

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(ZOOLOGIA)**

**THIELE DA SILVA CARVALHO**

**SOBREVIVÊNCIA E POTENCIAL REPRODUTIVO DE ADULTOS DO  
BICUDO PREVIAMENTE ALIMENTADOS COM FONTES ALIMENTARES  
ALTERNATIVAS**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2021**

**THIELE DA SILVA CARVALHO**

**SOBREVIVÊNCIA E POTENCIAL REPRODUTIVO DE ADULTOS DO BICUDO  
PREVIAMENTE ALIMENTADOS COM FONTES ALIMENTARES  
ALTERNATIVAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Celso Feitosa Martins

Segundo orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva

**JOÃO PESSOA-PB**

**2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPB – Biblioteca  
Central Seção de Catalogação e Classificação

C331s Carvalho, Thiele da Silva.

Sobrevivência e potencial reprodutivo de adultos do  
bicudo previamente alimentados com fontes alimentares  
alternativas / Thiele da Silva Carvalho. - João Pessoa, 2021.  
88 f. : il.

Orientação: Celso Feitosa Martins.

Coorientação: Carlos Alberto Domingues da Silva.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Bicudo do algodoeiro - Alimentação e reprodução. 2.  
Bicudo (*Anthonomus grandis*) - Alimentação. 3. Bicudo  
(*Anthonomus grandis*) - Reprodução. 4. Algodão (*Gossypium*  
*hirsutum*). I. Martins, Celso Feitosa. II. Silva, Carlos Alberto  
Domingues da. III. Título.

UFPB/BC

CDU 595.7:582.685.2(043)

**SOBREVIVÊNCIA E POTENCIAL REPRODUTIVO DE  
ADULTOS DO BICUDO PREVIAMENTE ALIMENTADOS COM  
FONTES ALIMENTARES ALTERNATIVAS**

Aprovada em 31/08/2021

**BANCA EXAMINADORA**

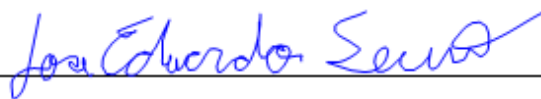


---

**Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva**

Presidente e segundo orientador

Embrapa Algodão



---

**Prof. Dr. José Eduardo Serrão**

Examinador externo

Universidade Federal de Viçosa



---

**Prof. Dr. Alexandre Pereira Colavite**

Examinador externo ao programa

Universidade Federal da Paraíba



---

**Prof. Dr. Márcio Bernardino da Silva**

Examinador interno

Universidade Federal da Paraíba



---

**Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos**

Examinador interno

Universidade Federal da Paraíba



---

**Prof. Dr. Celso Feitosa Martins**

Orientador

Universidade Federal da Paraíba

À minha amada mãe, Maria de Fátima Dias da  
Silva Carvalho (*In memoriam*), eternamente  
presente em meu coração.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Virgem Maria por todo o suporte que me concederam nos momentos em que mais precisei ao longo dessa caminhada. Senti-me fortalecida, regenerada e sábia, dispondo da absoluta certeza de que seria capaz de chegar ao final dessa etapa importante e especial.

Ao meu orientador Celso Martins, ao qual serei eterna e imensamente grata pelo apoio que me concedeu desde o primeiro momento para o sonho da realização desta etapa. Sem a sua confiança, apoio, contribuição e dedicação, esse sonho não teria se concretizado.

Ao meu segundo orientador Carlos Domingues pelo imenso apoio, cuidado e dedicação integral em mais uma etapa de minha carreira profissional. Admiro pelo exemplo de profissional e agradeço pela confiança em meu trabalho.

Agradeço ao apoio incondicional da minha família, que sempre priorizou o meu sucesso e bem-estar, dentre eles destaco minha querida mãe, Maria de Fátima Dias da Silva Carvalho (*In memoriam*), meu pai, Severino Farias de Carvalho, minha madrastra Fátima, minhas amadas irmãs Tatiana Carvalho e Thaise Carvalho, meu sobrinho Liam Levi, e meus demais parentes especiais.

Aos amigos e amigas que me auxiliaram e me acolheram nessa fase especial: Alessandra, Antônio, Bráulio, Bruna Laís, Bruna Melo, Clau, Glauber, Jana, Jasmine, Josivaldo, Juliana, Kalina, Leomyr, Lis, Mari, Matheus, Miriam, Niviane, Priscilla, Ramon, Renata, Ruth, Silvia, Socorro, Suely, Tardelly, Thiago e Wellisson.

