado em carimãs em campo, durante o período de entressafra do algodão. Os experimentos com pulverização de desfolhantes e infestação de bicudos foram conduzidos ao final do ciclo de cultivo e início do estágio reprodutivo, respectivamente, em plantas de algodão cultivadas em vasos e protegidas por gaiolas anti-insetos; e, para se avaliar a emergência e sobrevivência de bicudos em campo, foram utilizadas gaiolas com carimãs, naturalmente infestados com bicudos durante a entressafra do algodão. Os desfolhantes em 80% dos tratamentos aumentaram o número de carimãs, em pelo menos uma data de avaliação, e não foram tóxicos para o bicudo. O uso desses produtos aumenta a formação de carimãs, podendo favorecer a sobrevivência do bicudo durante a entressafra. O número, a massa e o diâmetro dos carimãs foram maiores em plantas infestadas com bicudos do que no tratamento controle. O bicudo consegue influenciar o número e as características das estruturas em plantas de algodoeiro. O número de bicudos vivos no interior dos carimãs diminuiu, drasticamente, a partir dos 30 dias do início dos experimentos em campo. O bicudo emergiu até os 90 dias, a partir do início das observações, período 1,5 vezes mais longo do que o de vazio sanitário adotado na Bahia e em outros estados produtores de algodão. Os conhecimentos gerados neste estudo auxiliam a entender como o manejo do algodoeiro pode afetar o número de carimãs formados que, por sua vez, podem aumentar o número de bicudos sobreviventes na entressafra da cultura, emergindo dessas estruturas para reinfestar a safra seguinte e induzir a formação de mais carimãs, reiniciando o ciclo.

Palavras-chave: *Anthonomus grandis grandis*; Estratégias de Sobrevivência de Insetos; *Gossypium hirsutum*; Manejo Integrado de Pragas

* **Orientadora:** Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani, UESB.

GENERAL ABSTRACT

DO VALE, W. S. DEFOLIANTS INCREASE THE FORMATION OF DRY BOLLS AND THE SURVIVAL AND ESCAPE OF THE BOLL WEEVIL FROM THIS STRUCTURE, Vitória da Conquista – BA, UESB, 2023. 90 p. (Thesis: Doctor Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science)*

The boll weevil, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), can survive the period of cotton sanitary voids emptiness sheltered in dry and deformed cotton reproductive structures, known as dry bolls. This makes it necessary to develop strategies to reduce the number of dry bolls remaining in the field. The boll weevil survives inside the dry bolls, but the emergence dynamics of this insect in the dry bolls, during the off-season in the field, is little known. The thesis was organized into three articles aiming to achieve the objectives: to evaluate the formation of dry bolls and boll weevil mortality after application of defoliants, used to aid harvesting at the end of the cotton cultivation cycle; evaluate the number and characteristics of dry bolls formed due to boll weevil infestation; and to evaluate the survival and emergence dynamics of boll weevil sheltered in dry bolls in the field during the cotton off-season. The experiments with defoliant spraying and boll weevil infestation were carried out at the end of the crop cycle and the beginning of the reproductive stage, respectively, on cotton plants grown in pots and protected by anti-insect cages and those to evaluate boll weevil emergence and survival in the field during the cotton off-season, using cages with dry bolls, naturally infested with boll weevils. The defoliants in 80% of the treatments increased the number of dry bolls, in at least one evaluation date and were not toxic to the boll weevil. The use of these products increases the formation of dry bolls and may favor the survival of the boll weevil during the off-season. The number and mass and diameter of dry bolls were greater in plants infested with boll weevils than in the control treatment. Boll weevil can influence the number and characteristics of structures in cotton plants. The number of live boll weevils inside the dry bolls decreased drastically after 30 days of the beginning of the field experiments. The boll weevil emerged up to 90 days after the beginning of the observations, a period 1.5 times longer than the sanitary void adopted in Bahia and other cotton producing states. The knowledge generated in this study helps to understand how cotton management can affect the number of formed dry bolls which, in turn, can increase the number of surviving boll weevils in the off-season of the crop, emerging from these structures to reinfest the following season and induce the formation of more dry bolls, restarting the cycle.

Keywords: *Anthonomus grandis grandis*; *Gossypium hirsutum*; Integrated Pest Management; Insect Survival Strategies

* **Advisor:** Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani, UESB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Número (média \pm SE) de carimãs (A), capulhos (B), botões florais (C), maçãs (D), folhas verdes (E) e folhas secas (F) por planta de algodão em dias após a aplicação de carfentrazone-ethyl (triângulos azuis), glyphosate-diammonium (círculos cinza), ethephon + cyclanilide (triângulos vermelhos invertidos), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (quadrados laranja), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (quadrados verdes) e controle (água destilada; círculos pretos). Ethephon + cyclanilide, nos tratamentos combinados, foram aplicados aos 10 dias após carfentrazone-ethyl e glyphosate-diammonium (indicados por uma seta nas figuras). Formas geométricas com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação ($P < 0,05$) e “n.s.” ausência de diferenças entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLM; $P > 0,05$).....46

Figura 1.2 – Diâmetro (média \pm SE) de carimãs com aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (barras laranjas), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (barras verdes) e no controle (água destilada; barras pretas). Barras com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos (contraste após LM; $P < 0,05$).....47

Figura 1.3 – Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por dia, após a aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (barras laranja), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (barras verdes) e controle (água destilada; barras pretas) em laboratório (25 ± 3 °C, $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 12:12 h). “n.s.” indica não haver diferença entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLMM; $P > 0,05$)48

Figura 1.4 – Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por dia, após a aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis marinho), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), lambda-cyhalothrin (barras laranjas), lambda-cyhalothrin + carfentrazone-ethyl (barras verdes), lambda-cyhalothrin + glyphosate-diammonium (barras amarelas), lambda-cyhalothrin + ethephon + cyclanilide (barras azuis claro) e controle (água destilada; barras pretas) em laboratório (25 ± 3 °C, umidade relativa de $70\% \pm 20\%$ e fotoperíodo de 12:12 h). Barras de um mesmo grupo, com mesma

letra, indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLMM; $P < 0,05$).....49

Figura 1.5 – Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por tempo e aplicação do inseticida lambda-cyhalothrin (barras laranjas) e controle (água destilada; barras pretas). As aplicações foram feitas diretamente sobre os bicudos (contato direto) ou quando estavam dentro de carimãs em laboratório (25 ± 3 °C, $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 12:12 h). Barras com mesma letra, por data de avaliação e grupo (contato direto ou dentro do carimã), indicam semelhanças entre tratamentos e “n.s.” indica não haver diferenças significativas entre tratamentos (contraste após GLMM; $P < 0,05$). ...50

Figura 2.1 – Número (média \pm SE) de botões florais (A), maçãs verdes (B), capulhos (C) e carimãs (D) por planta de algodão em função do tempo e da infestação inicial com dois (triângulos azuis), quatro (triângulos vermelhos invertidos), seis (quadrados laranjas), oito (quadrados verdes) casais de *Anthonomus grandis grandis* por 10 plantas de algodão e no controle (sem infestação; círculos pretos). Os casais de insetos foram liberados em plantas com 90 dias de idade desde a semeadura. Formas geométricas com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação ($P < 0,05$) e “n.s.” não diferem entre tratamentos na data de avaliação ($P > 0,05$)66

Figura 2.2 – Massa (média \pm SE) de carimãs (barras pretas) e fibra + sementes (barras cinzas; escala à direita da figura) por planta de algodão em função da infestação inicial com dois, quatro, seis e oito casais de *Anthonomus grandis grandis* para cada 10 plantas de algodão e no controle (sem infestação). Barras de mesma cor, com mesma letra, indicam semelhanças entre tratamentos ($P < 0,05$).67

Figura 2.3 – Número (média \pm SE) de orifícios de alimentação (barras pretas) e de oviposição (barras cinzas) (A) e de células de pupais vazias (barras cinzas) (B) e diâmetro (barras pretas; mm; média \pm SE) e altura (barras cinzas) (C) em carimãs em função da infestação inicial com dois, quatro, seis e oito casais de *Anthonomus grandis grandis* para cada 10 plantas de algodão e controle (sem infestação). Barras da mesma cor, com mesma letra, indicam semelhanças entre tratamentos ($P < 0,05$).....68

Figura 3.1 – Temperatura máxima (círculos vermelhos), temperatura mínima (círculos azuis) e precipitação (barras verdes; escala à direita da figura) observadas durante o período experimental.86

Figura 3.2 – Número (média \pm SE) de bicudos emergidos por gaiola, por avaliação, após

o fim do ciclo de cultivo do algodão. Os carimãs foram coletados de plantas de algodão ao final do ciclo de cultivo e mantidos em grupos de 200 carimãs por gaiola de tela anti-insetos em condições de campo.....87

Figura 3.3 – Número (média \pm SE) de adultos de *Anthonomus grandis grandis* vivos (círculos pretos) e mortos (quadrados cinzas) no interior de cada 10 carimãs, por tempo, após o fim da época de cultivo do algodão. Os carimãs foram coletados de plantas de algodão ao final do ciclo de cultivo e mantidos em gaiolas de tela anti-insetos em campo88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Aplicações realizadas para o manejo de pragas e doenças durante o cultivo das plantas de algodão. A tomada de decisão foi realizada por meio do monitoramento constante das plantas e seguindo as recomendações técnicas para a cultura.....	84
--	----

LISTA DE ABREVIACOES, SINAIS E SÍMBOLOS

=	Igual
<	Menor que
>	Maior que
+	Mais
±	Mais ou menos
%	Porcento
°C	Graus Celsius
µm	Micrometro
i.a.	Ingrediente ativo
cm	Centímetro
df	Grau de liberdade
d	Dia
Fig.	Figura
g	Gramma
GLM	Modelo Linear Generalizado
GLMM	Modelo Linear Generalizado de Efeito Misto
h	Hora
ha	Hectare
L	Litro
LMM	Modelo Linear de Efeito Misto
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
kPa	Kilopascal
psi	Libra-força por polegada quadrada
<i>P</i>	Probabilidade
sqrt	Raiz quadrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
3 ARTIGO 1: Produtos auxiliares da colheita do algodão podem favorecer a formação de estruturas utilizadas por <i>Anthonomus grandis grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) para sobreviver durante os períodos de entressafra do algodão	25
RESUMO	26
3.1 INTRODUÇÃO.....	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.2.1 Local e período experimental	28
3.2.2 Plantas de algodão	29
3.2.3 Insetos.....	29
3.2.4 Desfolhantes e inseticida	29
3.2.5 Bioensaio 1 – Efeito de desfolhantes nas folhas e estruturas reprodutivas do algodão	30
3.2.6 Bioensaio 2 – Efeito tóxico de desfolhantes no bicudo.....	31
3.2.7 Bioensaio 3 – Efeito tóxico de desfolhantes isolados e combinados com inseticida no bicudo	31
3.2.8 Bioensaio 4 – Efeito de inseticida em bicudos no interior de carimãs.....	32
3.2.9 Análises estatísticas	32
3.3 RESULTADOS	33
3.3.1 Carimãs e capulhos.....	33
3.3.2 Botões florais e maçãs	33
3.3.3 Folhas verdes e folhas secas	34
3.3.4 Comprimento, massa e diâmetro dos carimãs	34
3.3.5 Mortalidade de bicudos	35
3.4 DISCUSSÃO.....	36
3.5 AGRADECIMENTOS	37
3.6 REFERÊNCIAS	38
4 ARTIGO 2: <i>Anthonomus grandis grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) induz à formação de estruturas de abrigo em plantas de algodão	51
RESUMO	52
4.1 INTRODUÇÃO.....	52
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53

4.2.1 Local e período experimental	53
4.2.2 Insetos.....	54
4.2.3 Plantas de algodão	54
4.2.4 Pressão da infestação do bicudo nas estruturas reprodutivas do algodão.....	54
4.2.5 Análises estatísticas	55
4.3 RESULTADOS	56
4.3.1 Botões florais e maçãs	56
4.3.2 Capulhos e carimãs.....	56
4.3.3 Massa de carimãs e fibra + sementes	57
4.3.4 Orifícios de alimentação e oviposição em carimãs	57
4.3.5 Orifícios de emergência e células pupais vazias em carimãs	58
4.3.6 Diâmetro e altura dos carimãs	58
4.3.7 Emergência de bicudos em carimãs.....	58
4.3.8 Bicudos vivos e mortos em carimãs	58
4.4 DISCUSSÃO.....	59
4.5 AGRADECIMENTOS	60
4.6 REFERÊNCIAS	61
5 ARTIGO 3: Sobrevivência e emergência de <i>Anthonomus grandis grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) de carimãs em campo	69
RESUMO	70
5.1 INTRODUÇÃO.....	71
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.2.1 Local e período experimental	72
5.2.2 Carimãs infestados.....	72
5.2.3 Emergência dos bicudos em carimãs.....	73
5.2.4 Sobrevivência de bicudos em carimãs.....	74
5.2.5 Análises estatísticas	74
5.3 RESULTADOS	74
5.3.1 Bicudos emergidos	74
5.3.2 Bicudos vivos e mortos	75
5.4 DISCUSSÃO.....	75
5.5 AGRADECIMENTOS	77
5.5 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	77
4.6 REFERÊNCIAS	77

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
7 ANEXOS	90

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de algodão, com 2,678 milhões de toneladas; e terceiro maior exportador, com 2,064 milhões de toneladas na safra de 2021/2022 (*International Cotton Advisory Committee*, 2023). Isso tornou a fibra a quinta maior cultura agrícola brasileira em valor bruto da produção, com R\$ 35,8 bilhões (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023). O estado da Bahia é o segundo maior produtor brasileiro, com 600,2 mil toneladas, na safra de 2021/2022 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023).

Aumentos crescentes em produtividade do algodoeiro, observados nas últimas décadas, se devem, em grande parte, à incorporação de tecnologias geradas pela pesquisa ao sistema produtivo dessa cultura (Buainain e Batalha, 2007; Miranda e Rodrigues, 2015; Bélot *et al.*, 2016). No entanto, a cotonicultura apresenta entraves fitossanitários, especialmente o bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), que comprometem sua produtividade (Azambuja e Degrande, 2014; Miranda e Rodrigues, 2015; de Oliveira *et al.*, 2016).

A importância dessa praga é devido a sua alta capacidade reprodutiva, ao elevado poder destrutivo, à dificuldade de controle e danos ao produto comercializado (Degrande, 1998; Santos, 2015; Pires *et al.*, 2017). O bicudo se reproduz, inicialmente, em botões florais do algodoeiro, a partir de seis milímetros de diâmetro, com suas fêmeas depositando seus ovos no interior dos mesmos e nas maçãs do algodoeiro (Azambuja e Degrande, 2015). A postura é feita, geralmente, na base dos botões florais com, apenas, um ovo em cada um, quando o ataque não é muito intenso (Silva *et al.*, 1995). Fêmeas do bicudo não discriminam botões com oviposição e, por isso, o número de orifícios de oviposição e emergência de adultos por botão floral aumentam com o nível de infestação por esse inseto (Soares e Yamamoto, 1993). A fêmea coloca de 7 a 11 ovos por dia e, em média, 150 ovos por fêmea em 21 dias. A larva eclode após três dias e passa por três instares ao longo de oito dias; e a fase pupal de quatro a seis dias, quando emergem os adultos (Lloyd, 1986).

Períodos de vazio sanitário, nas principais regiões produtoras de algodão onde o bicudo está presente, têm sido estabelecidos visando interromper a reprodução do bicudo e diminuir sua população inicial no início de safra seguinte (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso, 2016; Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, 2018; Texas Department of Agriculture, 2019). Contudo, uma série de estratégias

para permanecer no ambiente durante esse período permite ao bicudo manter suas populações (Showler, 2007; Azambuja e Degrande, 2014; Miranda e Rodrigues, 2015; BÉlot *et al.*, 2016). Isso aumenta a necessidade de medidas adicionais para reduzir a sobrevivência do bicudo durante o período sem algodão.

Estratégias de sobrevivência do bicudo, nesse período, nas regiões tropicais, incluem a utilização de recursos alimentares alternativos (Cuadrado e Garralla, 2000; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015) ou abrigar-se em estruturas reprodutivas secas e deformadas do algodão, conhecidas como carimãs (Greenberg *et al.*, 2004a; Showler, 2006; Ribeiro *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2020; do Vale *et al.*, 2021). O bicudo, no interior dos carimãs, está protegido do calor e da dessecação da superfície do solo, da aplicação de agrotóxicos e da ação de inimigos naturais, aumentando sua sobrevivência em condições adversas (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Macêdo, 2014).

Adubação inadequada com nitrogênio (Ferrari *et al.*, 2012), fitopatógenos (Mailhot *et al.*, 2007; Srivastava *et al.*, 2010), cultivar de algodão (do Vale *et al.*, 2021) e danos mecânicos por artrópodes fitófagos em botões florais e/ou maçãs verdes (Praça, 2007; Osekre *et al.*, 2009) podem estimular a formação de carimãs. Por outro lado, efeitos de desfolhantes, utilizados ao final do ciclo de cultivo do algodão para interromper o crescimento vegetativo da planta, acelerar o processo de abertura dos capulhos e viabilizar sua colheita mecanizada (Ferreira e Lamas, 2006), na formação de carimãs e na mortalidade de bicudos, são pouco estudados (Soares e Busoli, 1996; Greenberg *et al.*, 2004b; Greenberg *et al.*, 2007). Além disso, a adição de inseticida ao desfolhante pode causar efeitos aditivos e/ou sinérgicos, aumentando a mortalidade de insetos-praga (Greenberg *et al.*, 2004b; Liu e Greenberg, 2011; Kraus e Stout, 2019; Straw *et al.*, 2021), mas isso não é bem conhecido para o bicudo e os desfolhantes utilizados ao final do cultivo do algodão.

A densidade populacional do bicudo é outro fator que pode afetar a formação de carimãs, devido às injúrias causadas por esse inseto ao se alimentar das estruturas internas dos botões florais e maçãs do algodoeiro, causando desenvolvimento anormal e deformando essas estruturas. Fêmeas do bicudo não discriminam botões, previamente ovipositados e, por isso, seus danos são proporcionais à sua densidade populacional (Santos, 2015; Soares e Yamamoto, 1993). Danos devidos a orifícios de alimentação e oviposição são, normalmente, suficientes para provocar a abscisão das estruturas reprodutivas mais jovens, como botões florais, entretanto, maçãs com diâmetro superior a 10 mm permanecem aderidas à planta, mesmo que danificadas (Neves *et al.*, 2013;

Gabriel, 2016), podendo dar origem a novos carimãs (Praça, 2007; Torres *et al.*, 2009), o que precisa ser melhor estudado.

A sobrevivência de bicudos, no interior de carimãs, tem sido relatada (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004a; Ribeiro *et al.*, 2015; do Vale *et al.*, 2021), contudo, a emergência dos insetos do interior dessas estruturas é pouco conhecida. Adultos do bicudo podem emergir, gradativamente, de carimãs, a partir do final da safra do algodão (Santos, 2015), ou permanecerem abrigados durante o período de entressafra da cultura, no interior dos mesmos, emergindo, apenas, após as primeiras chuvas (Macêdo, 2014). O bicudo emerge das estruturas reprodutivas do algodoeiro após um período de tempo, relativamente curto, no fim do ciclo do algodão e, provavelmente, buscam abrigo e alimentação nas áreas circundantes àquela com cultivo dessa cultura (Pires *et al.*, 2017), mas isso não foi estudado, tornando-se, assim, necessários estudos para se avaliar a dinâmica de emergência do bicudo do interior de carimãs para subsidiar métodos de controle na época de maior emergência desse inseto.

Os objetivos do presente estudo foram: 1) examinar a influência de desfolhantes, utilizados como auxiliares de colheita ao final do ciclo de cultivo do algodoeiro, na formação de carimãs e na mortalidade do bicudo; 2) avaliar o número e características de carimãs formados por plantas de algodão, devido ao bicudo; e 3) avaliar a sobrevivência e a dinâmica de emergência do bicudo, abrigado em carimãs no campo, durante o período de entressafra do algodão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência de Defesa Agropecuária da Bahia - ADAB. Portaria Nº 253 de 25 de setembro de 2018. Salvador: Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura – SEAGRI, Brasil, 2018. Disponível em:

http://www.adab.ba.gov.br/arquivos/File/ASCOM2018/Publicacao2018/20_11_18_Port_253_DDSV_Bicudo_do_algodoeiro.docx. Acesso em: dez. 2022.

Azambuja, R.; Degrande, P.E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 377–410. 2014. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000012013>

Azambuja, R.; Degrande, P.E. Biologia e ecologia do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. In: Bélot, J.L. (Eds.). **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos**

cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. Cuiabá, Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015, p. 45-57.

Bélot, J.L.; Barros, E.M.; Miranda, J.E. Riscos e oportunidades: O bicudo-do algodoeiro. *In:* AMPA; APROSOJA-MT; Embrapa (Eds.). **Desafios do Cerrado:** como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade. Cuiabá, Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, 2016, p. 77-118.

Buainain, A.M.; Batalha, M.O. **Cadeia produtiva do algodão.** Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007, 108 p.

Cuadrado, G.A.; Garralla, S.S. Plantas alimenticias alternativas del picudo del algodonero (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae) en la provincia de Formosa, Argentina. Análisis palinológico del tracto digestivo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, n. 29, p. 245-255, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000200006>

Degrande, P.E. **Guia prático de controle das pragas do algodoeiro.** Dourados, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 1998, 60 p.

de Oliveira, R.S.; Oliveira-Neto, O.B.; Moura, H.F.N.; de Macedo, L.L.P.; Arraes, F.B.M.; Lucena, W.A.; Lourenço-Tessutti, I.T.; de Deus Barbosa, A.A.; da Silva, M.C.M.; Grossi-de-Sa, M.F. Transgenic cotton plants expressing cry1Ia12 toxin confer resistance to Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and Cotton Boll Weevil (*Anthonomus grandis*). **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 165, 2016.

<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.00165>

do Vale, W.S.; Castellani, M.A.; Novais, V.R. de; Dias, W.S.R.; Lima, A.C.S.; Ribeiro, E.B.; Cardoso, A.D.; Silva, C.A.D. Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. **The Canadian Entomologist**, v. 153, n. 6, p. 714-725, 2021.

<https://doi.org/10.4039/tce.2021.40>

Ferrari, S.; Furlani Junior, E.; Ferrari, J.V.; Alberton, J.V. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 226-232, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a1290>

Ferreira, A.C. de B.; Lamas, F.M. **Uso de Reguladores de Crescimento, Desfolhantes, Dessecantes e Maturadores na Cultura do Algodoeiro.** Circular Técnica, 95. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2006. 8 p.

Gabriel, D. **O bicudo-do-algodoeiro.** Documento Técnico. São Paulo, Instituto Biológico, 2016. 20 p.

Guerra, A.A.; Garcia, R.F.; Bodegas, V.P.R.; De Coss, F.M.E. The quiescent physiological status of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during the noncotton season in the tropical zone of Soconusco in Chiapas, Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 77, n. 3, p. 595-598, 1984. <https://doi.org/10.1093/jee/77.3.595>

Greenberg, S.M.; Showler, A.T.; Sappington, T.W.; Bradford, J.M. Effects of burial and soil condition on postharvest mortality of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in fallen cotton fruit. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 2, p. 409-413, 2004a. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.409>

Greenberg, S.M.; Sappington, T.W.; Elzen, G.W.; Norman, J.W.; Sparks, A.N. Effects of insecticides and defoliant applied alone and in combination for control of overwintering boll weevil (*Anthonomus grandis*; Coleoptera: Curculionidae) — laboratory and field studies. **Pest Management Science**, v. 60, n. 9, p. 849-858, 2004b. <https://doi.org/10.1002/ps.878>

Greenberg, S.M.; Sparks, A.N.J.; Norman, J.W.J.; Coleman, R.; Bradford, J.M.; Yang, C.; Sappington, T.W.; Showler, A. Chemical cotton stalk destruction for maintenance of host-free periods for the control of overwintering boll weevil in tropical and subtropical climates. **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 372-380, 2007. <https://doi.org/10.1002/ps.1348>

Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso - INDEA. Portaria Nº 001 de 3 de maio de 2016. Cuiabá: Governo do Estado de Mato Grosso, Secretaria de Estado de Gestão, 2016. Disponível em: <http://www.indea.mt.gov.br/documents/363967/8546763/IN+Sedec+Indea+0012016/38000563-6146-520b-07d2-3fa4623f6df7>. Acesso em: nov. 2022.

International Cotton Advisory Committee - ICAC. Data Portal. Washington: ICAC, 2023. Disponível em: https://icac.shinyapps.io/ICAC_Open_Data_Dashboard/. Acesso em: jan. 2023.

Kraus, E.C.; Stout, M.J. Direct and indirect effects of herbicides on insect herbivores in rice, *Oryza sativa*. **Scientific Reports**, v. 9, n. 6998, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43361-w>

Liu, T.-X.; Greenberg, S.M. Effects of selected defoliant in combination with insecticides on the Sweetpotato Whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its parasitoids in cotton. **Journal of Entomological Science**, v. 46, n. 4, p. 308-314, 2011. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-46.4.308>

- Lloyd, E.P. Ecologia do bicudo-do-algodoeiro. In: Barbosa, S.; Lukefahr, M.J.; Sobrinho, R.B. (Eds.). **O bicudo-do-algodoeiro**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986, p. 135-144.
- Macêdo, J.A. **Fontes alternativas de alimento e sobrevivência do bicudo *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em carimã na entressafra**. 2014. 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2014.
- Macêdo, J.A.D.; Castellani, M.A.; Santos, F.A.R.; Oliveira, P.P.; Maluf, R.P. Fontes alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-do-algodoeiro em duas regiões produtoras de algodão na Bahia. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 255-262, 2015.
<https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n329rc>
- Mailhot, D.J.; Marois, J.J.; Wright, D.L. Influence of flower thrips on fusarium hardlock severity. **Plant Disease**, v. 91, n. 3, p. 1423-1429, 2007. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-11-1423>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Valor Bruto da Produção Agropecuária. Brasília: MAPA, 2023. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vbp-para-2022-e-estimado-em-r-1-179-trilhao/202210VBPRESUMOret.xlsx>. Acesso em: nov. 2022.
- Miranda, J.E.; Rodrigues, S.M.M. História do bicudo no Brasil. In: Bétot, J.L. (Eds.). **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá, Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015, p. 11-45.
- Neves, R.C.S.; Showler, A.T.; Pinto, E.S.; Bastos, C.S.; Torres, J.B. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 146, n. 2, p. 276-285, 2013.
<https://doi.org/10.1111/eea.12026>
- Osekre, E.A.; Wright, D.L.; Marois, J.J.; Funderburk, J. Flower-inhabiting *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae), pesticides, and *Fusarium* hardlock in cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 3, p. 887-896, 2009.
<https://doi.org/10.1603/029.102.0305>
- Pires, C.S.S.; Pimenta, M.; Mata, R.A.; Souza, L.M.; Paula, D.P.; Sujii, E.R.; Fontes, E.M.G. Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 149-160, 2017.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000300002>

Praça, L.B. *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 23 p.

Ribeiro, P. de A.; Sujii, E.R.; Diniz, I.R.; Medeiros, M.A.; Salgado-Labouriau, M.L.; Branco, M.C.; Pires, C.S.S.; Fontes, E.M.G. 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, n. 1, p. 28-34, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100005>

Ribeiro, E.B.; Castellani, M.A.; Silva, C.A.D.; Melo, T.L.; Silva, G. dos S.; do Vale, W.S.; Santos, A.S. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 993-998. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100001>

Ribeiro, E.B.; Silva, C.A.D.; Novais, V.R.; do Vale, W.S.; Silva, G. dos S.; Melo, T.L.; Leite, S.A.; Castellani, M.A. Formação de carimãs e sobrevivência do bicudo do algodoeiro em cultivares de algodão. **Scientia Plena**, v. 16, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.020202>

Santos, W.J. Medidas estratégicas de controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843). In: Bélot, J.L. (Eds.). **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2015, p. 79-94.

Showler, A.T. Short-range dispersal and overwintering habitats of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during and after harvest in the subtropics. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 4, p. 1152-1160, 2006. <https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1152>

Showler, A.T. Subtropical boll weevil ecology. **American Entomologist**, v. 53, n. 4, p. 240-249, 2007. <https://doi.org/10.1093/ae/53.4.240>

Silva, N.M.; Carvalho, L.H.; Cia, E.; Fuzatto, M.G.; Chiavegato, E.J.; Alleoni, L.R.F. **Seja o doutor do seu algodoeiro**. Informações Agronômicas, 69. Piracicaba, Potafos, 1995. 26 p.

Soares, J.J.; Yamamoto, P.T. Comportamento de oviposição de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em diferentes níveis de infestação natural. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, p. 333-339, 1993.

Soares, J.J.; Busoli, A.C. Efeito dos reguladores de crescimento vegetal nas características agronômicas do algodoeiro e no controle de insetos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 37-41, 1996.

Srivastava, P.; Mailhot, D.J.; Leite, B.; Marois, J.J.; Wright, D.L.; Nichols, R.L. *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg associated with hardlock of cotton. **Current Microbiology**, v. 61, n. 2, p. 79-84, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00284-009-9578-5>

Summy, K.R.; Cate, J.R.; Bar, D. Overwinter survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southern Texas: Entrapment in desiccated bolls. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, n. 2, p. 421-426, 1993. <https://doi.org/10.1093/jee/86.2.421>

Straw, E.A.; Carpentier, E.N.; Brown, M.J.F. Roundup causes high levels of mortality following contact exposure in bumble bees. **Journal of Applied Ecology**, v. 58, n. 6, p. 1167-1176, 2021. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13867>

Texas Department of Agriculture - TDA. Cotton pest control: regulatory programs - cotton stalk destruction. Chapter 20. Austin: TDA, 2019. Disponível em: <https://www.texasagriculture.gov/RegulatoryPrograms/CottonStalkDestruction.aspx>. Acesso em: jul. 2022.

Torres, J.B.; Pontes, I.A.V.F.; Santos, R.L.; Neves, R.C.S. **Principais pragas do algodoeiro em Pernambuco**. Informativo REDALGO: Pragas do Algodoeiro. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 6 p.

ARTIGO I

Produtos auxiliares da colheita do algodão podem favorecer a formação de estruturas utilizadas por *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) para sobreviver durante os períodos de entressafra do algodão*

***Situação:** submetido

Produtos auxiliares da colheita do algodão podem favorecer a formação de estruturas utilizadas por *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) para sobreviver durante os períodos de entressafra do algodão

Willian S. do Vale*, Beatriz M. L. de Moraes*, Iuri dos Santos*, Beatriz S. Coelho*, Ana Carolina P. Cardoso*, Benício de M. Santos Neto*, Lilian R. Araújo*, Cristina S. Bastos†, Carlos A. Domingues da Silva‡, José C. Zanuncio§ e Maria Aparecida Castellani*

*Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil, †Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil, ‡Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 58428-095, Campina Grande, PB, Brasil e §Departamento de Entomologia/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, Vila Matoso, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

Correspondente: Willian Santos do Vale. Tel.: +55 77 99961 6922; e-mail: williandovale@outlook.com

Resumo

- 1 O hábito de crescimento do algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. é indeterminado, com grande quantidade de estruturas vegetativas e reprodutivas imaturas ao final do seu ciclo de cultivo. Isto torna necessário o uso de desfolhantes para promover a abscisão dessas estruturas e possibilitar a colheita mecanizada. No entanto, desfolhantes podem prejudicar o desenvolvimento de frutos imaturos.
- 2 O presente estudo examinou o efeito de desfolhantes, aplicados isoladamente ou combinados entre si ou com inseticida, na formação de estruturas reprodutivas secas e deformadas do algodoeiro, conhecidas como carimãs, e na mortalidade do bicudo que se abriga nessas estruturas durante a entressafra do algodoeiro. Além disso, foi avaliada a suscetibilidade do bicudo dentro de carimãs à ação de inseticidas.
- 3 Desfolhantes podem aumentar o número de carimãs em até 3,4 vezes, em relação à testemunha, 20 dias após sua aplicação. Esses produtos não foram

tóxicos para o bicudo, quando aplicados isoladamente, e não tiveram efeitos sinérgicos de toxicidade, quando combinados entre si ou com inseticida. O número de bicudos vivos, ao final dos experimentos, dentro de carimãs pulverizados com inseticida, foi 8,4 vezes maior que os pulverizados diretamente.

- 4 Os desfolhantes podem aumentar a formação de carimãs e a sobrevivência do bicudo durante o período de entressafra do algodoeiro, dificultando o manejo dessa praga.

Palavras-chave: bicudo, *Gossypium hirsutum*, herbicidas, inseticidas, manejo integrado de pragas.

Introdução

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae), é de crescimento indeterminado e contínuo durante sua fase reprodutiva (Greenberg *et al.*, 2004a; Cothren e Oosterhuis, 2010). Assim, perto da colheita, a planta apresenta grande número de folhas, botões florais, flores e maçãs verdes (Ferreira e Lamas, 2006; Santos, 2015a; Dodds *et al.*, 2018; Leon *et al.*, 2020). Estruturas reprodutivas formadas ao final do ciclo de cultivo do algodão não se desenvolvem até a colheita, servindo apenas como recursos alimentares, local de oviposição e abrigo de pragas (Greenberg *et al.*, 2004a; Ferreira e Lamas, 2006; Santos, 2015a; Leon *et al.*, 2020). Uma dessas pragas é o bicudo, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), considerada uma das principais do algodão no Hemisfério Ocidental (Showler, 2007; Azambuja e Degrande, 2014; Miranda e Rodrigues, 2015; de Oliveira *et al.*, 2016).

O uso de desfolhantes, ao final do ciclo de cultivo do algodão, leva a abscisão das estruturas vegetativas e reprodutivas, viabilizando a colheita mecanizada (Santos, 2015b; Bélot *et al.*, 2016; Leon *et al.*, 2020). Alguns desfolhantes contêm herbicidas e substâncias hormonais, como carfentrazone-ethyl e glyphosate-diammonium, promovendo a produção de etileno em resposta à lesão pelos mesmos (Ferreira e Lamas, 2006; Dodds *et al.*, 2018; Leon *et al.*, 2020). Alternativamente, thidiazuron, ethephon e ethephon + cyclanilida são desfolhantes de base hormonal que aumentam a síntese de etileno, cuja produção provoca abscisão de folhas e botões florais sem causar lesões (Ferreira e Lamas, 2006; Dodds *et al.*, 2018; Leon *et al.*, 2020). Inseticidas são, comumente, combinados com desfolhantes para reduzir populações altas de bicudo no

final do ciclo de cultivo do algodoeiro (Showler, 2003; Showler *et al.*, 2005; Santos, 2015b; Bélot *et al.*, 2016).

No entanto, os desfolhantes podem impedir o desenvolvimento adequado de frutos jovens de algodão (Wrona *et al.*, 1996; Ferreira e Lamas, 2006; Greenberg *et al.*, 2007), mas seus efeitos na formação de carimãs são desconhecidos (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Ribeiro *et al.*, 2015). Bicudos adultos, no interior de carimãs, estão protegidos do calor e dessecação na superfície do solo, aplicações de pesticidas e de inimigos naturais (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Showler e Scott, 2004). Essas estruturas retêm o bicudo do algodoeiro e podem cair no solo ou ficar presas nas plantas, liberando gradativamente (Santos, 2015b) e permitindo a sobrevivência dos bicudos adultos até a próxima safra de algodão (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Ribeiro *et al.*, 2020; do Vale *et al.*, 2021).

Estudos têm demonstrado que a formação de carimãs pode ser estimulada pela adubação inadequada com nitrogênio (Ferrari *et al.*, 2012), fitopatógenos (Mailhot *et al.*, 2007; Srivastava *et al.*, 2010), tipo de cultivar (do Vale *et al.*, 2021) e danos mecânicos por artrópodes fitófagos em botões florais e/ou maçãs (Praça, 2007; Osekre *et al.*, 2009). No entanto, os efeitos de desfolhantes na formação de carimãs e na mortalidade de bicudos são pouco conhecidos (Soares e Busoli, 1996; Greenberg *et al.*, 2004; Greenberg *et al.*, 2007). Além disso, em certos casos, a adição de inseticida ao desfolhante pode causar efeitos aditivos e/ou sinérgicos, aumentando a mortalidade de insetos-praga (Greenberg *et al.*, 2004a; Liu e Greenberg, 2011; Kraus e Stout, 2019; Straw *et al.*, 2021). O presente estudo examinou a influência de desfolhantes, aplicados isoladamente ou em combinação entre si, na formação de carimãs pelo algodoeiro, no final do ciclo de cultivo da cultura. Investigamos, também, a influência dos desfolhantes, aplicados isoladamente, combinados entre si ou com inseticida, na mortalidade do bicudo. Além disso, testamos a suscetibilidade do bicudo dentro de carimãs à ação de inseticidas.

Material e métodos

Local e período experimental

Este estudo foi realizado no Campo Experimental Agropecuário e no Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Bahia, Brasil (14° 53' 24" S, 40° 47' 51" W; 928 m acima do nível do mar), de outubro de 2020 a abril de 2021. O clima local é do tipo subtropical de altitude, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, com precipitação média anual de

733,9 mm concentrada de novembro a março (SEI, 1999). As temperaturas médias, mínimas e máximas foram de 16,3 °C e 25,8 °C, respectivamente, de outubro de 2020 a abril de 2021 (INMET, 2021).

Plantas de algodão

Sementes de algodão da cultivar FM 975 WS (BASF SA, São Paulo, SP, Brasil) foram semeadas no dia 13/10/2020, em vasos plásticos (15 L), deixando-se uma planta por vaso com solo Latossolo Amarelo Típico de textura média, obtido a partir de um perfil de 0 a 20 cm, triturado, homogeneizado e corrigido com calcário dolomítico (Deil Mineração LTDA, Ipororó, BA, Brasil), 90 dias antes da semeadura. As plantas, cultivadas sem uso de agrotóxicos, foram mantidas em gaiolas (2 x 2 x 2 m) com tela anti-inseto (tela de polietileno 50 mesh, Lahuman Indústria Comércio Plásticos, Sumaré, SP, Brasil) para evitar a entrada de fitófagos e adubadas, conforme análise prévia do solo, de acordo com as técnicas recomendadas para o cultivo (Borin *et al.*, 2014). Os fertilizantes utilizados foram: ureia (45% nitrogênio; 0,24 g planta⁻¹ de base e três aplicações de cobertura de 0,51 g planta⁻¹ aos 22, 34 e 55 dias após a semeadura), pentóxido de fósforo (18% P₂O₅; 3,89 g planta⁻¹ dose única) e cloreto de potássio (60% K₂O; 0,54 g planta⁻¹ de base e duas aplicações de cobertura de 0,54 g planta⁻¹ aos 22 e 34 dias após a semeadura) como fonte de N-P-K (Fertilizantes Heringer S.A., Paulínia, SP, Brasil). As plantas foram irrigadas uma vez ao dia (500 mL).

Insetos

Botões florais de algodão, cultivar FM 975 WS, com sinais de oviposição do bicudo foram coletados de plantas cultivadas sem agrotóxicos no campo experimental. Esses botões florais, no laboratório, foram individualizados e mantidos em recipientes plásticos transparentes (6,0 × 4,5 cm; diâmetro × altura), forrados com tecido organza (tamanho da malha = 90 µm) em sala climatizada (25 ± 3 °C; 70% ± 20% de umidade relativa; fotoperíodo 12:12 h), até a emergência dos adultos do bicudo, quando foram transferidos para outros recipientes plásticos e alimentados com botões florais e um pequeno chumaço de algodão umedecido com água destilada como fonte de água. Os botões florais e o algodão umedecido foram trocados a cada 72 horas.

Desfolhantes e inseticida

Os desfolhantes comerciais e o inseticida foram utilizados conforme as doses recomendadas para o algodão no Brasil (MAPA, 2020): a) desfolhantes: carfentrazone-ethyl a 0,22 mg i.a. mL⁻¹ de sua formulação comercial (Aurora® 400 EC, concentrado emulsificável, 400 g i.a. L⁻¹, FMC Química do Brasil LTDA, Campinas, SP, Brasil), glyphosate-diammonium a 2,0 mg i.a. mL⁻¹ de sua formulação comercial (Roundup Original DI, concentrado solúvel, 445 g i.a. L⁻¹, Monsanto do Brasil LTDA, São Paulo, SP, Brasil), ethephon + cyclanilide 4,8 + 0,6 mg i.a. mL⁻¹ de sua formulação comercial (Finish®, suspensão concentrada, 480 + 60 g i.a. L⁻¹, Bayer S.A., São Paulo, SP, Brasil) e b) inseticida lambda-cyhalothrin a 0,05 mg i.a. mL⁻¹ de sua formulação comercial (Karate Zeon 50 CS, suspensão encapsulada, 50 g i.a. L⁻¹, Syngenta Proteção de Culturas LTDA, São Paulo, SP, Brasil).

Bioensaio 1 – Efeito de desfolhantes nas folhas e estruturas reprodutivas do algodão

Os tratamentos com desfolhantes foram aplicados em plantas de algodão com 180 dias de idade, desde a semeadura, quando 60% dos capulhos estavam abertos. As plantas foram retiradas das gaiolas e alinhadas, simulando uma linha de cultivo para a pulverização, com os seguintes tratamentos: 1) carfentrazone-ethyl, 2) ethephon + cyclanilida, 3) glyphosate-diamonium, 4) carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilida, 5) glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide e 6) água destilada (testemunha) com 16 plantas por tratamento. A mistura de ethephon + cyclanilide foi aplicada aos 10 dias após a aplicação de carfentrazone-ethyl e glyphosate-diamonium em seus respectivos tratamentos, de acordo com a recomendação comercial para o algodão (Ferreira e Lamas, 2006; MAPA, 2020). A pulverização foi aplicada na parte aérea, 50 cm acima do topo das plantas com um pulverizador costal de CO₂ (Herbicat, Catanduva, SP, Brasil), equipado com bico tipo leque (marca modelo JSF 11002 - RG 1.197.476, Máquinas Agrícolas Jacto, Pompéia, SP, Brasil), operando a 310,3 kPa (45 psi) para atingir um volume de calda de 200 L ha⁻¹. As plantas, após o tratamento, foram mantidas em casa de vegetação. Os números de carimãs, capulhos, botões florais, maçãs, folhas verdes totalmente expandidas e folhas secas foram avaliados a cada 10 dias, a partir da data de aplicação, e até os 240 dias de idade das plantas. Os carimãs formados foram coletados em cada data de avaliação e enviados ao laboratório para determinação do comprimento, diâmetro (paquímetro digital modelo IP54, resolução = 0,01 mm, ZAAS Precision, Piracicaba, SP, Brasil) e massa (balança analítica modelo AUY220, precisão = 0,1 mg, Shimadzu do Brasil, Barueri, SP, Brasil) dos mesmos. A medida da área basal (próximo ao pedúnculo)

até o ápice do carimã foi designada como “comprimento” e a maior medida perpendicular ao comprimento como “diâmetro”.