Aos funcionários e aos professores dos laboratório de Entomologia e Anatomia Vegetal da Universidade Federal da Paraíba, do laboratório de Patologia e Biologia Molecular de Insetos da Embrapa Algodão e associados, que me auxiliaram na realização dos experimentos e estiveram ao meu lado: Alexandre, Alessandre, Philipe, Rivete, Antônio, Airton, Eduardo e José Serrão.

À Banca Examinadora pela disponibilidade, colaboração na correção desse manuscrito e compartilhamento de conhecimentos.

À Universidade Federal da Paraíba, ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) pela realização deste curso e pelo apoio da Embrapa Algodão para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste

trabalho.



“Quem tem um sonho não dança”

Cazuza

## RESUMO

O sucesso ecológico do bicudo-do-algodoeiro está relacionado à sua elevada capacidade de sobreviver por longos períodos alimentando-se com fontes alternativas de alimento na ausência do seu principal hospedeiro reprodutivo, porém, não existem informações a respeito dessa alimentação sobre suas condições de vida e capacidade reprodutiva. O objetivo deste trabalho foi determinar a sobrevivência e o potencial reprodutivo de adultos do bicudo previamente alimentados com fontes alimentares alternativas. Foram realizados três experimentos. O primeiro visou determinar o impacto da alimentação prolongada do bicudo com fontes alternativas de alimento sobre sua sobrevivência e reprodução. Em geral, as curvas de sobrevivência dos bicudos adultos alimentados com botões florais ou endocarpo de banana se mantiveram semelhante ao longo do tempo, apresentando trajetória de queda moderada, suave e acentuada, respectivamente, no período de 0-50 dias, 51-100 dias e de 101-129 dias. No entanto, bicudos adultos alimentados com endocarpo de laranja, apresentaram queda consistente e moderada até os 80 dias, decrescendo acentuadamente a partir deste período até a morte do último sobrevivente aos 108 dias. Os maiores números de botões florais com orifícios de alimentação e oviposição foram observados para bicudos alimentados previamente com botão floral de algodoeiro e os menores para aqueles alimentados previamente com endocarpos de banana e laranja. As maiores viabilidades de ovos foram observadas para fêmeas do bicudo alimentadas previamente com botões florais de algodoeiros aos 30 e 60 dias de idade e as menores para aquelas alimentadas previamente com laranja. Aos 90 dias de idade, apenas fêmeas alimentadas com botões florais depositaram ovos viáveis, as demais alimentadas previamente com laranja e banana depositaram ovos inviáveis. No segundo experimento avaliou-se a morfologia e morfometria dos órgãos reprodutores do bicudo após alimentação prolongada com fontes alimentares alternativas. Até os 30 e 60 dias de idade, 80-90% dos machos e fêmeas do bicudo, alimentados com fontes alternativas de alimento apresentavam seus órgãos reprodutores morfologicamente aptos para reprodução após ter acesso à dieta que estimula a reprodução (botões florais de algodoeiro). Aos 90 dias, porém, apenas uma pequena proporção de machos e fêmeas do bicudo alimentados com botões florais apresentavam seus órgãos reprodutores morfologicamente aptos para a reprodução. Fêmeas do bicudo alimentadas com botões florais de algodoeiro apresentaram os maiores comprimento do ovariolo e largura do ovócito e aquelas alimentadas com endocarpos de banana e laranja os menores. Do mesmo modo, a maior área e diâmetro do testículo foram observados para machos do

bicudo alimentados com botões florais e os menores para aqueles alimentados com endocarpos de banana e laranja. Um terceiro experimento foi conduzido para se determinar a influência da dieta consumida por fêmeas e machos do bicudo sobre seu processo de seleção sexual e acasalamento. Observou-se que 41,7% e 58,3% das fêmeas do bicudo com 90 dias de idade alimentada com botões florais e endocarpo de banana escolheram machos alimentados com botões florais e banana, respectivamente. Todas as fêmeas alimentadas com banana escolheram machos alimentados com botões florais, mas nenhuma delas depositou ovos viáveis. Entre os machos alimentados com botões florais, 100% deles escolheram fêmeas alimentadas com botões florais. Por outro lado, 66,7% e 33,3% dos machos alimentados com banana escolheram fêmeas alimentadas com botões florais ou banana, respectivamente. Esse estudo indica que fêmeas do bicudo alimentadas por períodos prolongados com fontes alternativas de alimento não são capazes de reverter à atrofia dos seus órgãos reprodutivos após 90 dias de idade. Isso indica a necessidade dos cotonicultores em realizar a destruição correta dos restos culturais do algodoeiro e de respeitar o vazio sanitário na entressafra dessa cultura para que bicudos não tenham acesso aos botões florais do algodoeiro antes dos 90 dias.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, período de entressafra, diapausa reprodutiva