Bioensaio 2 – Efeito tóxico de desfolhantes no bicudo

Bicudos adultos (9-10 dias de idade, $n = 25$ por tratamento) foram divididos em grupos de cinco indivíduos (parcela experimental) e submetidos aos seis tratamentos usados no bioensaio 1. De forma semelhante, o ethephon + cyclanilide foi aplicado nos tratamentos com aplicação combinada no 10º dia após o uso de carfentrazone-ethyl e glyphosate-diammonium em seus respectivos tratamentos. Os tratamentos foram aplicados em uma torre de Potter (Burkard Manufacturing Co., Hertfordshire, Inglaterra) (Potter, 1952). O volume das soluções preparadas para cada pulverização foi de 4 mL, aplicadas a 103,4 kPa (15 psi). Cinco bicudos foram distribuídos, aleatoriamente, por placa de Petri (diâmetro = 90 mm), forrada com papel filtro (Metaquímica Produtos Ltda, Jaraguá do Sul, SC, Brasil), com cinco repetições por tratamento. Cada bicudo, após a aplicação, foi transferido para um recipiente plástico transparente (6,0 × 4,5 cm; diâmetro × altura), forrado com tecido organza (malha = 90 μ m) com um botão de floral de algodão e um pequeno chumaço de algodão umedecido com água destilada, trocados a cada 72 horas, e mantidos em sala climatizada (25 ± 3 °C; $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa; fotoperíodo 12:12 h). A mortalidade do bicudo foi monitorada a cada 72 h até o 9º dia após o tratamento dos insetos. Um bicudo foi considerado morto, quando não se moveu ao ter seu rostro ou abdômen, levemente, pressionado com uma pinça (Greenberg *et al.*, 2004a; do Vale *et al.*, 2021). O teste foi repetido três vezes durante um período de dois meses, com intervalos de 15 dias.

Bioensaio 3 – Efeito tóxico de desfolhantes isolados e combinados com inseticida no bicudo

Bicudos adultos (9-10 dias de idade, $n = 25$ por tratamento) foram divididos em grupos de cinco indivíduos e pulverizados com os seguintes tratamentos: 1) carfentrazone-ethyl, 2) glyphosate-diammonium, 3) ethephon + cyclanilide, 4) lambda-cyhalothrin, 5) carfentrazone-ethyl + lambda-cyhalothrin, 6) ethephon + cyclanilide + lambda-cyhalothrin, 7) glyphosate-diammonium + lambda-cyhalothrin e 8) água destilada (controle). A pulverização foi realizada com uma torre de Potter, como no bioensaio 2, e o teste foi repetido três vezes, durante dois meses, com intervalos de 15 dias.

Bioensaio 4 – Efeito de inseticida em bicudos no interior de carimãs

Carimãs ($n = 180$ por tratamento) da cultivar FM 975 WS foram coletadas de plantas sem uso de agrotóxicos, do campo experimental, e levados para laboratório, onde um orifício (diâmetro = 8 mm; profundidade = 10 mm) foi aberto em cada um com uma broca de metal acoplada a uma furadeira elétrica e um bicudo adulto (9-10 dias de idade) introduzido em cada orifício. Esses orifícios foram fechados com uma mistura de cera de abelha aquecida + resíduos do material extraído dos carimãs e mantidos em sala climatizada (25 ± 3 °C; $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa; fotoperíodo 12:12 h) por 24 h. Após esse período, os carimãs foram fixados, colando-se o pedúnculo dos mesmos em discos de isopor (espessura = 8 mm; diâmetro = 90 mm) com quatro carimãs por disco. Os discos foram colocados em placas de Petri (diâmetro = 90 mm) e submetidos à aplicação dos tratamentos: 1) lambda-cyhalothrin e 2) água destilada (controle) em torre de Potter. O volume das soluções de cada pulverização foi de 4 mL, aplicadas a 103,4 kPa (15 psi). Os discos, após a aplicação com os carimãs, foram transferidos para recipiente plástico transparente ($10,0 \times 11,0$ cm; diâmetro \times altura), forrado com tecido de organza (tamanho da malha = 90 μ m), e mantidos em sala climatizada (25 ± 3 °C; $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa; fotoperíodo 12:12 h). As avaliações foram realizadas a cada 24 horas, dissecando 60 carimãs de cada tratamento para avaliar a mortalidade do bicudo, até 72 horas após a aplicação. Um segundo experimento, com a aplicação dos tratamentos descritos diretamente sobre o bicudo (9-10 d de idade; $n = 60$ por tratamento) foi realizado simultaneamente para se verificar, com a mesma metodologia utilizada nos bioensaios 2 e 3, a eficácia do inseticida. A mortalidade dos bicudos foi avaliada a cada 24 h, até 72 h após a aplicação dos tratamentos. Os testes foram repetidos três vezes, com intervalos de três dias.

Análise estatística

O número de carimãs, capulhos, maçãs, botões florais, folhas verdes e folhas secas foi analisado usando-se um modelo linear generalizado (GLM) com a distribuição de erros de Poisson (R Core Team, 2021). As médias foram separadas entre tratamentos com teste de hipótese linear geral [função *glht* do pacote *emmeans* em R (Lenth, 2019)]. Dados do comprimento, diâmetro e massa dos carimãs foram transformados em $\log(x + 1)$ e analisados usando um modelo linear (LM) (R Core Team, 2021). As médias dos tratamentos foram separadas por exclusão gradual de termos não significativos no modelo

(Crawley, 2012). O número de bicudos mortos após 3, 6 e 9 dias (bioensaios 2 e 3); ou 24, 48 e 72 h (bioensaio 4) da aplicação dos tratamentos foi analisado usando-se um modelo linear generalizado de efeito misto (GLMM) [função *glmer* do pacote *lme4* em R (Bates *et al.*, 2015)] com a distribuição de erros de Poisson. Tratamentos foram considerados como fator fixo independente e as datas de avaliação como efeitos aleatórios. As médias foram separadas entre os tratamentos por data de avaliação com teste de hipótese linear geral [função *glht* do pacote *emmeans* em R (Lenth, 2019)]. As análises foram realizadas com o *software* estatístico R (R Core Team, 2021).

Resultados

Carimãs e capulhos

O número de carimãs variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 21,68$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 18,76$, $df = 6$, $P < 0,001$). O número de carimãs foi, aos 200 dias, 3,4 vezes maior nas plantas tratadas com carfentrazone-ethyl e ethephon + cyclanilida que no controle (Fig. 1A). Aos 210 dias, este número foi 2,8 maior com os carfentrazone-ethyl, ethephon + cyclanilida e carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilida que no controle (Fig. 1A). Aos 220 dias, o número de carimãs foi menor no controle e com glyphosate-diammonium (Fig. 1A). A partir de 230 dias, o número de carimãs nas plantas tratadas com carfentrazone-ethyl foi maior que o daquelas tratadas com ethephon + cyclanilida, carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilida, glyphosate-diammonium e controle (Fig. 1A).

O número de capulhos variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 30,58$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 85,49$, $df = 6$, $P < 0,001$). Aos 200 dias, o número de capulhos de plantas tratadas com carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilida, ethephon + cyclanilida e glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilida foi 1,4 maior que no controle (Fig. 1B). Esse padrão foi observado até os 220 dias, quando este número foi semelhante entre tratamentos (Fig. 1B).

Botões florais e maçãs

O número de botões florais variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 509,12$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 273,06$, $df = 6$, $P < 0,001$). Aos 190 dias, esse número foi 7,7 maior no controle e com glyphosate-diammonium e glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilida que nos

outros tratamentos (Fig. 1C). De 200 a 210 dias, o número de botões florais foi maior no controle que nos demais tratamentos (Fig. 1C). Depois de 220 dias, este número foi semelhante entre tratamentos (Fig. 1C).

O número de maçãs variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 596,59$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 533,27$, $df = 6$, $P < 0,001$). Esse número foi, aos 200 dias, 3,1 vezes maior em plantas tratadas com ethephon + cyclanilide, carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide e glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide que nos outros tratamentos (Fig. 1D). Após os 210 dias, o número de maçãs nos três grupos tratados com ethephon + cyclanilide, isoladamente ou combinados, foi menor do que no controle (Fig. 1D).

Folhas verdes e secas

O número de folhas verdes variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 253,62$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 160,72$, $df = 6$, $P < 0,001$). Aos 190 dias, esse número foi menor com ethephon + cyclanilide (Fig. 1E) e aos 200 dias, foi 3,1 vezes menor com glyphosate-diammonium, ethephon + cyclanilide, glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide e carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide que com carfentrazone-ethyl (Fig. 1E). De 210 a 230 dias, o número de folhas verdes foi maior em plantas tratadas com ethephon + cyclanilide e no controle (Fig. 1E). Aos 240 dias, esse número foi maior em plantas tratadas com ethephon + cyclanilide, glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide e carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (Fig. 1E).

O número de folhas secas variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 671,96$, $df = 5$, $P < 0,001$) e tempo após a aplicação (modelo linear generalizado, $\chi^2 = 383,24$, $df = 6$, $P < 0,001$). Aos 190 dias, o número de folhas secas foi menor no controle (Fig. 1F); e aos 200 dias, 3,3 vezes maior com carfentrazone-ethyl do que com os demais desfolhantes (Fig. 1F). Dos 210 a 230 dias, o número de folhas secas foi maior com carfentrazone-ethyl e ethephon + cyclanilida, isoladamente ou combinados (Fig. 1F). Aos 240 dias, esse número foi 5,7 maior com ethephon + cyclanilida do que nos demais tratamentos (Fig. 1F).

Comprimento, massa e diâmetro dos carimãs

O comprimento (modelo linear, $F = 0,98$, $df = 5$, $P = 0,115$) e massa (modelo linear, $F = 1,18$, $df = 5$, $P = 0,327$) dos carimãs foram semelhantes entre tratamentos. O

comprimento e massa dos carimãs foram, em média, de $21,8 \pm 1,2$ mm e de $3,3 \pm 0,9$ g, respectivamente. O diâmetro dos carimãs variou entre tratamentos (modelo linear, $F = 2,57$, $df = 5$, $P = 0,028$), sendo 44,5% menor naqueles de plantas tratadas com carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilid e glyphosate + ethephon + cyclanilida do que no controle (Fig. 2).

Mortalidade de bicudos

O número de bicudos mortos foi semelhante com a aplicação de desfolhantes ou água destilada aos 3 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 7,14$, $df = 5$, $P = 0,210$), 6 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 8,39$, $df = 5$, $P = 0,136$) e 9 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 10,24$, $df = 5$, $P = 0,069$) dias após a aplicação dos tratamentos (Fig. 3). Ao final do experimento, 6,4% dos bicudos estavam mortos (Fig. 3).

O número de bicudos mortos diferiu com a aplicação combinada de desfolhante + inseticida (bioensaio 3) entre tratamentos nos dias 3 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 168,04$, $df = 7$, $P < 0,001$), 6 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 162,77$, $df = 7$, $P < 0,001$) e 9 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 164,75$, $df = 7$, $P < 0,001$) dias após a aplicação (Fig. 4). O número de bicudos mortos foi sempre maior com a aplicação de inseticida isolado ou combinado com desfolhantes (Fig. 4). Ao final do experimento 5,0% e 70,0% dos bicudos estavam mortos nos tratamentos sem e com inseticida, respectivamente.

O número de bicudos mortos, dentro dos carimãs (bioensaio 4), não diferiu entre a aplicação de lambda-cyhalothrin ou água destilada, após 24 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 1,59$, $df = 1$, $P = 0,207$), 48 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 1,99$, $df = 1$, $P = 0,159$) e 72 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 0,68$, $df = 1$, $P = 0,410$) horas após a aplicação dos tratamentos (Fig. 5). No entanto, isso diferiu entre tratamentos, quando os produtos foram aplicados diretamente no bicudo após 24 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 228,90$, $df = 1$, $P = < 0,001$), 48 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 246,15$, $df = 1$, $P = < 0,001$) e 72 (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 245,37$, $df = 1$, $P = < 0,001$) horas após a aplicação (Fig. 5). Ao final do experimento, o número de bicudos vivos foi 8,4 vezes maior dentro de carimãs pulverizados com inseticida do que quando os bicudos foram pulverizados diretamente.

Discussão

Os desfolhantes avaliados aumentaram o número de carimãs, em relação à testemunha, em pelo menos uma data de avaliação, com exceção do tratamento com glyphosate-diammonium, o que indica que o uso de desfolhantes pode potencializar a formação de carimãs por plantas de algodão. A maior formação de carimãs, além de prejudicar a colheita e comercialização da fibra do algodoeiro pelo aumento de contaminantes (Azambuja e Degrande 2014; Bélot *et al.*, 2016), pode favorecer a sobrevivência daqueles bicudos que já se desenvolviam dentro das maçãs verdes do algodoeiro tratadas com desfolhantes. Essas maçãs, após serem tratadas com desfolhantes, se transformaram em carimãs e, assim, puderam manter os adultos do bicudo vivos no seu interior, durante a entressafra, protegendo-os da ação dos inseticidas utilizados no final do ciclo da cultura, como nossos resultados sugerem. Vários estudos relatam a capacidade do bicudo de sobreviver durante a entressafra em carimãs (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Ribeiro *et al.*, 2015; do Vale *et al.*, 2021). Além disso, os desfolhantes não exerceram efeitos tóxicos sobre o bicudo, o que difere de relatos de que esses produtos, sozinhos ou combinados com inseticida, podem ter efeitos na mortalidade de insetos (Greenberg *et al.*, 2004a; Liu e Greenberg, 2011; Pires *et al.*, 2017; Straw *et al.*, 2021). Assim, além de aumentar o número de carimãs, a população de bicudo não é reduzida pelo efeito direto dos desfolhantes. Esses resultados evidenciam como as práticas agrícolas na produção de algodão podem influenciar o manejo do bicudo durante a entressafra (Showler, 2003; Greenberg *et al.*, 2004b; Ribeiro *et al.*, 2015; Pires *et al.*, 2017).

Plantas tratadas com carfentrazone-ethyl formaram mais carimãs do que o controle, em todas as avaliações, a partir do 20º dia após sua aplicação, no entanto, quando carfentrazone-ethyl foi combinado com ethephon + cyclanilida, o número de carimãs foi semelhante ao controle em três datas a partir do 20º dia. Entretanto, o contrário ocorreu com a aplicação de glyphosate-diammonium, que não apresentou diferenças em relação à testemunha ao longo do experimento; mas, quando combinado com ethephon + cyclanilide, proporcionou maior número de carimãs em todas as avaliações, a partir do 220º dia. Esses resultados confirmam a importância de se conhecer os efeitos da aplicação de desfolhantes, isolados e combinados, pois podem afetar a infestação e o manejo de pragas do algodoeiro (Greenberg *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2015; Leon *et al.*, 2020), como o bicudo.

O menor diâmetro dos carimãs, devido à aplicação dos desfolhantes, reduz o volume de recursos disponíveis para as fases iniciais do desenvolvimento do bicudo. O bicudo, para sobreviver à entressafra do algodoeiro dentro dos carimãs, necessita obter reservas energéticas adequadas, que são influenciadas pela quantidade de alimento ingerido por sua larva (Busoli *et al.*, 1994; Degrande, 1998). As maçãs produzidas após a pulverização de desfolhantes são frequentemente deformadas, mas não afetam a reprodução ou desenvolvimento do bicudo (Greenberg *et al.*, 2007). O bicudo oviposita nessas maçãs deformadas e sua prole pode se desenvolver nas mesmas onde estão protegidos (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Showler e Scott, 2004). No entanto, a menor quantidade de reservas disponíveis, em maçãs tratadas com desfolhantes (futuros carimãs), pode reduzir a longevidade desses bicudos em seu interior ou forçar a emergência precoce do adulto, para procurar por recursos alimentares alternativos, a fim de sobreviver à entressafra do algodão (Cuadrado e Garralla, 2000; Showler, 2006; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015).

A aceleração do desenvolvimento e maturação dos frutos, com a aplicação isolada de ethephon + cyclanilida, ou combinado com carfentrazone-ethyl ou glyphosate-diamonium, levou a 97% dos mesmos estarem prontos para a colheita (capulhos) já aos 200 dias (ou 20 dias após sua aplicação). Dessa forma, as plantas de algodão podem ficar menos tempo em campo, podendo ser utilizada como uma estratégia para prolongar o período de entressafra da cultura. Além disso, os desfolhantes reduziram drasticamente o número de folhas verdes, botões florais e maçãs verdes a partir dos 200 dias de idade da planta, tornando escassas as estruturas do algodoeiro que poderiam ser utilizadas como hospedeiros alimentar e de reprodução do bicudo (Degrande, 1998; Gabriel, 2002; Azambuja e Degrande, 2015). Desse modo, há uma redução da oferta de alimento para os bicudos remanescentes, que precisarão buscar recursos alimentares alternativos na vegetação nativa para sobreviver ao período de entressafra do algodão (Cuadrado e Garralla, 2000; Showler, 2006; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015). O início do desenvolvimento, pelos algodoeiros, de folhas verdes e alguns botões florais, principalmente, a partir dos 210 dias de idade, indicam a necessidade de técnicas adicionais de destruição da soqueira dessas plantas para melhorar a eficiência dos períodos de vazio sanitário (Showler, 2003; Greenberg *et al.*, 2004b; Greenberg *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2015).

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia (FAPESB) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas de apoio financeiro. Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES - Código Financeiro 001). W.S.V. foi apoiado pelo Programa de Demanda Social – DS, CAPES/CNPq – Brasil; e M.A.C. pela FAPESB e CNPq.

Referências

- Azambuja, R. & Degrande, P.E. (2014) Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, **81**, 377–410 [em português com resumo em inglês].
- Azambuja, R. & Degrande, P.E. (2015) Biologia e ecologia do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle* (ed. by J.L. Bélot). Instituto Mato-grossense do Algodão, Cuiabá, Brasil [em português].
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, **67**, 1–48.
- Bélot, J.L., Barros, E.M. & Miranda, J.E. (2016) Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro. *Desafios do Cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade* (ed. by AMPA, APROSOJA-MT & Embrapa). Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, Cuiabá, Brasil [em português].
- Borin, A.L.D.C., Ferreira, G.B. & Carvalho, M.C.S. (2014) *Adubação do algodoeiro no ambiente de cerrado*. Comunicado Técnico N° 375. Embrapa Algodão, Campina Grande, Brasil. 8 pp. [em português].
- Busoli, A.C., Soares, J.J. & Lara, F.M. (1994) *O bicudo do algodoeiro e seu manejo*. Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, Jaboticabal, Brasil. 32 pp. [em português].
- Cothren, J.T. & Oosterhuis, D.M. (2010) Use of growth regulators in cotton production. *Physiology of Cotton: 2th edition* (ed. by J. Stewart, D.M. Oosterhuis, J.J. Heitholt & J.R. Mauney). Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Crawley, M.J. (2012) *The R Book*. John Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom. 949 pp.

- Cuadrado, G.A. & Garralla, S.S. (2000) Plantas alimenticias alternativas del picudo del algodonero (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae) en la provincia de Formosa, Argentina. Análisis palinológico del tracto digestivo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **29**, 245–255 [em espanhol com resumo em inglês].
- de Oliveira, R.S., Oliveira-Neto, O.B., Moura, H.F.N., de Macedo, L.L.P., Arraes, F.B.M., Lucena, W.A., Lourenço-Tessutti, I.T., de Deus Barbosa, A.A., da Silva, M.C.M. & Grossi-de-Sa, M.F. (2016) transgenic cotton plants expressing cry1ia2 toxin confer resistance to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). *Frontiers in Plant Science*, **7**, 165.
- Degrande, P.E. (1998) *Guia prático de controle das pragas do algodoeiro*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Brasil. 60 pp. [em português].
- do Vale, W.S., Castellani, M.A., de Novais, V.R., Dias, W.S.R., Lima, A.C.S., Ribeiro, E.B., Cardoso, A.D. & da Silva, C.A.D. (2021) Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. *The Canadian Entomologist*, **153**, 714–725.
- Dodds, D.M., Reynolds, D., Fromme, D., Sandlin, T., Raper, T.B. & Robertson, B. (2018) *2018 Mid-south cotton defoliation guide*. MidSouth Cotton Specialists' Working Group, Tennessee, United States [WWW Document]. URL http://www.mississippi-crops.com/wp-content/uploads/2018/08/W376_2018.pdf [acessado em 14 de novembro de 2021].
- Ferrari, S., Furlani Junior, E., Ferrari, J.V. & Alberton, J.V. (2012) Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, **7**, 226–232 [em português com resumo em inglês].
- Ferreira, A.C. de B. & Lamas, F.M. (2006) *Uso de reguladores de crescimento, desfolhantes, desseccantes e maturadores na cultura do algodoeiro*. Circular Técnica N° 95. Embrapa Algodão, Campina Grande, Brasil. 8 pp. [em português].
- Gabriel, D. (2002). Avaliação de malváceas cultivadas como hospedeiras alternativas para a reprodução do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh. 1843, no laboratório. *Arquivos do Instituto Biológico*, **69**, 69–76 [em português].
- Greenberg, S.M., Sappington, T.W., Elzen, G.W., Norman, J.W. & Sparks, A.N. (2004a) Effects of insecticides and defoliants applied alone and in combination for control of overwintering boll weevil (*Anthonomus grandis*; Coleoptera: Curculionidae) — laboratory and field studies. *Pest Management Science*, **60**, 849–858.

- Greenberg, S.M., Showler, A.T., Sappington, T.W. & Bradford, J.M. (2004b) Effects of burial and soil condition on postharvest mortality of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in fallen cotton fruit. *Journal of Economic Entomology*, **97**, 409–413.
- Greenberg, S.M., Sparks, A.N.J., Norman, J.W.J., Coleman, R., Bradford, J.M., Yang, C., Sappington, T.W. & Showler, A. (2007) Chemical cotton stalk destruction for maintenance of host-free periods for the control of overwintering boll weevil in tropical and subtropical climates. *Pest Management Science*, **63**, 372–380.
- INMET [Instituto Nacional de Meteorologia] (2021) *Dados Históricos Anuais*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Brasil. [WWW document]. URL <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> [acessado em 28 de novembro de 2021].
- Kraus, E.C. & Stout, M.J. (2019) Direct and Indirect Effects of Herbicides on Insect Herbivores in Rice, *Oryza sativa*. *Scientific Reports*, **9**, 6998.
- Lenth, R.V. (2019) *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means R package version 1.4.3.01*, Vol. **1-90**. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.
- Leon, R.G., Wright, D.L. & Brecke, B.J. (2020) *2020 Cotton Defoliation and Harvest Aid Guide*. Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, United States. 7 pp.
- Liu, T.-X. & Greenberg, S.M. (2011) Effects of selected defoliant in combination with insecticides on the sweetpotato whitefly (hemiptera: aleyrodidae) and its parasitoids in cotton. *Journal of Entomological Science*, **46**, 308–314.
- Macêdo, J.A.D., Castellani, M.A., Santos, F.A.R., Oliveira, P.P. & Maluf, R.P. (2015) Fontes alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-do-algodoeiro em duas regiões produtoras de algodão na Bahia. *Revista Caatinga*, **28**, 255–262 [em português com resumo em inglês].
- Mailhot, D.J., Marois, J.J. & Wright, D.L. (2007) Influence of flower thrips on fusarium hardlock severity. *Plant Disease*, **91**, 1423–1429.
- MAPA [Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento] (2020) *Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário*. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura. Brasília, Brasil. [WWW document]. URL http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons [acessado em 14 de novembro de 2021].

- Miranda, J.E. & Rodrigues, S.M.M. (2015) História do bicudo no Brasil. *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle* (ed. by J.L. Bélot). Instituto Mato-grossense do Algodão, Cuiabá, Brasil [em português].
- Osekre, E.A., Wright, D.L., Marois, J.J. & Funderburk, J. (2009) Flower-inhabiting *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae), pesticides, and *Fusarium* hardlock in cotton. *Journal of Economic Entomology*, **102**, 887–896.
- Pires, C.S.S., Pimenta, M., Mata, R.A. da, Souza, L.M., Paula, D.P., Sujii, E.R. & Fontes, E.M.G. (2017) Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**, 149–160.
- Potter, C. (1952) An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray fluids. *Annals of Applied Biology*, **39**, 1–28.
- Praça, L.B. (2007) *Anthonomus grandis Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae)*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, Brasil. 23 pp. [em português].
- R Core Team (2021) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna [WWW Document]. URL <https://www.r-project.org/> [acessado em 14 de novembro de 2021].
- Ribeiro, E.B., Castellani, M.A., Silva, C.A.D. da, Melo, T.L., Silva, G.S., do Vale, W.S. & Santos, A.S. (2015) Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **50**, 993–998 [em português com resumo em inglês].
- Ribeiro, E.B., Silva, C.A.D. da, Novais, V.R., do Vale, W.S., Silva, G.S., Melo, T.L., Leite, S.A. & Castellani, M.A. (2020) Formação de carimãs e sobrevivência do bicudo do algodoeiro em cultivares de algodão. *Scientia Plena*, **16**, 1–6 [em português com resumo em inglês].
- Ribeiro, P. de A., Sujii, E.R., Diniz, I.R., Medeiros, M.A. de, Salgado-Labouriau, M.L., Branco, M.C., Pires, C.S.S. & Fontes, E.M.G. (2010) 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*, **39**, 28–34.

- Santos, W.J. (2015a) Manejo das pragas do algodão, com destaque para o cerrado brasileiro. *Algodão no cerrado do Brasil: 3ª edição* (ed. by E.C. Freire). Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, Brasil [em português].
- Santos, W.J. (2015b) Medidas estratégicas de controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh., 1843). *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle* (ed. by J.L. Bélot). Instituto Mato-grossense do Algodão, Cuiabá, Brasil [em português].
- SEI [Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia] (1999) *Balancão hídrico do estado da bahia, notas de estudo de engenharia agrônômica*. Série Estudos e Pesquisas. Governo da Bahia, Salvador, Brasil [em português].
- Showler, A.T. (2003) Effects of routine late-season field operations on numbers of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) captured in large-capacity pheromone traps. *Journal of Economic Entomology*, **96**, 680–689.
- Showler, A.T., Greenberg, S.M., Scott, J.A.W. & Robinson, J.R.C. (2005) Effects of planting dates on boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) and cotton fruit in the subtropics. *Journal of Economic Entomology*, **98**, 796–804.
- Showler, A.T. (2006) Short-range dispersal and overwintering habitats of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during and after harvest in the subtropics. *Journal of Economic Entomology*, **99**, 1152–1160.
- Showler, A.T. (2007) Subtropical boll weevil ecology. *American Entomologist*, **53**, 240–249.
- Showler, A.T. & Abrigo, V. (2007) Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*, **36**, 99–104.
- Showler, A.T. & Scott, A.W. (2004) Effects of insecticide residues on adult boll weevils and immatures developing inside fallen cotton fruit. *Subtropical Plant Science*, **56**, 33–38.
- Soares, J.J. & Busoli, A.C. (1996) Efeito dos reguladores de crescimento vegetal nas características agrônômicas do algodoeiro e no controle de insetos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **31**, 37–41 [em português com resumo em inglês].
- Srivastava, P., Mailhot, D.J., Leite, B., Marois, J.J., Wright, D.L. & Nichols, R.L. (2010) *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg associated with hardlock of cotton. *Current Microbiology*, **61**, 79–84.

- Straw, E.A., Carpentier, E.N. & Brown, M.J.F. (2021) Roundup causes high levels of mortality following contact exposure in bumble bees. *Journal of Applied Ecology*, **58**, 1167–1176.
- Summy, K.R., Cate, J.R. & Bar, D. (1993) Overwinter survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southern Texas: Entrapment in desiccated bolls. *Journal of Economic Entomology*, **86**, 421–426.
- Wrona, A.F., Banks, J.C., Hake, K., Lege, K., Patterson, M., Roberts, B., Snipes, C. E. & Supak, J. (1996) *Cotton Physiology Today: 6th edition*, vol. 7. National Cotton Council of America, Memphis, United States of America. 8 pp.

Legenda das Figuras

Figura 1 Número (média \pm SE) de carimãs (**A**), capulhos (**B**), botões florais (**C**), maçãs (**D**), folhas verdes (**E**) e folhas secas (**F**) por planta de algodão em dias após a aplicação de carfentrazone-ethyl (triângulos azuis), glyphosate-diammonium (círculos cinza), ethephon + cyclanilide (triângulos vermelhos invertidos), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (quadrados laranja), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (quadrados verdes), e controle (água destilada; círculos pretos). Ethephon + cyclanilide, nos tratamentos combinados, foram aplicados aos 10 dias após carfentrazone-ethyl e glyphosate-diammonium, (indicados por uma seta nas figuras). Formas geométricas com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação ($P < 0,05$) e “n.s.” ausência de diferenças entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLM; $P > 0,05$).

Figura 2 Diâmetro (média \pm SE) de carimãs com aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (barras laranjas), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (barras verdes) e no controle (água destilada; barras pretas). Barras com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos (contraste após LM; $P < 0,05$).

Figura 3 Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por dia após a aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), carfentrazone-ethyl + ethephon + cyclanilide (barras laranja), glyphosate-diammonium + ethephon + cyclanilide (barras verdes) e controle (água destilada; barras pretas) em laboratório (25 ± 3 °C, $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 12:12 h). “n.s.” indica não haver diferença entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLMM; $P > 0,05$).

Figura 4 Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por dia após a aplicação de carfentrazone-ethyl (barras azuis marinho), glyphosate-diammonium (barras cinzas), ethephon + cyclanilide (barras vermelhas), lambda-cyhalothrin (barras laranjas), lambda-cyhalothrin + carfentrazone-ethyl (barras verdes), lambda-cyhalothrin + glyphosate-diammonium (barras amarelas), lambda-cyhalothrin + ethephon + cyclanilide (barras

azuis claro) e controle (água destilada; barras pretas) em laboratório (25 ± 3 °C, umidade relativa de $70\% \pm 20\%$ e fotoperíodo de 12:12 h). Barras, de um mesmo grupo, com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação (contraste após GLMM; $P < 0,05$).

Figura 5 Mortalidade (%) de *Anthonomus grandis grandis* por tempo e aplicação do inseticida lambda-cyhalothrin (barras laranjas) e controle (água destilada; barras pretas). As aplicações foram feitas diretamente sobre os bicudos (contato direto) ou quando estavam dentro de carimãs em laboratório (25 ± 3 °C, $70\% \pm 20\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 12:12 h). Barras com mesma letra, por data de avaliação e grupo (contato direto ou dentro do carimã) indicam semelhanças entre tratamentos e “n.s.” não haver diferenças significativas entre tratamentos (contraste após GLMM; $P < 0,05$).