## **ABSTRACT**

The ecological success of the cotton boll weevil is related to its high capacity to survive for long periods feeding on alternative food sources in the absence of its main reproductive host, however, there is no information about this feeding on their living conditions and reproductive capacity. The objective of this work was to determine the survival and reproductive potential of adults of the cotton boll weevil previously fed with alternative food sources. Three experiments were carried out. The first aimed to determine the impact of prolonged feeding of the cotton boll weevil with alternative food sources on its survival and reproduction. In general, the survival curves of adult boll weevils fed with cotton squares or banana endocarp remained similar over time, with a trajectory of moderate, mild and accentuated fall, respectively, in the period of 0-50 days, 51-100 days and from 101-129 days. However, adult boll weevils fed with orange endocarp, showed a consistent and moderate drop up to 80 days, decreasing sharply from this period until the death of the last survivor at 108 days. The highest number of cotton squares with punctures of feeding and oviposition were observed for boll weevils previously fed with cotton squares and the smallest for those previously fed with banana and orange endocarps. The highest egg viability was observed for boll weevil females previously fed with cotton squares at 30 and 60 days of age and the lowest for those previously fed with orange. At 90 days of age, only females fed with cotton squares deposited viable eggs, the others previously fed with orange and banana deposited non-viable eggs. In the second experiment, the morphology and morphometry of the boll weevil reproductive organs were evaluated after prolonged feeding with alternative food sources. Up to 30 and 60 days of age, 80-90% of boll weevil males and females fed with alternative food sources had their reproductive organs morphologically suitable for reproduction after having access to a diet that stimulates reproduction (cotton squares). At 90 days, however, only a small proportion of boll weevil males and females fed on cotton squares had their reproductive organs morphologically suitable for reproduction. Boll weevil females fed on cotton squares had the largest ovariole length and oocyte width, and those fed banana and orange endocarps the smallest. Likewise, the largest area and diameter of the testis were observed for male boll weevils fed on cotton squares and the smallest for those fed on banana and orange endocarps. A third experiment was carried out to determine the influence of the diet consumed by boll weevil females and males on their process of sexual selection and mating. It was observed that 41.7% and 58.3% of the 90-day-old boll weevil females fed with cotton squares and banana endocarp chose males fed with cotton

squares and banana, respectively. All banana-fed females chose cotton squares-fed males, but none of them laid viable eggs. Among males fed with cotton squares, 100% of them chose females fed with cotton squares. On the other hand, 66.7% and 33.3% of males fed on banana chose females fed on cotton squares or banana, respectively. This study indicates that female boll weevils fed for prolonged periods with alternative food sources are not able to reverse the atrophy of their reproductive organs after 90 days of age. This indicates the need for cotton growers to carry out the correct destruction of the cotton crop residues and to respect the sanitary void during the off-season of this crop so that boll weevils do not have access to the cotton squares before 90 days.

**Keywords:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, off-season, reproductive diapause

**CAPÍTULO I****31**

Figura 1. Sobrevivência de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentados com botões florais de algodão (*Gossypium hirsutum*) pedaços de endocarpo de laranja (*Citrus sinensis*) e banana (*Musa paradisiaca*) em função do tempo. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**48**

Figura 2. Curvas de regressão para a esperança de vida de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentados com botões florais de algodão (●), pedaços de endocarpo de banana (▲) e endocarpo de laranja (■) em função da classe de idade. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**48****CAPÍTULO II****49**

Figura 1. Ovário totalmente desenvolvido incluindo ovos corionados na base do ovaríolo de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro alimentadas previamente com botão floral de algodoeiro (A) e endocarpo de banana (C) aos 30 dias de idade e depois com botão floral de algodoeiro; ovário em paralisação do fluxo reprodutivo com ovos corionados, mas exibindo descontinuidade na progressão do desenvolvimento oocitário de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro alimentadas previamente com botão floral de algodoeiro (B) e endocarpo de banana (D) aos 90 dias de idade e depois com botão floral de algodoeiro. BC, bolsa copulatória, OC, ovos corionados, OL, oviduto lateral, G, germário. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**67**