Figuras

Figura 1

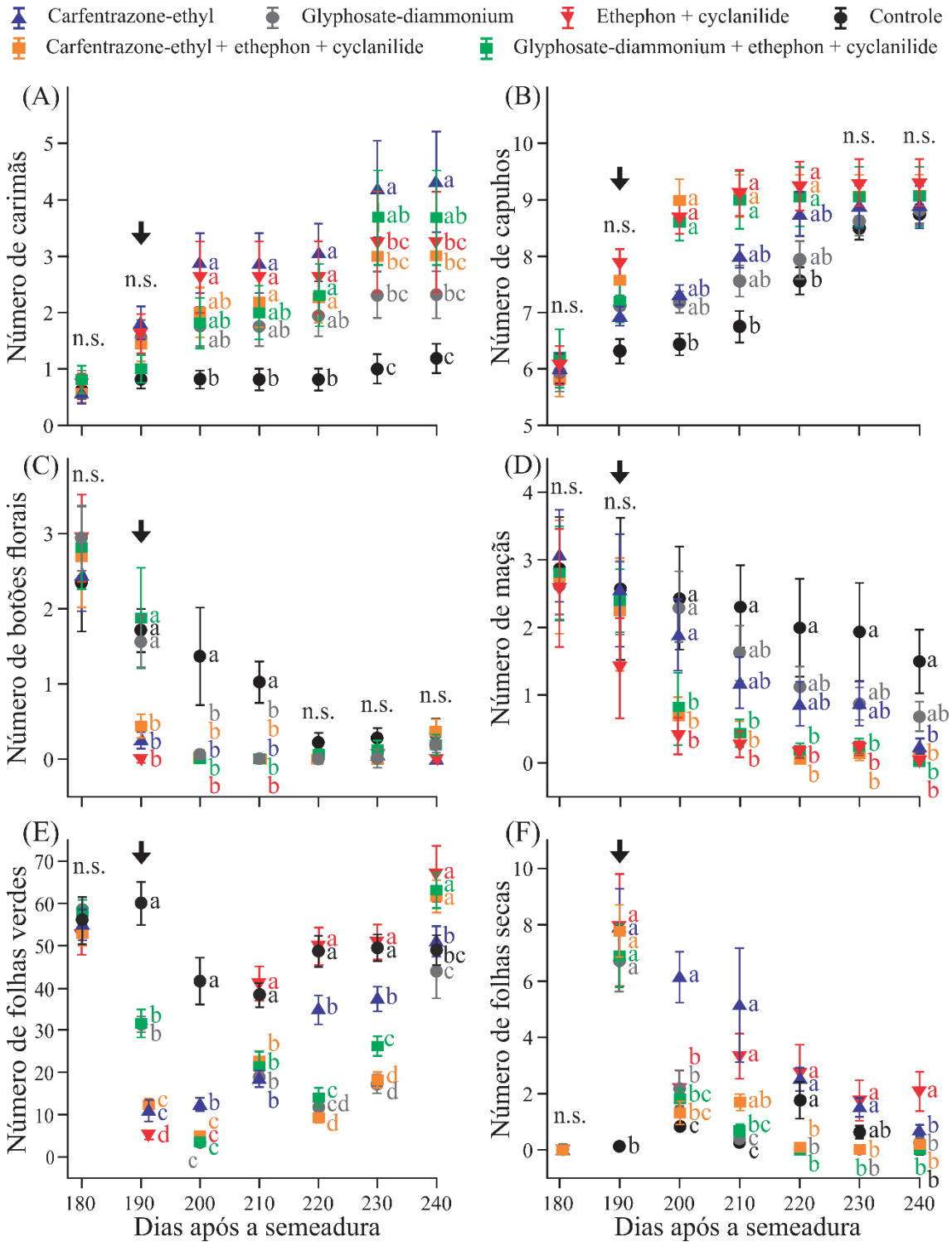


Figura 2

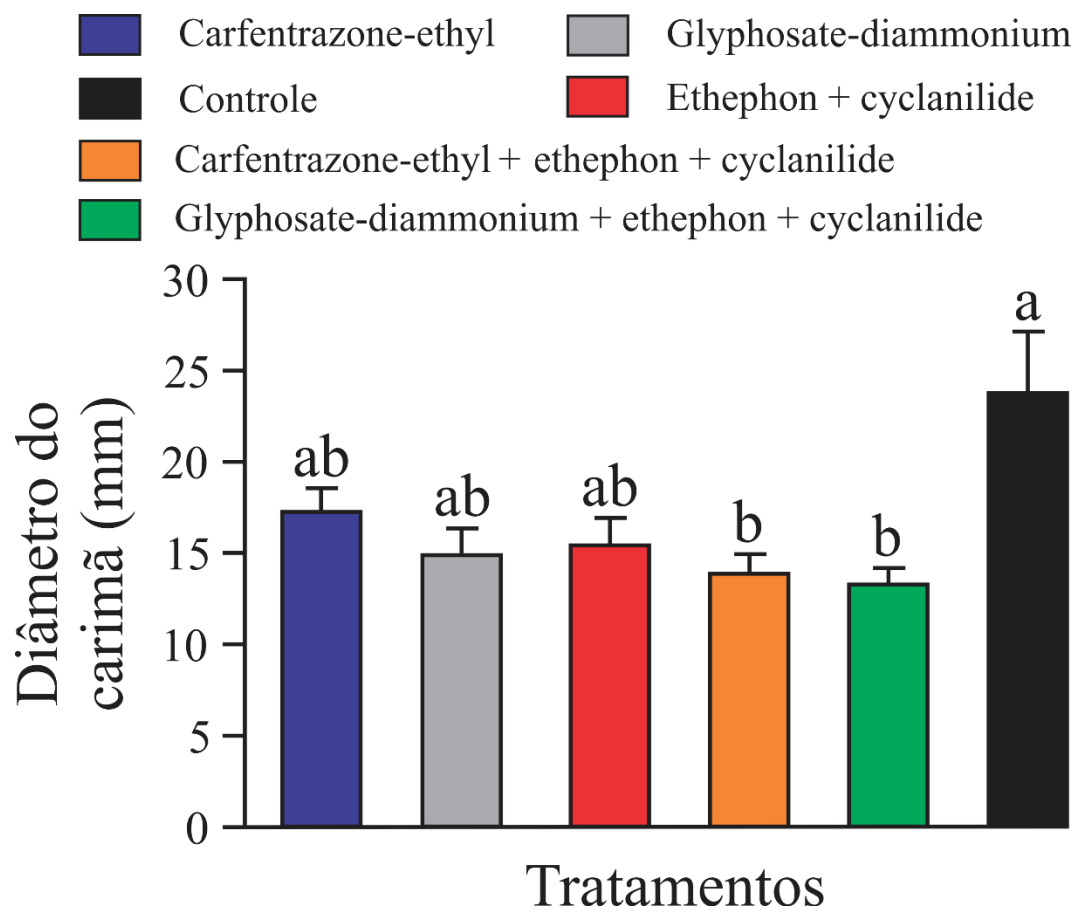


Figura 3

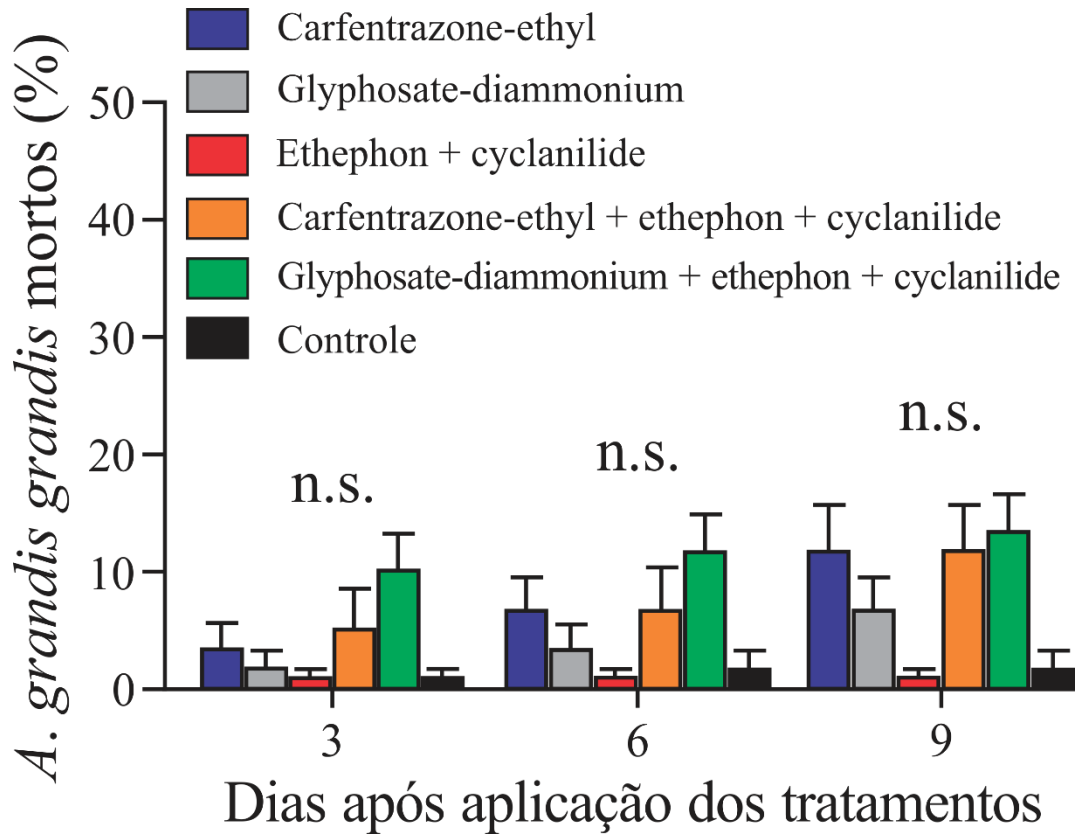


Figura 4

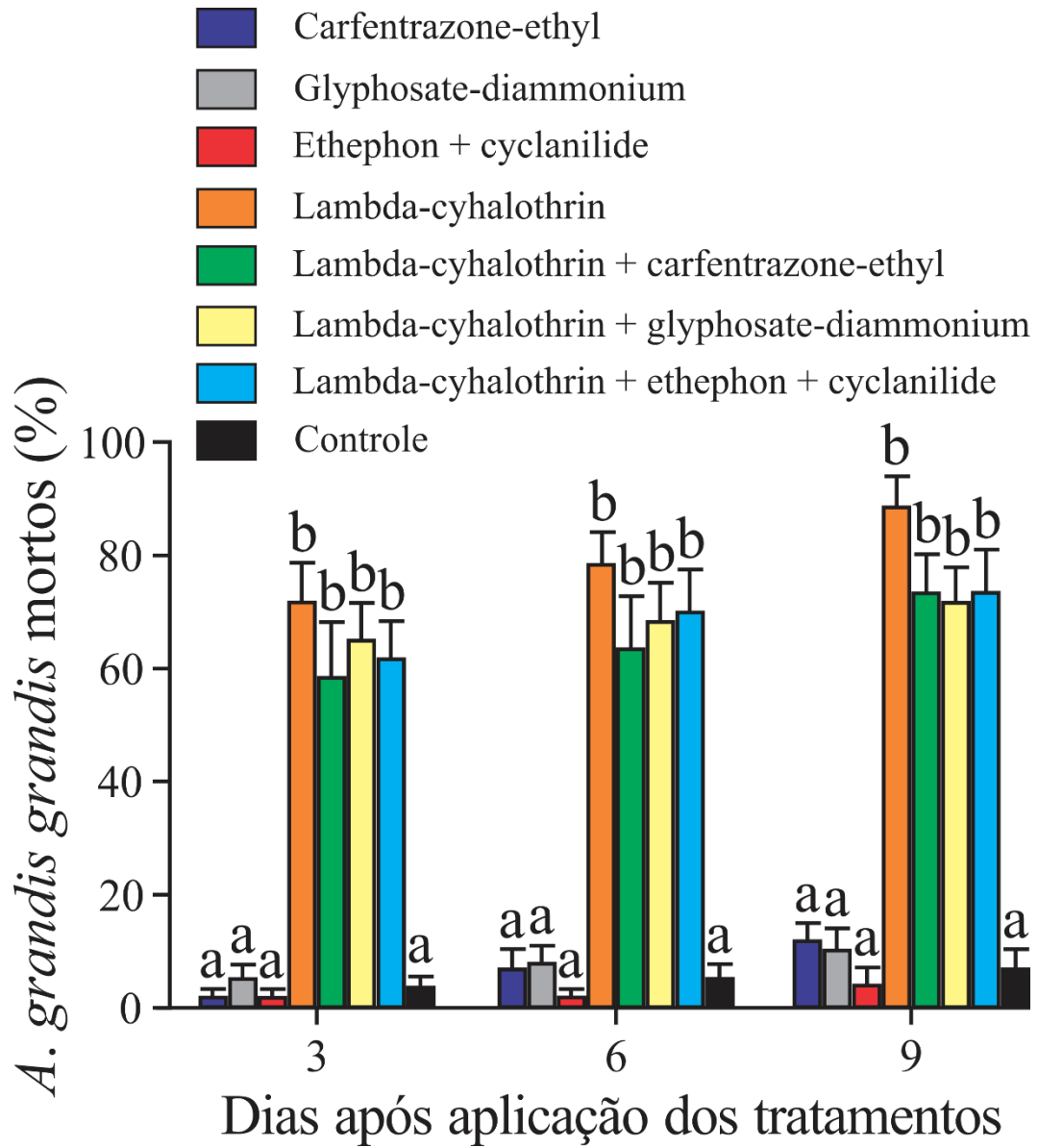
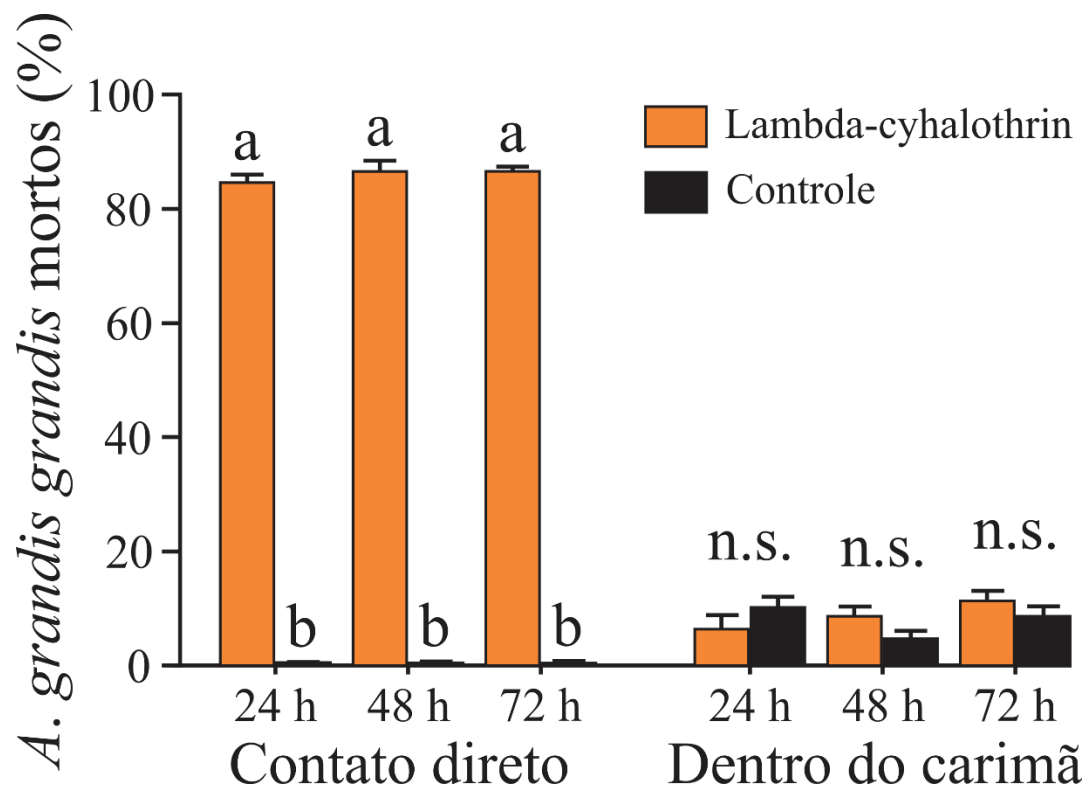


Figura 5



ARTIGO II

Anthonomus grandis grandis Boheman (Coleoptera: Curculionidae) induz a formação de estruturas de abrigo em plantas de algodão*

***Situação:** não submetido

***Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) induz a formação de estruturas de abrigo em plantas de algodão**

Willian S. do Vale^{1*}, Maria Aparecida Castellani¹, Laércio N. Ribeiro Filho¹, Iuri dos Santos¹, Benício de M. Santos Neto¹, Lilian R. Araújo¹, Henrique J.C. Santana¹, Thainara F. Germano¹, Cristina S. Bastos², Carlos A. Domingues da Silva³ e José C. Zanuncio⁴

¹Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, Vitória da Conquista, 45.031-900, Brasil, ²Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, 70.910-900, Brasil, ³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Paraíba, Campina Grande, 58.428-095, Brasil e ⁴Departamento de Entomologia/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa, 36.570-000, Brasil

* Autor correspondente. Email: williandovale@outlook.com

Resumo

Artrópodes herbívoros induzem a formação de estruturas vegetais em seus hospedeiros para manter-se no ambiente durante períodos desfavoráveis. O bicudo *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) induz a formação de carimãs em algodoeiro, o que precisa ser mais bem estudado. Esse inseto pode passar a entressafra no interior dos carimãs, protegido do calor e da dessecação da superfície do solo, de agrotóxicos e de inimigos naturais, aumentando sua sobrevivência e preservando sua capacidade reprodutiva. A formação de estruturas reprodutivas em plantas de algodão infestadas pelo bicudo foi avaliada. Características internas e externas dos carimãs e a sobrevivência e emergência do inseto dessas estruturas em função da infestação pelo bicudo também foram examinadas. Plantas infestadas pelo bicudo possuíram 92% mais carimãs, com 3,7 vezes mais massa e com diâmetro 68% maior que o daqueles de plantas não infestadas. O bicudo induz a formação de estruturas favoráveis à sua sobrevivência, na entressafra, em plantas de algodão.

Introdução

Artrópodes herbívoros podem induzir a formação de estruturas vegetais em seus hospedeiros, como galhas e erínias, servindo como sítios de proteção e alimentação,

favorecendo sua sobrevivência (de Lillo *et al.*, 2018; Eitle *et al.*, 2019; Barônio e Oliveira, 2019). Desse modo, aumentou o desenvolvimento e a sobrevivência de ácaros eriofídeos e outros artrópodes galhadores (Ronquist *et al.*, 2015; Giron *et al.*, 2016; de Lillo *et al.*, 2018) e reduziu a ação de inimigos naturais (Giron *et al.*, 2016; Borges, 2018; Barônio e Oliveira, 2019).

Frutos secos e mal formados do algodão, conhecidos como carimãs, aumentam a sobrevivência do bicudo *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) durante a entressafra dessa cultura (Greenberg *et al.*, 2004; Ribeiro *et al.*, 2015; do Vale *et al.*, 2021). O bicudo, no interior dos carimãs, está protegido do calor e da dessecação da superfície do solo, da aplicação de agrotóxicos e de inimigos naturais, aumentando sua sobrevivência e preservando sua capacidade reprodutiva (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004).

Adubação inadequada com nitrogênio (Ferrari *et al.*, 2012), fitopatógenos (Mailhot *et al.*, 2007; Osekre *et al.*, 2009; Srivastava *et al.*, 2010), cultivar do algodão (do Vale *et al.*, 2021) e danos mecânicos por artrópodes fitófagos em maçãs verdes do algodoeiro podem aumentar a formação de carimãs (Mailhot *et al.*, 2007; Osekre *et al.*, 2009). Injúrias por orifícios de alimentação e oviposição do bicudo, normalmente, provocam a abscisão das estruturas reprodutivas mais jovens, como botões florais, mas as mais desenvolvidas, como as maçãs, permanecem aderidas à planta (Neves *et al.*, 2013). Essas estruturas, danificadas pelo bicudo, continuam recebendo suporte da planta, podendo originar carimãs.

O objetivo deste estudo foi avaliar estruturas reprodutivas de plantas de algodão em função da infestação pelo bicudo, examinar características internas e externas dos carimãs e a sobrevivência e emergência do bicudo no interior dessas estruturas em função da infestação por essa praga.

Material e métodos

Local e período experimental

O estudo foi realizado de outubro de 2021 a abril de 2022, no Campo Experimental Agropecuário e no Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, Bahia, Brasil (14° 53' 24" S, 40° 47' 51" W; 928 m acima do nível do mar). O clima local é subtropical de altitude, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, com período chuvoso de novembro a março, e precipitação média anual de 733,9 mm (Superintendência de

Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1999). As temperaturas médias mínimas e máximas foram de 17,7 °C e 27,7 °C, respectivamente, de outubro de 2021 a abril de 2022 (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022).

Insetos

Botões florais de algodão, cultivar FM 975 WS (BASF SA, São Paulo, São Paulo, Brasil), com orifícios de oviposição pelo bicudo, foram coletados de plantas cultivadas sem aplicação de pesticidas, em Campo Experimental, e encaminhados para o Laboratório, onde foram individualizados e mantidos em recipientes plásticos transparentes (6,0 × 4,5 cm; diâmetro × altura), cobertos com tecido organza (90 µm) em sala climatizada (25 ± 3 °C; 70% ± 20% umidade relativa; e 12 horas de fotoperíodo) até a emergência dos adultos do bicudo. Após a emergência, um botão floral de algodão e um pequeno chumaço de algodão umedecido com água destilada foram oferecidos aos bicudos e trocados a cada 72 horas.

Plantas de algodão

Sementes de algodão, cultivar FM 975 WS, foram semeadas em 22 de outubro de 2020 em vasos plásticos (15 L), deixando-se uma planta por vaso com Latossolo Amarelo Típico de textura média de perfil de 0 a 20 cm, destorroado, homogeneizado e corrigido com calcário dolomítico (Deil Mineração LTDA., Ipororó, BA, Brasil) 90 dias antes da semeadura. As plantas, para evitar a entrada de fitófagos, foram mantidas em gaiolas (2 x 2 x 2 m) de tela anti-insetos (tela de polietileno 50 mesh, Lahuman Indústria Comércio Plásticos, Sumaré, São Paulo, Brasil) e cultivadas sem o uso de pesticidas. Vinte gaiolas foram utilizadas, cada uma com 10 plantas de algodão, fertilizadas de acordo com análise prévia de solo e seguindo as recomendações técnicas para a cultura (Borin *et al.*, 2014). Os fertilizantes usados foram ureia (45% nitrogênio; 0,24 g planta⁻¹ de base e três aplicações de cobertura de 0,51 g planta⁻¹ aos 22, 34 e 55 dias após a semeadura), pentóxido de fósforo (18% P₂O₅; 3,89 g planta⁻¹ única dose) e cloreto de potássio (60% K₂O; 0,54 g planta⁻¹ de base e duas aplicações de cobertura de 0,54 g planta⁻¹ aos 22 e 34 dias após a semeadura) como fonte de N-P-K (Fertilizantes Heringer S.A., Paulínia, SP, Brasil). As plantas foram irrigadas com água uma vez ao dia (500 mL).

Pressão da infestação do bicudo nas estruturas reprodutivas do algodão

Quarenta plantas de algodão com 90 dias de idade, por tratamento, foram mantidas, desde a semeadura, em gaiolas com 10 plantas cada e infestadas com o bicudo, conforme segue: 1) dois; 2) quatro; 3) seis; 4) oito casais de bicudo para cada 10 plantas de algodão (gaiola); e 5) controle (sem infestação). A idade dos bicudos era de 10 dias da emergência dos botões florais. Os bicudos foram sexados em recipiente plástico transparente (6,0 × 4,5 cm; diâmetro × altura) e os casais formados separados dos demais, quando em cópula.

Os números de botões florais, maçãs, capulhos e carimãs, por planta, foram contados no momento da liberação dos casais dos bicudos nas gaiolas e a cada 10 dias a seguir. Na última avaliação, aos 80 dias após a infestação das plantas, os capulhos e carimãs foram coletados, acondicionados em sacos de papel Kraft (11,5 × 7,0 × 22,5 cm), identificados e encaminhados ao laboratório.

Fibras + sementes foram destacadas dos capulhos e sua massa aferida em balança analítica, modelo AUY220, precisão= 0,1 mg (Shimadzu do Brasil, Barueri, SP, Brasil), no laboratório. Os carimãs foram mantidos, individualmente, em recipientes plásticos transparentes (6,0 × 4,5 cm; diâmetro × altura), identificados e cobertos com tecido organza (90 µm) em sala climatizada (25 ± 3 °C; 70% ± 20% umidade relativa; e 12 horas de fotoperíodo). A cada 48 horas, a partir da coleta dos carimãs, os bicudos que emergiram foram contados durante 20 dias. Após este período, o número de orifícios de alimentação, oviposição e emergência de bicudos na superfície dos carimãs foi contado e, em seguida, a massa, diâmetro e altura dos mesmos aferidos (paquímetro digital, modelo IP54, resolução= 0,01 mm, ZAAS Precision, Piracicaba, SP, Brasil). Os carimãs foram dissecados e o número de células pupais vazias e com bicudos vivos e mortos em seu interior contados. Espaços oblongos, construídos pelas larvas do bicudo no interior dos carimãs, onde permanecem durante as fases de pupa e adulto, foram chamados de “células pupais”. O termo “orifício de emergência” refere-se às aberturas feitas por bicudos adultos do interior do carimã para o exterior, pelas quais emergem. O termo “emergência” foi utilizado para caracterizar a saída dos bicudos adultos dos carimãs.

Análises estatísticas

O número de botões florais, maçãs, capulhos, carimãs, de bicudos vivos e mortos, orifícios de emergência, de alimentação, de oviposição e células pupais vazias por carimã foram analisados utilizando-se um modelo linear generalizado de efeito misto [função *glmer* do pacote *lme4* no R (Bates *et al.*, 2015)] com distribuição de erro de Poisson. Os

dados do diâmetro, altura e massa por carimã, além da massa total de carimãs e fibra + sementes foram transformadas em $\sqrt{x + 1}$ e analisadas para o efeito de tratamentos por um modelo linear de efeito misto [função *lmer* do pacote *lme4* no R (Bates *et al.*, 2015)]. Tratamentos foram considerados fator fixo independente e gaiolas e dia de avaliação de forma aleatória. O número de bicudos emergido por carimãs foi analisado entre tratamentos, por meio de um modelo linear generalizado com distribuição de erro de Poisson (R Core Team 2021). As médias foram comparadas entre tratamentos usando-se o teste de hipótese linear geral [função *glht* do pacote *emmeans* no R (Lenth 2019)]. As análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R (R Core Team 2021).

Resultados

Botões florais e maçãs

O número de botões florais variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 32,21$, $df = 4$, $P < 0,001$) e com o tempo após a liberação dos insetos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 339,58$, $df = 8$, $P < 0,001$). Esse número, aos 10 dias após a infestação, foi 1,5 vezes maior em plantas do tratamento controle do que com a liberação de quatro, seis e oito casais de bicudo (Fig. 1A).

O número de maçãs variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 28,15$, $df = 4$, $P < 0,001$) e com o tempo após a liberação dos insetos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 331,51$, $df = 8$, $P < 0,001$). Aos 20 dias após a infestação com o bicudo, o número de maçãs foi 1,6 vezes maior em plantas do tratamento controle do que com a liberação de dois e quatro casais; e 2,4 vezes maior do que com a liberação de seis e oito casais de bicudos (Fig. 1B). Esse padrão foi observado até os 70 dias, quando esse número não diferiu entre tratamentos (Fig. 1B). Na última avaliação, aos 80 dias após a infestação, as plantas já não tinham maçãs verdes e os resultados foram semelhantes entre tratamentos (Fig. 1B).

Capulhos e carimãs

O número de capulhos variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 16,93$, $df = 4$, $P < 0,001$) e com o tempo após a liberação dos insetos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2 = 472,89$, $df = 8$, $P < 0,001$). Aos 60 dias após a infestação, esse número foi 1,9 vezes maior no controle e com liberação de dois casais do que nos tratamentos com liberação de seis e oito casais de bicudos (Fig. 1C). Aos 70 dias, o número de capulhos diminuiu com o aumento da infestação com o bicudo,

exceto com seis e oito casais, que não diferiram entre os mesmos. Nesta data, o número de capulhos foi 6,1 vezes menor em plantas com liberação de seis e oito casais de bicudos do que no controle (Fig. 1C). O mesmo padrão foi observado na última avaliação, aos 80 dias após a liberação da praga (Fig. 1C).

O número de carimãs variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 19,28$, $df= 4$, $P< 0,001$) e com tempo após a liberação dos insetos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 592,32$, $df= 8$, $P< 0,001$). Aos 50 dias após a infestação com o bicudo, o número de carimãs foi 83% maior com a liberação de oito casais do que no controle (Fig. 1D). Aos 60 dias após a infestação, o número de carimãs foi 2,2 vezes maior nos tratamentos com liberação de quatro, seis e oito casais do que no controle (Fig. 1D). Aos 70 e 80 dias após, os números de carimãs foi 90% e 92%, respectivamente, maior com a liberação de bicudos do que no controle (Fig. 1D).

Massa de carimãs e fibra + sementes

A massa de carimãs produzida por planta de algodão variou entre tratamentos (modelo linear de efeito misto, $\chi^2= 15,47$, $df= 4$, $P= 0,003$), sendo 4,4 vezes maior nos tratamentos com liberação de quatro, seis e oito casais de bicudos do que no controle, e de $3,9 \pm 0,6$ g no tratamento com liberação de dois casais, sendo que este último não se diferiu dos demais tratamentos (Fig. 2, barras pretas).

A massa média por carimã variou entre tratamentos (modelo linear de efeito misto, $\chi^2= 20,73$, $df= 4$, $P< 0,001$), com o menor valor em plantas do controle, $0,5 \pm 0,1$ g, do que nos demais tratamentos, $1,4 \pm 0,1$ g, este sem diferenças entre si.

A massa de fibra + semente, produzida por planta de algodão, variou entre tratamentos (modelo linear de efeito misto, $\chi^2= 23,21$, $df= 4$, $P< 0,001$), sendo 3,5 vezes maior no tratamento controle do que naqueles com liberação de quatro, seis e oito casais de bicudos. O tratamento com liberação de dois casais não diferiu dos demais e do controle (Fig. 2, barras cinzas).

Orifícios de alimentação e oviposição em carimãs

O número de orifício de alimentação por carimã variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 11,67$, $df= 3$, $P= 0,008$), sendo 39% menor naqueles com liberação de dois casais de bicudos do que nos com seis e oito casais (Fig. 3, barras pretas).

O número de orifício de oviposição por carimã variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 9,16$, $df= 3$, $P= 0,027$), sendo 41% menor nos carimãs com liberação de dois casais de bicudos do que com seis e oito casais (Fig. 3, barras cinzas).

Orifícios de emergência e células pupais vazias em carimãs

O número de orifícios de emergência foi semelhante entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 3,88$, $df= 3$, $P= 0,275$) com média de $1,3 \pm 0,1$. O número de células pupais vazias por carimã diferiu entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 9,85$, $df= 3$, $P = 0,019$) com 64% mais células pupais vazias com liberação de seis e oito casais de bicudos do que com dois e quatro casais (Fig. 4, barras cinzas).

Diâmetro e altura dos carimãs

O diâmetro dos carimãs diferiu entre tratamentos (modelo linear de efeito misto, $\chi^2= 24,24$, $df= 4$, $P < 0,001$), sendo 68% maior com bicudos do que no controle. A altura dos carimãs não diferiu entre tratamentos (modelo linear de efeito misto, $\chi^2= 4,79$, $df= 4$, $P= 0,309$), com média de $18,0 \pm 0,2$ mm (Fig. 5; barras cinzas).

Emergência de bicudos em carimãs

O número de bicudos emergidos ao final de 20 dias variou entre tratamentos (modelo linear generalizado, $\chi^2= 11,33$, $df= 3$, $P= 0,010$), com maior número no tratamento com liberação de oito casais ($0,29 \pm 0,04$) do que com dois ($0,13 \pm 0,03$). O número de bicudos emergidos com liberação de quatro ($0,15 \pm 0,03$) e seis ($0,22 \pm 0,03$) casais não diferiu dos demais.

Bicudos vivos e mortos em carimãs

O número de bicudos vivos no interior dos carimãs não variou entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 4,94$, $df= 3$, $P= 0,176$), com $0,10 \pm 0,01$ vivos por carimã ao final do experimento. O número de bicudos mortos no interior dos carimãs foi semelhante entre tratamentos (modelo linear generalizado de efeito misto, $\chi^2= 4,65$, $df= 3$, $P= 0,199$), com média de $0,22 \pm 0,02$ bicudos mortos por carimã ao final do experimento.

Discussão

O maior número, massa e diâmetro dos carimãs em plantas infestadas com bicudos indica efeito desse inseto nas estruturas formadas por seu hospedeiro, sendo semelhante ao relatado em artrópodes herbívoros induzindo, em seus hospedeiros, modificações em estruturas para o desenvolvimento de sítios de proteção e alimentação (Giron *et al.*, 2016; de Lillo *et al.*, 2018; Barônio e Oliveira, 2019). O bicudo, no interior dos carimãs, está relativamente protegido do calor e da dessecação da superfície do solo, da aplicação de agrotóxicos e de inimigos naturais, quando comparado com indivíduos na superfície do solo (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004; Showler e Scott, 2004); e carimãs com maior massa e diâmetro devem aumentar o isolamento ao ambiente externo. A infestação pelo bicudo aumentou em quase duas vezes o número de carimãs, mas plantas sem esse inseto também formaram carimãs, reforçando que outros fatores estão, também, envolvidos na formação dessas estruturas (Srivastava *et al.*, 2010; Ferrari *et al.*, 2012; do Vale *et al.*, 2021).

Orifícios de alimentação e oviposição pelo bicudo provocam a abscisão de botões florais e maçãs verdes pequenas (Showler, 2008; Neves *et al.*, 2013), reduzindo, assim, o número dessas estruturas em plantas infestadas já nas primeiras avaliações. No entanto, maçãs verdes com diâmetro superior a 10 mm permanecem aderidas à planta, mesmo que danificadas (Showler, 2008; Neves *et al.*, 2013). Essas maçãs danificadas se diferenciaram em carimãs entre 50 e 70 dias após a infestação com o bicudo, quando o número dessas estruturas se aproxima de zero e o número de carimãs cresce. Dessa forma, a infestação do bicudo faz com que maçãs verdes não se abram em capulhos, o que reduziu a massa comercial de fibra + sementes em até 3,5 vezes. A redução da massa comercial e o aumento em quase duas vezes o número e mais que o quádruplo a massa de carimãs, em função da infestação do bicudo, reduziu a produtividade e aumentou a sujidade da colheita de algodão, o que encarece o custo de colheita e beneficiamento, reduz a qualidade da fibra e, em consequência, a rentabilidade da produção de algodão (Chanselme e Bachelier, 2014; Silva *et al.*, 2015; Araujo e Sofiatti, 2017).

A maior infestação pelo bicudo aumentou o número de orifícios de alimentação e oviposição pelo bicudo por carimã que, por sua vez, deram origem a 64% mais bicudos ao longo do ciclo de cultivo do algodão, representados pelas células pupais encontradas vazias. Os bicudos, oriundos dessas células pupais, emergem dos carimãs durante o ciclo de cultivo e infestam outras estruturas do algodão, como botões florais e maçãs verdes, ao se alimentarem e se reproduzirem (do Vale *et al.*, 2021). Carimãs com mais orifícios

de oviposição tiveram mais do que o dobro do número de bicudos emergindo após o final do ciclo de cultivo do algodão (entressafra), esses indivíduos podem buscar por recursos alimentares alternativos na vegetação nativa circunvizinha à área cultivada com algodão (Cuadrado e Garralla, 2000; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015), onde podem sobreviver ao período de entressafra e, então, reinfestarem-se e se reproduzirem em plantas da safra seguinte (Showler, 2006; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015). O número de orifícios de emergência não se alterou em carimãs com mais células pupais vazias, indicando que adultos de múltiplas células dentro de um carimã infestado podem usar o mesmo orifício de emergência, utilizando galerias interligadas (do Vale *et al.*, 2021). Carimãs com mais orifícios de alimentação e oviposição também foram capazes de manter número semelhante de bicudos vivos em seu interior, em relação àqueles menos infestados, aos 20 dias após o final do ciclo de cultivo do algodão, o que indica que essas estruturas suportam um maior número de insetos se desenvolvendo em seu interior em situações de maior pressão da praga, sem comprometer sua sobrevivência. Dessa forma, a formação de carimãs é prejudicial ao manejo da praga, pois origina bicudos que emergem para infestar as plantas da safra em curso, ou sobreviver com recursos alimentares alternativos ou no interior da estrutura, para reinfestar a safra subsequente de algodão.

O manejo inadequado do bicudo na safra atual pode aumentar o número de carimãs e bicudos, colocando em risco a safra seguinte de algodão, por isso, é necessário mitigar fatores que favoreçam a formação de carimãs e bicudos sobreviventes nessas estruturas, durante a entressafra, como a adubação inadequada com nitrogênio e a escolha de cultivares menos propensas a formar essas estruturas (Ferrari *et al.*, 2012; Ribeiro *et al.*, 2020; do Vale *et al.*, 2021). Como os bicudos dentro de carimãs estão protegidos de aplicações de inseticidas (Showler e Scott, 2004; Ribeiro *et al.*, 2015; Pires *et al.*, 2017), táticas de cultivo, como a destruição do caule do algodão, e práticas de preparo pós-colheita podem reduzir o número de bicudos que sobrevivem o período de pouso abrigando-se em carimãs (Greenberg *et al.*, 2004a; Ribeiro *et al.*, 2015). A infestação pelo bicudo pode influenciar a formação e características de estruturas reprodutivas de plantas de algodão, aumentando a formação de carimãs e o sucesso de sobrevivência da praga.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas e

apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Código de Financiamento 001).

Referências

- Araujo, A.E., and Sofiatti, V. 2017. Cultura do Algodão no Cerrado. Embrapa Algodão, Campina Grande, BR.
- Barônio, G.J., and Oliveira, D.C. 2019. Eavesdropping on gall–plant interactions: the importance of the signaling function of induced volatiles. *Plant Signaling & Behavior* **14**(11): 1665454. doi:10.1080/15592324.2019.1665454.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., and Walker, S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*. **67**(1): 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Borges, R.M. 2018. The galling truth: limited knowledge of gall-associated volatiles in multitrophic interactions. *Frontiers in Plant Science* **9**. doi:10.3389/fpls.2018.01139.
- Borin, A.L.D.C., Ferreira, G.B., and Carvalho, M.C.S. 2014. Adubação do algodoeiro no ambiente de cerrado. Embrapa Algodão, Campina Grande, Brasil.
- Chanselme, J.L., and Bachelier, B. 2014. O processo de beneficiamento. *In* Manual de beneficiamento do algodão, 2ª Edição. Instituto Mato-grossense do Algodão, Cuiabá, BR. pp. 87–169.
- Cuadrado, G.A., and Garralla, S.S. 2000. Plantas alimenticias alternativas del picudo del algodonero (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae) em la provincia de Formosa, Argentina. Análisis palinológico del tracto digestivo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **29**: 245–255. doi:https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000200006.
- de Lillo, E., Pozzebon, A., Valenzano, D., and Duso, C. 2018. An intimate relationship between eriophyoid mites and their host plants – A Review. *Frontiers in Plant Science* **9**: 1786. doi:10.3389/fpls.2018.01786.
- do Vale, W.S., Castellani, M.A., de Novais, V.R., Dias, W.S.R., Lima, A.C.S., Ribeiro, E.B., Cardoso, A.D., and da Silva, C.A.D. 2021. Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. *The Canadian Entomologist* **153**(6): 714–725. doi:10.4039/tce.2021.40.

- Eitle, M.W., Carolan, J.C., Griesser, M., and Forneck, A. 2019. The salivary gland proteome of root-galling grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) feeding on *Vitis* spp. PLoS ONE **14**(12): e0225881. doi:10.1371/journal.pone.0225881.
- Ferrari, S., Furlani Junior, E., Ferrari, J.V., and Alberton, J.V. 2012. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciências Agrárias **7**: 226–232. doi:10.5039/agraria.v7i2a1290.
- Giron, D., Huguet, E., Stone, G.N., and Body, M. 2016. Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insects to manipulate their host-plant. Journal of Insect Physiology **84**: 70–89. doi:10.1016/j.jinsphys.2015.12.009.
- Greenberg, S.M., Showler, A.T., Sappington, T.W., and Bradford, J.M. 2004. Effects of burial and soil condition on postharvest mortality of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in fallen cotton fruit. Journal of Economic Entomology **97**(2): 409–413. doi:10.1093/jee/97.2.409.
- Instituto Nacional de Meteorologia. 2022. Dados históricos anuais. Available from <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> [accessed 28 November 2020].
- Lenth, R.V. 2019. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.4.3.01. Available from <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.
- Macêdo, J.A.D., Castellani, M.A., Santos, F.A.R., Oliveira, P.P., and Maluf, R.P. 2015. Fontes alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-do-algodoeiro em duas regiões produtoras de algodão na Bahia. Revista Caatinga **28**(3): 255–262. doi:10.1590/1983-21252015v28n329rc.
- Mailhot, D.J., Marois, J.J., and Wright, D.L. 2007. Influence of flower thrips on fusarium hardlock severity. Plant Disease **91**(11): 1423–1429. doi:10.1094/PDIS-91-11-1423.
- Neves, R.C.S., Showler, A.T., Pinto, É.S., Bastos, C.S., and Torres, J.B. 2013. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. Entomologia Experimentalis et Applicata **146**(2): 276–285. doi:10.1111/eea.12026.
- Osekre, E.A., Wright, D.L., Marois, J.J., and Funderburk, J. 2009. Flower-inhabiting *Frankliniella thrips* (Thysanoptera: Thripidae), pesticides, and *Fusarium*

- hardlock in cotton. *Journal of Economic Entomology* **102**(3): 887–896. doi: 10.1603/029.102.0305
- Pires, C.S.S., Pimenta, M., Mata, R.A. da, Souza, L.M., Paula, D.P., Sujii, E.R. and Fontes, E.M.G. 2017. Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **52**(3): 149–160. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000300002>.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from <https://www.R-project.org>.
- Ribeiro, E.B., Castellani, M.A., Silva, C.A.D. da, Melo, T.L., Silva, G. dos S., Vale, W.S. do, and Santos, A.S. 2015. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **50**(11): 993–998. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100001>.
- Ribeiro, P. de A., Sujii, E.R., Diniz, I.R., Medeiros, M.A. de, Salgado-Labouriau, M.L., Branco, M.C., Pires, C.S.S., and Fontes, E.M.G. 2010. 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* **39**(1): 28–34. doi:10.1590/S1519-566X201000100005.
- Ribeiro, E.B., Silva, C.A.D. da, Novais, V.R. de, Vale, W.S. do, Silva, G. dos S., Melo, T.L., Leite, S.A., and Castellani, M.A. 2020. Formação de carimãs e sobrevivência do bicudo do algodoeiro em cultivares de algodão. *Scientia Plena* **16**(2): 1–6. doi:10.14808/sci.plena.2020.020202.
- Ronquist, F., Nieves-Aldrey, J.-L., Buffington, M.L., Liu, Z., Liljeblad, J., and Nylander, J.A.A. 2015. Phylogeny, evolution and classification of gall wasps: The plot thickens. *PLoS ONE* **10**(5): e0123301. doi:10.1371/journal.pone.0123301.
- Showler, A.T., and Scott A.W. 2004. Effects of insecticide residues on adult boll weevils and immatures developing inside fallen cotton fruit. *Subtropical Plant Science* **56**: 33–38.
- Showler, A.T. 2006. Short-range dispersal and overwintering habitats of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during and after harvest in the subtropics. *Journal of Economic Entomology* **99**(4): 1152–1160. doi:10.1093/jee/99.4.1152.

- Showler, A.T. 2007. Subtropical boll weevil ecology. *American Entomologist* **53**(4): 240–249. doi 10.1093/ae/53.4.240.
- Showler, A.T., and Abrigo, V. 2007. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology* **36**(1): 99–104. doi:10.1093/ee/36.1.99.
- Showler, A.T. 2008. Relationships of abscised cotton fruit to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding, oviposition, and development. *Journal of Economic Entomology* **101**(1):68–73. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.68>.
- Silva, O.R.R.F., Sofiatti, V., and Mion, R.L. 2015. Colheita mecanizada do algodão. *In* Algodão no cerrado do Brasil, 3rd edition. *Edited by* E.C. Freire. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, BR. pp. 583–612.
- Srivastava, P., Mailhot, D.J., Leite, B., Marois, J.J., Wright, D.L., and Nichols, R.L. 2010. *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg associated with hardlock of cotton. *Current Microbiology* **61**(2): 79–84. doi:10.1007/s00284-009-9578-5.
- Summy, K.R., Cate, J.R., and Bar, D. 1993. Overwinter survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southern Texas: Entrapment in desiccated bolls. *Journal of Economic Entomology* **86**(2): 421–426. doi:10.1093/jee/86.2.421.
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 1999. Balanço hídrico do Estado da Bahia, Notas de estudo de Engenharia Agrônômica. Salvador, Brasil.

Legendas de figuras

Fig. 1. Número (média \pm SE) de botões florais (A), maçãs verdes (B), capulhos (C) e carimãs (D) por planta de algodão em função do tempo e da infestação inicial com dois (triângulos azuis), quatro (triângulos vermelhos invertidos), seis (quadrados laranjas), oito (quadrados verdes) casais de *Anthonomus grandis grandis* por 10 plantas de algodão e no controle (sem infestação; círculos pretos). Os casais de insetos foram liberados em plantas com 90 dias de idade desde a semeadura. Formas geométricas com mesma letra indicam semelhanças entre tratamentos por data de avaliação ($P < 0,05$) e “n.s.” não diferem entre tratamentos na data de avaliação ($P > 0,05$).

Fig. 2. Massa (média \pm SE) de carimãs (barras pretas) e fibra + sementes (barras cinzas; escala à direita da figura) por planta de algodão em função da infestação inicial com dois, quatro, seis e oito casais de *Anthonomus grandis grandis* para cada 10 plantas de algodão e no controle (sem infestação). Barras de mesma cor, com mesma letra, indicam semelhanças entre tratamentos ($P < 0,05$).

Fig. 3. Número (média \pm SE) de orifícios de alimentação (barras pretas) e de oviposição (barras cinzas) (**A**) e de células de pupais vazias (barras cinzas) (**B**) e diâmetro (barras pretas; mm; média \pm SE) e altura (barras cinzas) (**C**) em carimãs em função da infestação inicial com dois, quatro, seis e oito casais de *Anthonomus grandis grandis* para cada 10 plantas de algodão, e controle (sem infestação). Barras da mesma cor, com mesma letra, indicam semelhanças entre tratamentos ($P < 0,05$).

Figuras

Fig. 1.

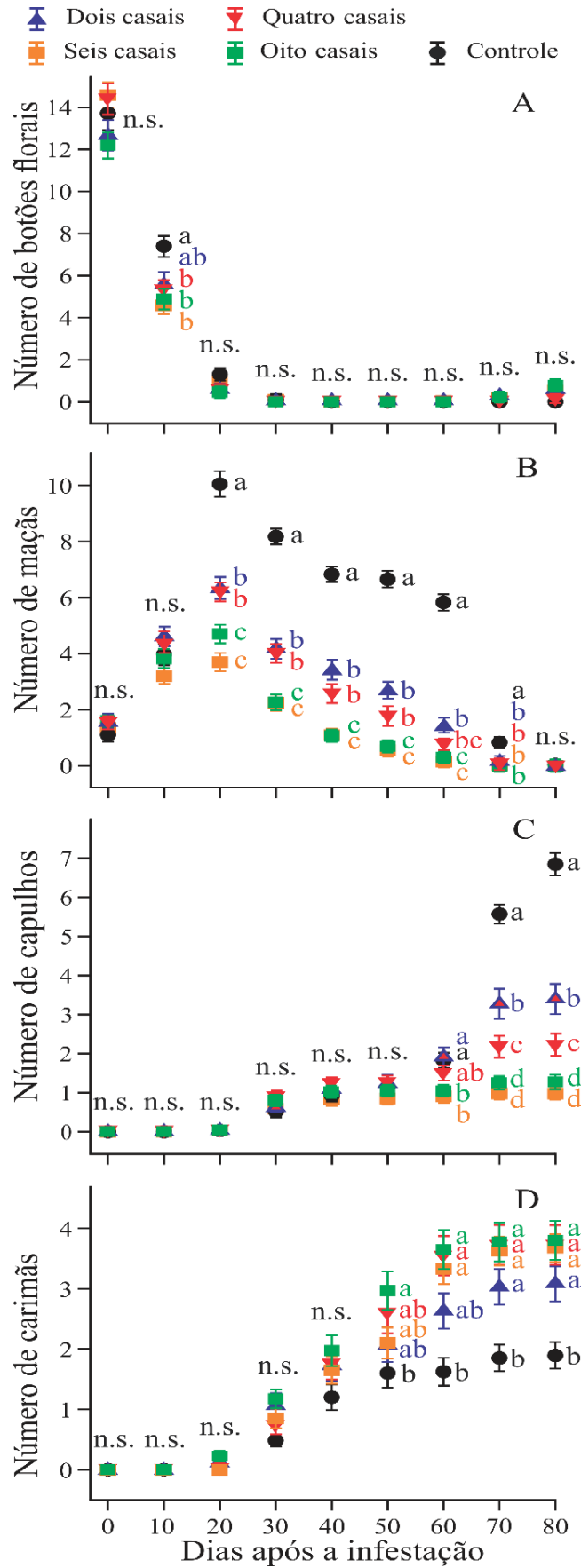


Fig. 2.