Figura 2. Testículos de reprodução tardia com as vesículas seminais distendidas com espermatozóides e glândulas acessórias bem desenvolvidas de machos do bicudo-do-algodoeiro alimentados previamente com botão floral de algodoeiro e banana aos 30 e 90 dias de idade (A, B, C e D) e depois com botão floral de algodoeiro. T, testículos, F, folículo, VS, vesícula seminal. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**68**

Figura 3. Adultos do bicudo-do-algodoeiro, <i>Anthonomus grandis</i> (Coleoptera: Curculionidae) reprodutivamente ativos por sexo. Média seguidas pela mesma letra nas barras não são diferentes pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	69
--	----

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>70</b>
---------------------	-----------

Figura 1. Preferência da fêmea por machos. Fêmea virgem originária de populações criadas com botões florais expostas a machos virgens originados de populações criadas em botões florais ou banana (A). Fêmea virgem originária de populações criadas com banana expostas a machos virgens originados de populações criadas em botões florais ou banana (B). TGIC: tempo gasto para iniciar a cópula; DC: duração da cópula; PR: período refratário da fêmea. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	83
--	----

Figura 2. Preferência do macho por fêmeas. Macho virgem originário de populações criadas com botões florais expostas a fêmeas virgens originadas de populações criadas em botões florais ou banana (A). Macho virgem originário de populações criadas com banana expostas a fêmeas virgens originadas de populações criadas em botões florais ou banana (B). TGIC: tempo gasto para iniciar a cópula; DC: duração da cópula; PR: período refratário da fêmea. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	84
--	----

**CAPÍTULO I****31**

Tabela 1. Tabela de esperança de vida de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentados com botões florais de algodoeiro, endocarpo de banana e laranja durante a fase adulta. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**46**

Tabela 2. Médias<sup>(\*)</sup> ( $\pm$  erro padrão) dos números de botões florais de algodão com orifícios de alimentação e de oviposição por bicudos adultos e viabilidade de ovos (%) nesses botões florais após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e de laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**47****CAPÍTULO II****49**

Tabela 1. Porcentagem de bicudos adultos reprodutivamente ativos em função da idade após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e após esse período com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**63**

Tabela 2. Resumo das análises de variância para peso (mg) e comprimento do corpo (mm) de machos e fêmeas do bicudo do algodoeiro, comprimento do ovário (mm) e largura do ovócito (mm) mais desenvolvido das fêmeas, área e diâmetro do testículo dos machos após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e depois com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**64**

Tabela 3. Médias<sup>(\*)</sup> ( $\pm$  erro padrão) do peso (mg) e comprimento do corpo (mm), comprimento do ovário (mm) e largura do ovócito (mm) mais desenvolvido de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e depois com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....

**65**



Tabela 4. Médias <sup>(*)</sup> ( $\pm$ erro padrão) do peso (mg) e comprimento do corpo (mm), área (mm <sup>2</sup> ) e diâmetro do testículo (mm) de machos do bicudo do algodoeiro após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e de laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e após esse período com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	66
---	----

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>70</b>
---------------------	-----------

Tabela 1. Preferência da fêmea por machos: tamanho médio de fêmea e machos, tempo médio gasto para iniciar a cópula, duração média da cópula e período médio refratário das fêmeas originárias de populações alimentadas com botão floral e banana. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	81
--	----

Tabela 2. Preferência do macho por fêmeas: tamanho médio de fêmea e machos, tempo médio gasto para iniciar a cópula, duração média da cópula e período médio refratário das fêmeas originárias de populações alimentadas com botão floral e banana. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.....	82
--	----

<b>SUMÁRIO</b>	<b>Página</b>
1 Introdução geral.....	18
1.1 Cultura do algodoeiro ( <i>Gossypium hirsutum</i> ).....	18
1.2 <i>Anthonomus grandis</i> (Coleoptera: Curculionidae).....	19
1.3 Sobrevivência e diapausa do bicudo no período de entressafra.....	21
Referências bibliográficas.....	25
 <b>CAPÍTULO I - Impacto da alimentação prolongada com fontes alternativas de alimento sobre a sobrevivência e reprodução do bicudo-do-algodoeiro.....</b>	 <b>31</b>
1 Introdução.....	34
2 Materiais e Métodos.....	35
3 Resultados.....	37
4 Discussão.....	38
Referências bibliográficas.....	42
 <b>CAPÍTULO II - Morfologia e morfometria dos órgãos reprodutores do bicudo-do-algodoeiro após alimentação prolongada com fontes alimentares alternativas.....</b>	 <b>49</b>
1 Introdução.....	52
2 Materiais e Métodos.....	53
3 Resultados.....	54
4 Discussão.....	56
Referências bibliográficas.....	59
 <b>CAPÍTULO III - Influência da dieta consumida por fêmeas e machos do bicudo-do-algodoeiro sobre seu processo de seleção sexual e acasalamento.....</b>	 <b>70</b>
1 Introdução.....	73
2 Materiais e Métodos.....	74
3 Resultados.....	76
4 Discussão.....	77

Referências bibliográficas.....	85
---------------------------------	----

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1. Cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.)

O algodoeiro herbáceo ou anual (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) é uma das 50 espécies de *Gossypium* (WENDEL et al., 2015), representante da ordem Malvales e da família Malvaceae. Das espécies do gênero *Gossypium*, quatro tem importância comercial e mais de 90% da produção mundial de fibras são da espécie *G. hirsutum* (FRYXELL, 1992; STEWART et al., 2019). As espécies selvagens do gênero, geralmente, não são economicamente produtivas porque não apresentam fibras fiáveis, sem torções e possui comprimento pequeno com baixa resistência, o que inviabiliza seu aproveitamento industrial (ASLAM et al., 2020).

O algodoeiro é uma cultura importante para a economia agrícola mundial e uma das commodities mais comercializadas, com cerca de um terço da produção global destinada a exportação (ADAMS, 2015). É cultivado comercialmente em cerca de 60 países em uma área anual superior a 35 milhões de hectares e produção estimada de 24 milhões de toneladas de fibras em diferentes regiões e continentes que apresentam variações ambientais distintas, de solo, clima e temperatura (VIDAL NETO; FREIRE, 2013; USDA, 2018). China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil são os maiores produtores de algodão (STATISTA, 2018).

No Brasil, a cultura do algodão representa parcela importante da economia agrícola e contribui expressivamente para o crescimento do agronegócio brasileiro. Em 2020, o Brasil exportou cerca de 2,12 milhões de toneladas de algodão em pluma, 31,7% acima do volume de 2019, de acordo com dados do Ministério da Economia. Esse desempenho em 2020 representa um novo recorde anual das exportações brasileiras de pluma, superando pela primeira vez os 2 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Na Região Centro-Oeste, considerada a maior região produtora nacional, a intenção de plantio para a safra 2021/22 é de 1.154,5 mil hectares, o que representa uma redução de 6,4% em comparação ao ano anterior em decorrência da retração do mercado ocorrida durante a pandemia de Covid em 2020 (CONAB, 2021).

A importância da cultura do algodoeiro se deve principalmente a produção de fibra, óleo e de seus subprodutos, como a torta e o farelo de algodão (BELTRÃO et al., 2020). A fibra apresenta mais de quatrocentas aplicações na indústria, incluindo confecção de fios para a tecelagem, feltros, cobertores e estofamentos; preparação de

algodão hidrófilo para laboratórios e produção de celulose (KALEBEK e BABAARSLAN, 2016). A semente é composta basicamente por línter e óleo, sendo 60 e 40% dela representada pelo caroço ou semente e pela fibra, respectivamente (CHENG et al. 2020). A semente consiste em aproximadamente 16% de óleo, 45% de farinha, 25% de casca e 8% de linters (NPCA, 2020).

A planta de algodão parece ter sido selecionada pela natureza para os artrópodes, pois suas folhas, botões florais, flores, maçãs e nectários, largos e suculentos atraem prontamente esses organismos (SILVA et al., 2013). Alguns deles são benéficos, mas muitos deles causam danos ao algodoeiro. Espécies como o bicudo-do-algodoeiro, por exemplo, exigem que medidas de controle sejam adotadas para contenção dos surtos populacionais, independentemente do local onde o algodoeiro é cultivado, sendo, por isso, denominado pragas-chave (SILVA et al., 2013). As pragas-chave de uma cultura são aquelas para as quais se devem orientar o monitoramento e o controle, pois são as mais importantes e que causam os maiores prejuízos; e, muitas vezes, controlando-as já se controlam também as demais.