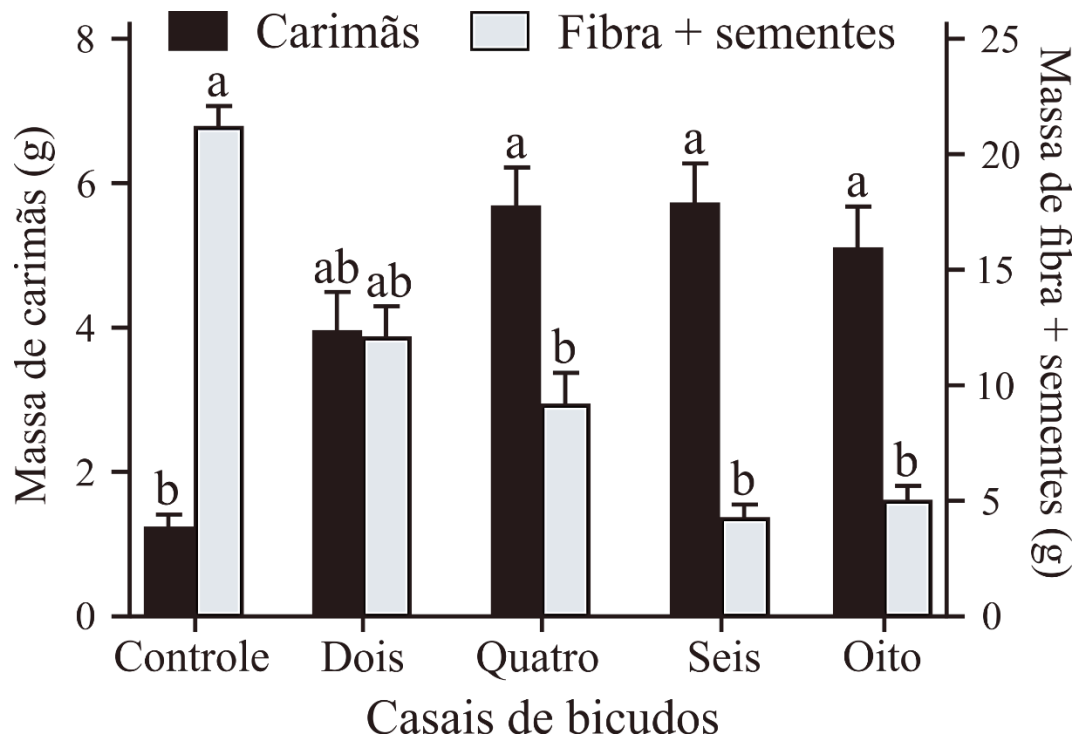
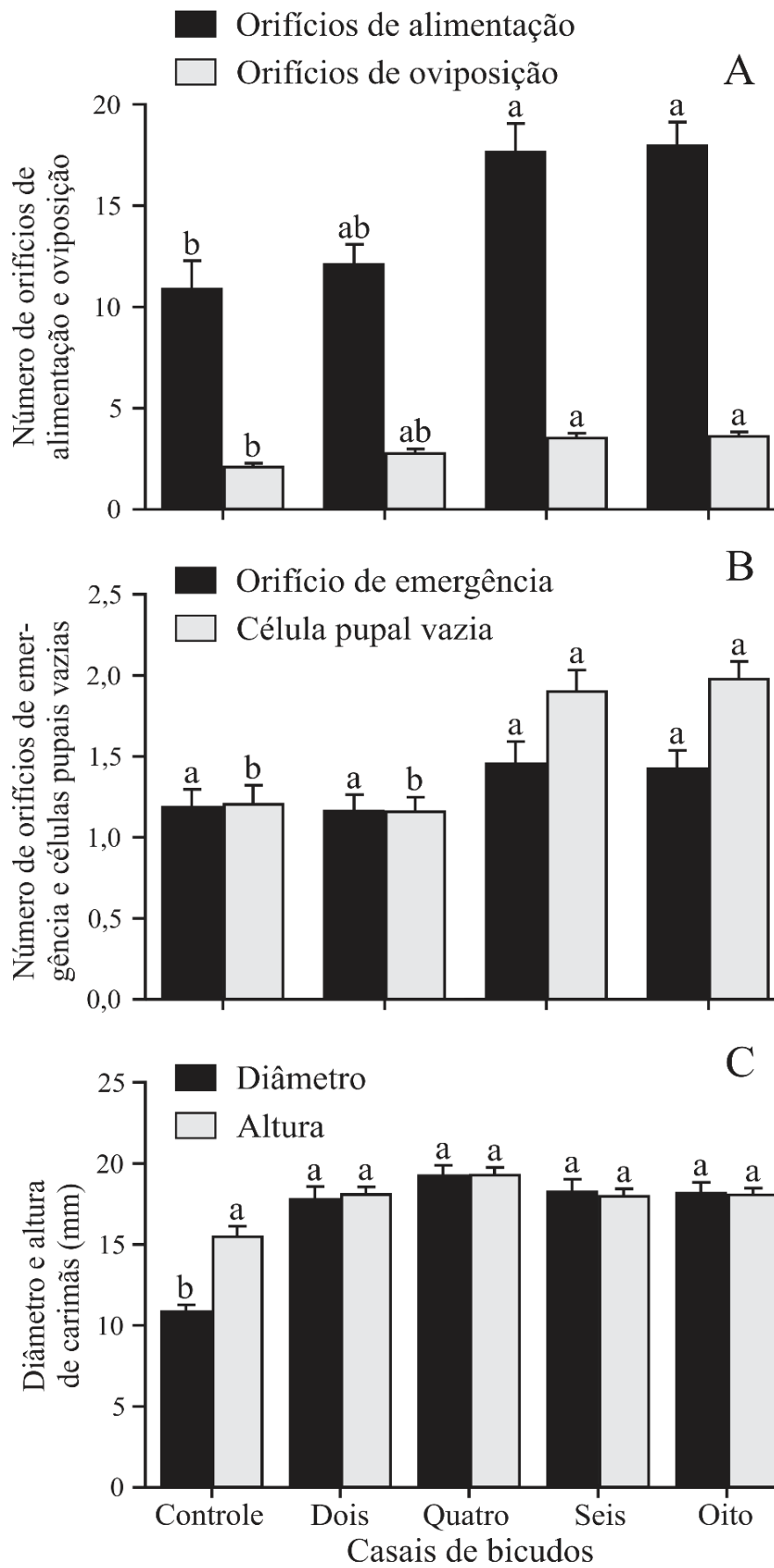


Fig. 3.



ARTIGO III

Sobrevivência e emergência de *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) de carimãs em campo*

***Situação:** não submetido

Sobrevivência e emergência de *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) de carimãs em campo

Willian S do Vale^{1*}, Maria Aparecida Castellani¹, Suzany A Leite¹, Iuri dos Santos¹, Beatriz M L de Moraes¹, Beatriz B Coelho¹, Lilian R Araújo¹, Benício de M Santos Neto¹, Cristina S. Bastos², Carlos A. Domingues da Silva³ e José C. Zanuncio⁴

¹Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil, ²Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, 70910-900, Brasil, ³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Paraíba, Campina Grande, 58428-095, Brasil e ⁴Departamento de Entomologia/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa, 36570-000, Brasil.

*williandovale@outlook.com

Título Curto

Sobrevivência e emergência de bicudos em carimãs

Resumo

A sobrevivência do bicudo *Anthonomus grandis grandis*, durante longos períodos, no interior de estruturas secas e deformadas do algodoeiro, conhecidas como carimãs, é conhecida. No entanto, o conhecimento da época de emergência ou a longevidade do inseto no interior dessas estruturas em campo são pouco estudados. O objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica de emergência e a sobrevivência do bicudo abrigado em carimãs no período de entressafra do algodão. O estudo foi realizado de agosto de 2020 a janeiro de 2021, em área comercial de algodão. Carimãs naturalmente infestados pelo bicudo foram coletados e mantidos em gaiolas cobertas com tela anti-insetos e expostas às intempéries climáticas em campo. O número de bicudos emergidos dos carimãs, a cada 15 dias, foi registrado, durante 11 avaliações. Outras gaiolas em campo tiveram, simultaneamente, carimãs retirados e dissecados para avaliar a sobrevivência do bicudo

em seu interior. A emergência dos bicudos foi observada entre os 30 e 90 dias do início dos experimentos. Cerca de 67% dos bicudos emergiram dos carimãs antes das primeiras chuvas, demonstrando capacidade dessa praga para abrir orifícios de saída, mesmo no tecido rígido dos carimãs. O número de adultos vivos no interior dos carimãs, dos 30 aos 75 dias, foi 8,5 vezes menor do que no início do experimento. O bicudo não emergiu dos carimãs durante os primeiros 15 dias, o que pode ser uma janela para o uso de métodos de destruição efetivos dos carimãs, causando a mortalidade dos insetos em seu interior. A permanência no interior dos carimãs é importante para a sobrevivência do bicudo durante o período de entressafra do algodão, mantendo parte dos indivíduos vivos por períodos maiores do que o adotado como vazio sanitário nas principais regiões produtoras de algodão com presença dessa praga.

Palavras-chave: abrigo, bicudo, entressafra, *Gossypium hirsutum*, manejo integrado de pragas.

INTRODUÇÃO

Comportamentos de artrópodes herbívoros e predadores para persistirem no ambiente em condições desfavoráveis variam (Polis e Holt, 1992; Mcmurtry *et al.*, 2013; Chapman *et al.*, 2015), incluindo o uso de recursos alimentares alternativos (Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015; Vacacela Ajila *et al.*, 2019), diapausa (Schmidt *et al.*, 2005; Sim e Denlinger, 2013) e encontrar abrigo ou hospedeiros alternativos (Showler, 2006; Mcmurtry *et al.*, 2013; Saeed *et al.*, 2014). As estruturas das plantas usadas como abrigos são bastante diversas, que podem ser de tecido vegetal de ocorrência natural, como domácias, dobras foliares e tricomas (Roda *et al.*, 2001; Romero e Benson, 2005; Mcmurtry *et al.*, 2013); ou induzidas por fatores exógenos, como erínias e galhas (Ronquist *et al.*, 2015; de Lillo *et al.*, 2018; Eitle *et al.*, 2019). Essas estruturas podem ser usadas por longos períodos de tempo e até mesmo durante toda a vida do inseto (Mcmurtry *et al.*, 2013; de Lillo *et al.*, 2018). No entanto, insetos podem utilizar esses abrigos por período de tempo, relativamente, curto, por um estágio do seu desenvolvimento ou em condições ambientais desfavoráveis (Romero e Benson, 2005; Ronquist *et al.*, 2015; do Vale *et al.*, 2021).

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), uma das principais pragas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) nas Américas (Greenberg *et al.*, 2004a; Azambuja e Degrande, 2014; Miranda e Rodrigues,

2015) pode permanecer no ambiente durante o vazio sanitário do algodão, medida legislativa adotada nas principais regiões produtoras onde está presente (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso, 2016; Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, 2018; *Texas Department of Agriculture*, 2019). A utilização de recursos alimentares alternativos (Cuadrado e Garralla, 2000; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015) ou abrigar-se nas estruturas reprodutivas secas e deformadas do algodão, conhecidas como carimãs, facilitam sua permanência em regiões tropicais (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Showler, 2006; do Vale *et al.*, 2021).

O bicudo pode, no interior dos carimãs, se proteger do calor e da dessecação da superfície do solo, da aplicação de agrotóxicos e da ação de inimigos naturais, aumentando suas chances de sobrevivência em condições adversas e preservando sua capacidade reprodutiva (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004a; Coelho, 2022), para infestar a próxima safra de algodão. No entanto, a sobrevivência do bicudo em carimãs no campo e a época/frequência de emergência desses indivíduos, durante a entressafra do algodão, são pouco conhecidas (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b; Showler, 2007; do Vale *et al.*, 2021). Nessa perspectiva, o objetivo deste estudo foi estudar a dinâmica de emergência e a sobrevivência do bicudo abrigado em carimãs em campo durante a entressafra do algodão.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e período experimental

O estudo foi realizado em área comercial de algodão, cultivar “TMG47B2RF” (Tropical Melhoramento e Genética, Cambé, Paraná, Brasil), recém colhida na Fazenda Várzea Grande, no município de Bom Jesus da Lapa, Bahia, Brasil (13°11'17,9"S; 43°07'03,2"W; 436 m acima do nível do mar), de agosto de 2020 a janeiro de 2021. O clima local é semiárido (BSh), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, com precipitação média anual de 830,5 mm, concentrada de outubro a abril (Bahia, 2013). As temperaturas médias mínimas e máximas, de agosto de 2020 a janeiro de 2021, foram de 22,4 °C e 33,8 °C, respectivamente (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022). A soqueira do algodão, após a colheita, não foi destruída e um novo ciclo produtivo foi conduzido no período chuvoso seguinte.

Carimãs infestados

Os carimãs infestados pelo bicudo e utilizados nos experimentos foram coletados em lavoura comercial da Fazenda Tapera Grande, em Correntina, Bahia, Brasil (13°43'50,7"S; 45°48'48,0"W), no mês de agosto de 2020. Essa lavoura, cultivar “DP1746B2RF” (Monsanto, São Paulo, São Paulo, Brasil), foi manejada de maneira convencional, com semeadura direta após o cultivo da soja. Glyphosate-ammonium (Roundup WG, 792,5 g de ingrediente ativo kg⁻¹, grânulos dispersíveis em água, Monsanto do Brasil Ltda, São Paulo, São Paulo, Brasil), na dose de 1585,0 g do ingrediente ativo ha⁻¹, foi aplicado como dessecante para os restos culturais da soja para preparar a área para o cultivo do algodão, aos 20 dias antes da semeadura. A densidade de plantas foi de 11 plantas m⁻¹ e as linhas de semeadura espaçadas a 0,90 m entre si. S-metolachlor (Dual Gold, 960,0 g de ingrediente ativo L⁻¹, concentrado emulsionável, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil), na dose de 960,0 g do ingrediente ativo ha⁻¹, foi aplicado na época da emergência das plântulas. As plantas foram fertilizadas de acordo com análises prévias do solo e seguindo as recomendações técnicas para a cultura (Borin *et al.*, 2014), com 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio (três aplicações de 30 kg ha⁻¹ em cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura), 60 kg ha⁻¹ de fósforo (dose única) e 75 kg ha⁻¹ de potássio (três aplicações de 25 kg ha⁻¹ em cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura). Os fertilizantes utilizados foram ureia (45% de N), pentóxido de fósforo (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O) como fonte de N-P-K (Fertilizantes Heringer S.A., Paulínia, São Paulo, Brasil), respectivamente. Glyphosate-ammonium (Roundup WG, 792,5 g de ingrediente ativo kg⁻¹, grânulos dispersíveis em água, Monsanto do Brasil Ltda, São Paulo, São Paulo, Brasil), na dose de 792,5 g de ingrediente ativo ha⁻¹, foi aplicado aos 10 e 40 dias após a emergência das plântulas para o manejo das plantas infestantes pós-emergentes. O controle de pragas e doenças (Tab. 1) foi realizado conforme necessário, com base no monitoramento contínuo (Santos, 2015). O controle de pragas e doenças foi realizado em toda a área.

Próximo ao final do ciclo de cultivo do algodão (165 dias após a emergência das plantas), 2880 carimãs foram coletados, manualmente, de plantas aleatórias no interior da área cultivada, e acondicionados em sacos de papel Kraft (11,5 × 7,0 × 22,5 cm), durante 72h até sua utilização nos experimentos descritos a seguir.

Emergência dos bicudos em carimãs

Duzentos carimãs foram colocados por gaiola ($n = 9$; altura = 32 cm × diâmetro da base = 33 cm × diâmetro do topo = 25 cm) cobertas com tela anti-insetos (tela de polietileno

50 mesh, Lahuman Indústria Comércio Plásticos, Sumaré, SP, Brasil). Essas gaiolas foram identificadas e posicionadas 20 m equidistantes, em dois transectos, distantes 20 m entre cada uma, no interior da área destinada ao cultivo do algodão. Essas gaiolas ficaram expostas às intempéries climáticas, como temperatura ambiente e precipitação, que foram registradas (Fig. 1). As gaiolas foram, a cada 15 dias, abertas, por meio de um zíper na parte superior das mesmas, e o número de bicudos emergidos dos carimãs foi contado ao longo 165 dias, totalizando 11 avaliações. Os bicudos emergidos foram retirados das gaiolas e descartados.

Sobrevivência de bicudos em carimãs

Gaiolas ($n = 9$) idênticas às utilizadas no experimento anterior, com 120 carimãs cada, foram posicionadas, nos mesmos transectos, dois metros de distância daquelas do experimento anterior e retirados, ao acaso, a cada 15 dias de exposição em campo, 10 carimãs de cada uma e dissecados para quantificar os bicudos vivos e mortos no interior dessas estruturas, em cada uma de suas fases de desenvolvimento.

Análises estatísticas

O número de bicudos emergidos e o de larvas, pupas e adultos (vivos ou mortos) no interior dos carimãs, por data de avaliação, foi analisado utilizando-se um modelo linear generalizado de efeitos mistos [função *glmer* do pacote *lme4* no R (Bates *et al.*, 2015)] com distribuição de Poisson. Gaiolas e datas de avaliação foram consideradas em efeitos aleatórios. As médias foram agrupadas entre as datas de avaliação por exclusão gradual de termos não significativos no modelo (Crawley, 2012). As análises foram realizadas com o R *statistical software* (R Core Team 2021).

RESULTADOS

Bicudos emergidos

O número de bicudos, emergidos dos carimãs nas gaiolas, variou com o tempo após o final do ciclo de cultivo do algodão (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 31,58$, $df = 10$, $P < 0,001$), com um total de 15 bicudos que emergiram ao longo do experimento. A emergência dos bicudos iniciou aos 30 dias após o início do experimento e terminou aos 90 dias (Fig. 2; círculos pretos). O número de bicudos, emergidos dos carimãs, foi semelhante entre os 30 e 90 dias após o início do experimento (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 1,36$, $df = 4$, $P = 0,851$).

Bicudos vivos e mortos

O número de bicudos adultos vivos, no interior dos carimãs, variou com o tempo após o final do ciclo de cultivo do algodão (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 35,53$, $df = 11$, $P < 0,001$). Ao início do experimento, foram encontrados 3,3 adultos vivos para cada 10 carimãs dissecados. Entre 30 e 75 dias, o número de adultos vivos foi 8,5 vezes menor (Fig. 3; círculos pretos) e nenhum bicudo foi encontrado vivo no interior dos carimãs após os 75 dias.

O número de bicudos adultos mortos variou com o tempo após o final do ciclo de cultivo do algodão (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 40,93$, $df = 11$, $P < 0,001$). Um total de 2,8 adultos mortos foi encontrado, para cada 10 carimãs dissecados, no início do experimento e, a partir dos 30 dias, esse número foi 2,5 vezes maior (Fig. 3; quadrados cinzas).

O número de larvas mortas ($0,2 \pm 0,1$) (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 1,02$, $df = 11$, $P = 0,901$) e de pupas mortas ($0,7 \pm 0,1$) (modelo linear generalizado de efeitos mistos, $\chi^2 = 2,02$, $df = 11$, $P = 0,998$), para cada 10 carimãs dissecados, não diferiram entre as avaliações. O número de larvas + pupas mortas correspondeu a 6,5% do total de bicudos encontrados. Nenhuma pupa ou larva viva foi observada no interior dos carimãs nas avaliações realizadas.

DISCUSSÃO

O número de bicudos vivos no interior dos carimãs diminuiu sensivelmente a partir dos 30 dias, provavelmente devido às elevadas temperaturas observadas a partir desse período. Apesar de bicudos no interior de carimãs estarem, relativamente, protegidos de condições climáticas desfavoráveis à sua sobrevivência (Summy *et al.*, 1993; Greenberg *et al.*, 2004b), o inseto ainda sofre parte desse efeito, o que pode ter levado à morte de parte desses indivíduos. A maior mortalidade do bicudo observada a partir dos 30 dias pode, também, estar ligada à reserva energética insuficiente, que é obtida ao se alimentarem exclusivamente dos tecidos vegetais internos de sua maçã verde hospedeira, futuro carimã, que possuem menor teor nutricional em relação a botões florais (Showler, 2004, 2007, 2008). A reserva energética insuficiente pode também ter estimulado a emergência do bicudo, com pico entre os 45 e 60 dias a partir do início dos experimentos, para buscar por recursos alimentares alternativos na vegetação nativa circunvizinha à área cultivada com algodão (Cuadrado e Garralla, 2000; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*,

2015), onde podem sobreviver ao período de entressafra e, então, se reinfestarem e se reproduzirem em plantas da safra seguinte (Showler, 2006; Ribeiro *et al.*, 2010; Macêdo *et al.*, 2015). Dessa forma, o bicudo pode utilizar diversas estratégias em conjunto para sobreviver ao período de entressafra do algodão.

A emergência de cerca de 67% dos bicudos de carimãs, antes das primeiras chuvas, demonstra que podem abrir os orifícios de saída, mesmo no tecido rígido dos carimãs, embora a chuva fosse, até então, considerada fundamental para a emergência do bicudo, por amolecer o tecido lignificado dos carimãs (Macêdo, 2014; do Vale *et al.*, 2021; Coelho, 2022). Isso reforça que outros fatores, como a necessidade de alimento, podem estar associados ao estímulo do bicudo para emergir dos carimãs. Um total de 1,66 bicudos emergiu de cada 200 carimãs, sendo dois carimãs por planta (do Vale *et al.*, 2021) e, por isso, um total de 2444 bicudos ha⁻¹ pode emergir dos carimãs formados em uma densidade comum de 146667 plantas ha⁻¹ (entrelinha = 0,75 m; 11 plantas m⁻¹) ao longo de 90 dias. Dessa forma, o abrigo em carimãs pode ser uma das razões que, apesar do esforço em manter períodos de vazio sanitário nas principais regiões produtoras de algodão, onde o bicudo está presente (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso, 2016; Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, 2018; *Texas Department of Agriculture*, 2019), altas populações do bicudo continuam a ser observadas nessas regiões (Azambuja e Degrande, 2014; Miranda e Rodrigues, 2015; Bélot *et al.*, 2016).

A avaliação da longevidade e emergência do bicudo, a partir de carimãs em campo, é inédita para regiões tropicais, sendo que estudos anteriores foram realizados apenas em laboratório (Ribeiro *et al.*, 2015; Pires *et al.*, 2017; do Vale *et al.*, 2021). As condições constantes de laboratório, como temperatura e umidade, elevam a longevidade da praga em carimãs, com resultados que superaram os 100 dias (Macedo, 2014; Ribeiro *et al.*, 2015; do Vale *et al.*, 2021), contrastando com os resultados obtidos para condições de campo. A região deste estudo é especialmente conhecida pelas altas temperaturas, durante a entressafra do algodão, semiárido (BSh), com temperatura média máxima diária frequentemente próxima a 40°C, o que deve afetar negativamente a sobrevivência da praga no interior dos carimãs, apesar da relativa proteção exercida por essas estruturas. No entanto, em regiões de clima menos severo, é provável que um maior número de bicudos sobreviva e/ou emerja dessas estruturas, como estimado em regiões subtropicais (Summy *et al.*, 1993).

No interior de carimãs, o bicudo pode sobreviver à entressafra do algodão, normalmente, de 60 dias (Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso,

2016; Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, 2018; *Texas Department of Agriculture*, 2019), com adultos emergindo dessa estrutura até os 90 dias, a partir do início dos experimentos. Dessa forma, estratégias, como a adubação nitrogenada adequada e escolha de cultivares menos propensas a formar carimãs, podem ser utilizadas para reduzir o número de carimãs formados (Ferrari *et al.*, 2012; do Vale *et al.*, 2021), resultando em menor número de bicudos abrigados nessas estruturas. O bicudo não emergiu dos carimãs durante os primeiros 15 dias, o que pode ser uma janela para empregar métodos de destruição efetivos aos carimãs, como a destruição mecânica de restos culturais do algodoeiro (Ribeiro *et al.*, 2015), causando a mortalidade dos indivíduos em seu interior.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas e apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Código de Financiamento 001).

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Conflitos de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Agência de Defesa Agropecuária da Bahia. 2018. *Portaria No 253 de 25 de setembro de 2018*. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura – SEAGRI, Governo do Estado da Bahia, Salvador, Brasil.
- Azambuja R & Degrande PE. 2014. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico* **81**, 377–410.
- Bahia. 2013. *Estatísticas dos Municípios Baianos: Território de identidade nº 02 - Velho Chico*. 1st edn. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, Salvador, Brasil.
- Bates D, Mächler M, Bolker B & Walker S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* **67**, 1–48.
- Bélot JL, Barros EM & Miranda JE. 2016. Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro. In: *Desafios do Cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade* (eds AMPA, APROSOJA-MT &

- Embrapa) pp. 77–118. Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão, Cuiabá, Brasil.
- Borin ALDC, Ferreira GB & Carvalho MCS. 2014. *Adubação do algodoeiro no ambiente de cerrado*. Comunicado Técnico. Embrapa Algodão, Campina Grande, Brasil.
- Chapman JW, Reynolds DR & Wilson K. 2015. Long-range seasonal migration in insects: mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. *Ecology Letters* **18**, 287–302.
- Coelho BS. 2022. *Bicudo-do-algodoeiro (Coleoptera: Curculionidae): desenvolvimento em carimãs, morfometria e resistência a inseticidas*. M.S. thesis, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Vitória da Conquista, Brasil.
- Crawley MJ. 2012. *The R Book*. John Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom.
- Cuadrado GA & Garralla SS. 2000. Plantas alimenticias alternativas del picudo del algodonero (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae) en la provincia de Formosa, Argentina. Análisis palinológico del tracto digestivo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **29**, 245–255.
- Eitle MW, Carolan JC, Griesser M & Forneck A. 2019. The salivary gland proteome of root-galling grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) feeding on *Vitis* spp. *PLoS ONE* **14**, e0225881.
- Ferrari S, Furlani Junior E, Ferrari JV & Alberton JV. 2012. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* **7**, 226–232.
- Greenberg SM, Sappington TW, Elzen GW, Norman JW & Sparks AN. 2004a. Effects of insecticides and defoliantes applied alone and in combination for control of overwintering boll weevil (*Anthonomus grandis*; Coleoptera: Curculionidae) — laboratory and field studies. *Pest Management Science* **60**, 849–858.
- Greenberg SM, Showler AT, Sappington TW & Bradford JM. 2004b. Effects of burial and soil condition on postharvest mortality of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in fallen cotton fruit. *Journal of Economic Entomology* **97**, 409–413.
- Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso. 2016. Portaria No 001 de 3 de maio de 2016. *Governo do Estado de Mato Grosso Secretaria de Estado de Gestão, Cuiabá, Brasil*. Available from: <http://www.indea.mt.gov.br/documents/363967/8546763/IN+Sedec+Indea+00>

12016/38000563-6146-520b-07d2-3fa4623f6df7 [Accessed 26 November 2022].

- Instituto Nacional de Meteorologia. 2022. Dados históricos anuais. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, Brasil*. Available from: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> [Accessed 28 November 2022].
- Lillo E de, Pozzebon A, Valenzano D & Duso C. 2018. An intimate relationship between eriophyoid mites and their host plants – A Review. *Frontiers in Plant Science* **9**, 1786.
- Macêdo JA. 2014. *Fontes alternativas de alimento e sobrevivência do bicudo Anthonomus grandis Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em carimã na entressafra*. M.S. thesis, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia., Vitória da Conquista, Brasil.
- Macêdo JAD, Castellani MA, Santos FAR, Oliveira PP & Maluf RP. 2015. Fontes alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-do-algodoeiro em duas regiões produtoras de algodão na Bahia. *Revista Caatinga* **28**, 255–262.
- Mcmurtry JA, Moraes GJ & Sourassou NF. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology* **18**, 297–320.
- Miranda JE & Rodrigues SMM. 2015. História do bicudo no Brasil. In: *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis Boh., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle* (ed JL Bélot) pp. 11–45. Instituto Mato-grossense do Algodão, Cuiabá, Brasil.
- Pires CSS, Pimenta M, Mata RA, Souza LM, Paula DP, Sujii ER & Fontes EMG. 2017. Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **52**, 149-160.
- Polis GA & Holt RD. 1992. Intraguild predation: The dynamics of complex trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution* **7**, 151–154.
- R Core Team. 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribeiro EB, Castellani MA, Silva CAD da, Melo TL, Silva G dos S, Vale WS do & Santos AS. 2015. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **50**, 993–998.

- Ribeiro P de A, Sujii ER, Diniz IR, Medeiros MA de, Salgado-Labouriau ML, Branco MC, Pires CSS & Fontes EMG. 2010. 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* **39**, 28–34.
- Roda A, Nyrop J, English-Loeb G & Dicke M. 2001. Leaf pubescence and two-spotted spider mite webbing influence phytoseiid behavior and population density. *Oecologia* **129**, 551–560.
- Romero GQ & Benson WW. 2005. Biotic interactions of mites, plants and leaf domatia. *Current Opinion in Plant Biology* **8**, 436–440.
- Ronquist F, Nieves-Aldrey J-L, Buffington ML, Liu Z, Liljeblad J & Nylander JAA. 2015. Phylogeny, evolution and classification of gall wasps: The plot thickens. *PLoS ONE* **10**, e0123301.
- Saeed R, Razaq M & Hardy ICW. 2014. The importance of alternative host plants as reservoirs of the cotton leaf hopper, *Amrasca devastans*, and its natural enemies. *Journal of Pest Science* **88**, 517–531.
- Santos WJ. 2015. Manejo das pragas do algodão, com destaque para o cerrado brasileiro. In: *Algodão no cerrado do Brasil – 3ª edição* (ed EC Freire) pp. 267–364. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, Brasil.
- Schmidt PS, Matzkin L, Ippolito M & Eanes WF. 2005. Geographic variation in diapause incidence, life-history traits, and climatic adaptation in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* **59**, 1721–1732.
- Showler AT. 2004. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (coleoptera: curculionidae) fecundity and oviposition. *Journal of Economic Entomology* **97**, 1330–1334.
- Showler AT. 2006. Short-range dispersal and overwintering habitats of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during and after harvest in the subtropics. *Journal of Economic Entomology* **99**, 1152–1160.
- Showler AT. 2007. Subtropical boll weevil ecology. *American Entomologist* **53**, 240–249.
- Showler AT. 2008. Longevity and egg development of adult female boll weevils fed exclusively on different parts and stages of cotton fruiting bodies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **127**, 125–132.

- Sim C & Denlinger D. 2013. Insulin signaling and the regulation of insect diapause. *Frontiers in Physiology* **4**, 189.
- Summy KR, Cate JR & Bar D. 1993. Overwinter survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southern Texas: Entrapment in desiccated bolls. *Journal of Economic Entomology* **86**, 421–426.
- Texas Department of Agriculture. 2019. Cotton pest control: regulatory programs - cotton stalk destruction. Chapter 20. *Texas Department of Agriculture, Government of Texas, Austin, Texas, United States of America*. Available from: <https://www.texasagriculture.gov/RegulatoryPrograms/CottonStalkDestruction.aspx> [Accessed 6 July 2022].
- Vacacela Ajila HE, Colares F, Lemos F, Marques PH, Franklin EC, Santos do Vale W, Oliveira EE, Venzon M & Pallini A. 2019. Supplementary food for *Neoseiulus californicus* boosts biological control of *Tetranychus urticae* on strawberry. *Pest Management Science* **75**, 1986–1992.
- Vale WS do, Castellani MA, Novais VR de, Dias WSR, Lima ACS, Ribeiro EB, Cardoso AD & Silva CAD da. 2021. Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. *The Canadian Entomologist* **153**, 714–725.

Legenda das tabelas

Tab. 1. Aplicações realizadas para o manejo de pragas e doenças durante o cultivo das plantas de algodão. A tomada de decisão foi realizada por meio do monitoramento constante das plantas e seguindo as recomendações técnicas para a cultura

Legenda das figuras

Fig. 1. Temperatura máxima (círculos vermelhos), temperatura mínima (círculos azuis) e precipitação (barras verdes; escala à direita da figura) observadas durante o período experimental.

Fig. 2. Número (média \pm SE) de bicudos emergidos por gaiola, por avaliação, após o fim do ciclo de cultivo do algodão. Os carimãs foram coletados de plantas de algodão ao final do ciclo de cultivo e mantidos em grupos de 200 carimãs por gaiola de tela anti-insetos em condições de campo.

Fig. 3. Número (média \pm SE) de adultos de *Anthonomus grandis grandis* vivos (círculos pretos) e mortos (quadrados cinzas) no interior de cada 10 carimãs, por tempo, após o fim da época de cultivo do algodão. Os carimãs foram coletados de plantas de algodão ao final do ciclo de cultivo e mantidos em gaiolas de tela anti-insetos em campo.

Tabelas

Tabela 1

Doença ou praga-alvo	Aplicação (dias após a emergência das plantas)	Ingrediente ativo	Produto comercial (Responsável)	Concentração e formulação	Dose do ingrediente ativo ha ⁻¹
<i>Aphis gossypii</i> Glover (Hemiptera: Aphididae)	2 e 96	Acefato	Acefato Nortox (Nortox S.A., Araponga, Paraná, Brasil)	750,0 g de ingrediente ativo kg ⁻¹ , pó solúvel	750,0 g
<i>Frankliniella schultzei</i> (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae)	40	Carbossulfano	Marshal Star (FMC Química do Brasil Ltda, Campinas, São Paulo, Brasil)	700,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , concentrado emulsionável	280,0 g
<i>Frankliniella schultzei</i> (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae)	7	Metomil	Lannate® BR (Du Pont do Brasil S.A., Barueri, São Paulo, Brasil)	215,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , concentrado solúvel	86,0 g
<i>Colletotrichum gossypii</i> Southworth (Glomerellaceae)	26 e 74	Trifloxistrobina + Tebuconazol	Nativo® (Bayer S.A., São Paulo, São Paulo, Brasil)	100,0 + 200,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , suspensão concentrada	60,0 + 120,0 g

<i>Ramularia areola</i> G.F. Atkinson (Mycosphaerellaceae).	45	Bixafen + Protioconazol + Trifloxistrobina	Fox [®] XPRO (Bayer S.A., São Paulo, São Paulo, Brasil)	125,0 + 175,0 + 150,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , suspensão concentrada	62,5 + 87,5 + 75,0 g
	45, 54 e 63	Pimetrozina	Chess [®] 500 WG (Du Pont do Brasil S.A., Barueri, São Paulo, Brasil)	500,0 g de ingrediente ativo kg ⁻¹ , concentrado solúvel	200,0 g
<i>Anthonomus grandis</i> <i>grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae)	74 e 141	Lambda-cialotrina	Karate Zeon 250 CS (Syngenta Proteção de Culturas LTDA, São Paulo, SP, Brasil)	500,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , suspensão encapsulada	15,0 g
	83, 104, 120, 130 e 141	Malationa	Malathion UL (FMC Química do Brasil Ltda, Campinas, São Paulo, Brasil)	1170,0 g de ingrediente ativo L ⁻¹ , líquido de ultrabaixo volume	1170,0 g
<i>Heliothis virescens</i> (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)	112	Metomil	Lannate [®] BR (Du Pont do Brasil S.A., Barueri, São Paulo, Brasil)	215,0 g de ingrediente ativo kg ⁻¹ , concentrado solúvel	322,5 g

Figuras

Figura 1

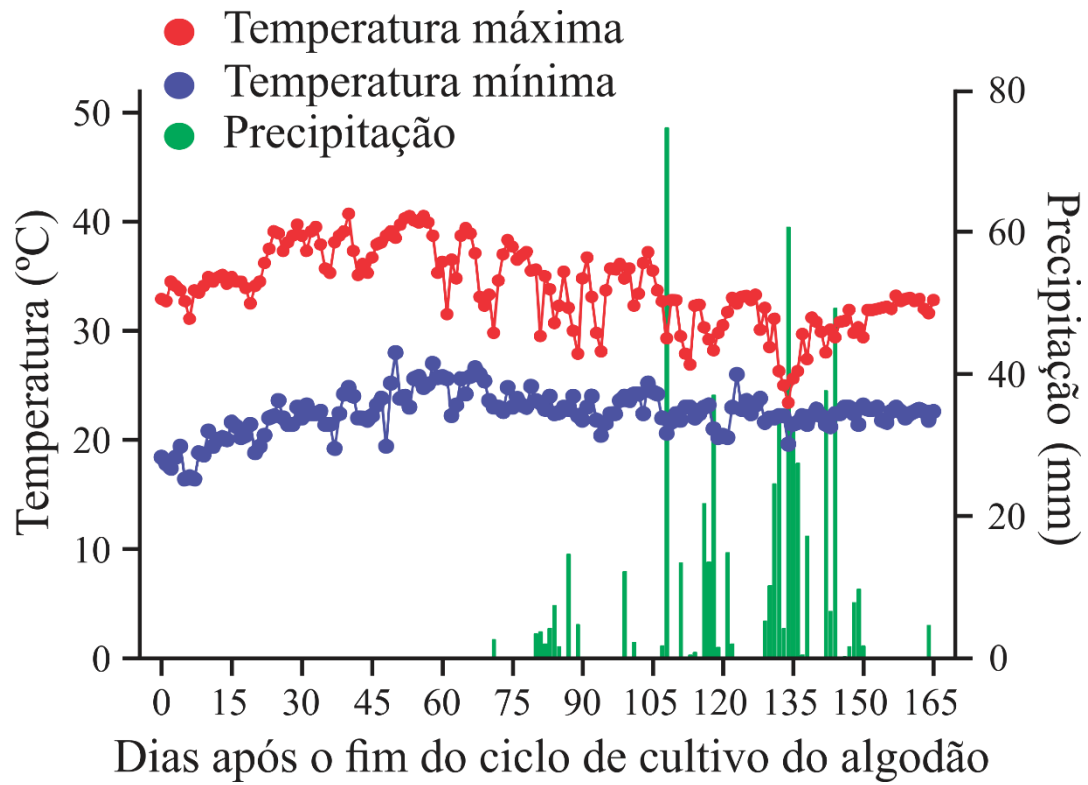


Figura 2

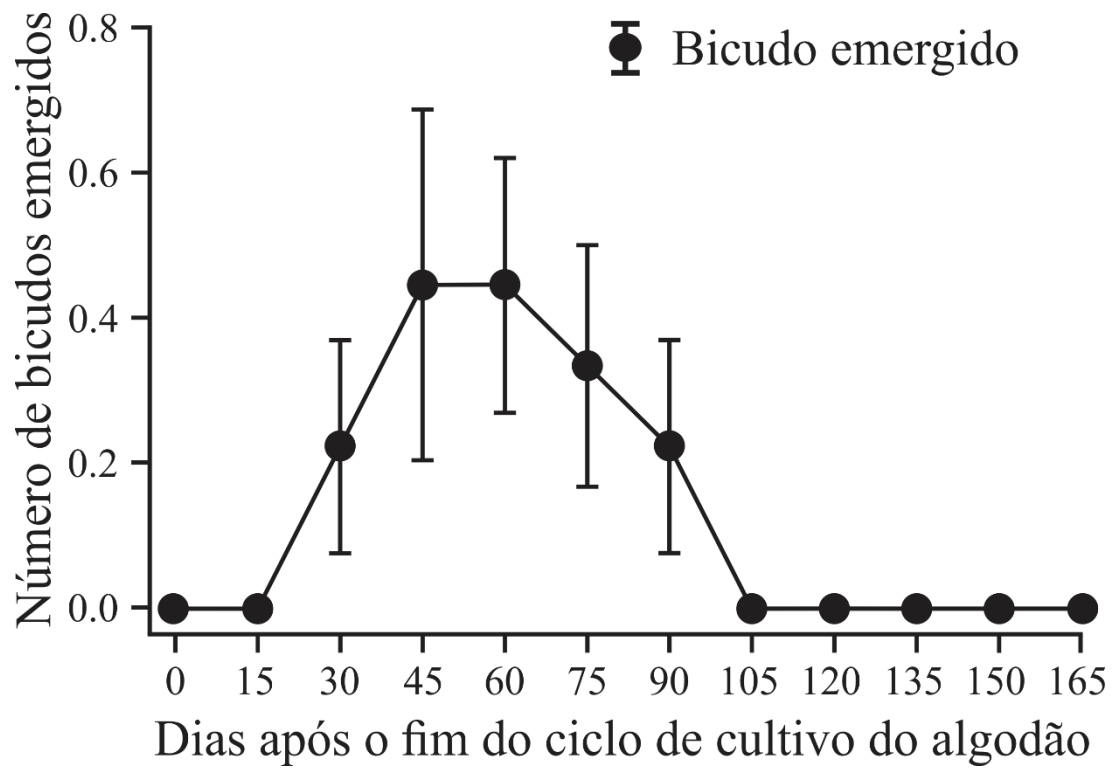
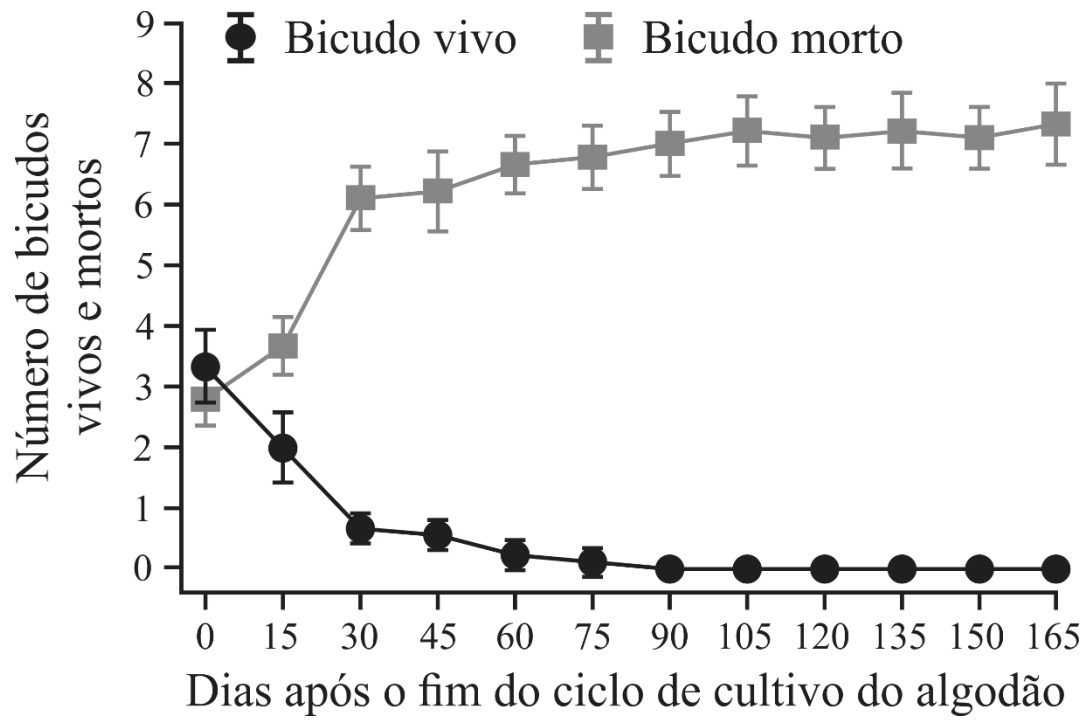


Figura 3



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo é importante para se entender a formação dos carimãs por plantas de algodão. Com os resultados obtidos, estratégias de preparação da lavoura de algodão para a colheita podem ser ajustadas para se reduzir o número de carimãs formados.

O bicudo manipula as estruturas reprodutivas do algodoeiro, formando um maior número de carimãs para sua sobrevivência. O manejo inadequado do bicudo na safra atual de algodão pode aumentar a infestação da praga no cultivo seguinte, mesmo em regiões com o vazio sanitário.

A sobrevivência e a emergência do bicudo, no interior dos carimãs em campo, foram demonstradas. O bicudo, mesmo em condições adversas no campo, sobrevive no interior dos carimãs por período maior do que o do vazio sanitário do algodão nas principais regiões produtoras onde a praga está presente. O bicudo emerge dos carimãs até os 90 dias após o final da safra de algodão, sem a necessidade da chuva para amolecer os tecidos rígidos dos carimãs.

Métodos de destruição dos carimãs, para maior eficiência, devem ser empregados nos primeiros 15 dias a partir do final do ciclo de cultivo do algodão, período no qual o bicudo não emerge dos carimãs, reduzindo a população do bicudo no interior dos mesmos.

As informações obtidas contribuem para aprimorar o manejo integrado do bicudo e reduzir a quantidade de sujidade oriunda dos carimãs para a fibra e, conseqüentemente, os custos de manejo dessa praga e da produção do algodão.

ANEXO I

ScholarOne Manuscripts™ William do Vale ▾ Instructions & Forms Help Log Out

Agricultural and Forest Entomology 

[Home](#) [Author](#) [Review](#)

Author Dashboard

Author Dashboard

- 1 Submitted Manuscripts >
- 1 Manuscripts with Decisions >
- [Start New Submission](#) >
- [Legacy Instructions](#) >
- 5 Most Recent E-mails >
- [Before You Submit](#) >

Submitted Manuscripts

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
ED: Watt, Allan ADM: Watt, Katy	AFE(2022)4464	Cotton harvest aid products can favor the formation of structures used by <i>Anthonomus grandis grandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) to survive during cotton fallow periods View Submission	04-Nov-2022	06-Nov-2022
• Under Review				
Contact Journal				