## **1.2. *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae)**

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 é um coleoptera, Anthonominae, Curculionidae, com 350 espécies registradas (BURKE et al., 1986). O primeiro registro da interação do bicudo com o algodoeiro cultivado ocorreu em 1855, no estado de Coahuila, México (GABRIEL, 2002). Esse inseto foi constatado pela primeira vez e descrito, posteriormente, a partir de espécimes coletados em Vera Cruz, no México. Informações anteriores mostram que este inseto foi citado pelo entomologista Francês L.A.A. Chevrolat em sua obra *Coleopteres Du Mexique*, publicada em 1834, mas sem estabelecer com precisão onde o inseto foi coletado (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983).

No Brasil, o bicudo-do-algodoeiro foi registrado pela primeira vez em fevereiro de 1983, em cultivo de algodoeiro localizado na região de Campinas, São Paulo (BUSOLI; MICHELOTTO, 2005). No mesmo ano, esse coleóptero já havia se disseminado para lavouras de algodoeiro localizadas na região de Campina Grande e Ingá, estado da Paraíba (SILVA, 2012). Nestas regiões, esse inseto foi responsável por ocasionar severos prejuízos às lavouras de algodoeiros, atingindo altos níveis de infestação (HABIB; FERNANDES, 1983).

O bicudo-do-algodoeiro é uma das pragas mais nocivas no hemisfério ocidental (SPURGEON; SUH, 2019). Inseto de elevada capacidade adaptativa e potencial biótico, em pouco tempo tornou-se um dos mais importantes desafios fitossanitários para o Brasil se disseminando para todas as regiões produtoras de algodão do país (SILVA et al., 2013). O bicudo tem a capacidade de causar reduções significativas em até 86% na produtividade e na qualidade da fibra do algodão (RAMALHO, 1994). Inseto de hábito monófago, o bicudo-do-algodoeiro provoca elevada taxas de abscisão dos botões florais do algodoeiro e abertura anormal de suas maçãs devido aos seus hábitos alimentares e de oviposição nessas estruturas reprodutivas das plantas (SILVA et al., 2013, 2017).

O bicudo é um besouro que mede de 4 a 9 mm de comprimento e 7 mm de envergadura, tem coloração que varia de pardo-acinzentado ao preto, dependendo de sua idade e alimentação, e corpo piloso (TOMQUELSKI; MARTINS, 2008; SILVA, 2012). O inseto possui um rostro fino e recurvado, característico da família, medindo cerca de metade do tamanho do resto do seu corpo, onde se localizam as peças bucais (ALMEIDA et al., 2008; SILVA, 2012). A fêmea do bicudo deposita seus ovos dentro das estruturas florais, onde o inseto completa todo o seu ciclo. Após a eclosão, as larvas permanecem dentro do botão floral, utilizando-o como fonte de alimento e de proteção até a emergência do adulto. A abscisão dos botões florais do algodão ocorre principalmente naqueles formados entre 40 e 60 dias de idade, dependendo da variedade do algodão (RIBEIRO et al., 2010; PIMENTA et al., 2016). O adulto move-se pelas superfícies vegetais do algodoeiro, alimentando-se e realizando posturas nos botões florais, flores e maçãs novas (MARTINS, 2018).

O principal tecido vegetal consumido pelos adultos dos bicudos durante sua alimentação sobre os botões florais são as anteras e os óvulos. A alimentação tem início nas sépalas e pétalas, com a perfuração e mastigação destes tecidos, seguido pelo consumo de pólen contido nas anteras e do ovário presente no botão floral (SANTOS et al., 2003). O desprendimento e a queda do botão floral da planta de algodão atacada pelo bicudo (com orifício de oviposição) ocorrem por causa da ação da pectinase produzida e liberada pela larva que se encontra ao final do segundo e no terceiro instar. Esta enzima é responsável pela formação de uma membrana impermeável, no pedúnculo do botão floral, que impede a passagem da água, causando o seu amarelecimento e a queda sobre o solo (KING, 1973). Quando as maçãs são atacadas, formam-se os carimãs, tornando a qualidade, quantidade e a impureza da fibra do algodão comprometida para a comercialização (TOMQUELSKI; MARTINS, 2008).

As fêmeas adultas recém-emergidas alimentam-se por aproximadamente 3 a 5 dias antes de iniciar o período da postura (MARTINS, 2018). Após este intervalo, ovipositam preferencialmente nos botões florais, flores e maçãs novas localizadas na região apical do dossel do algodoeiro. Por esse motivo, considera-se que o período de maior exposição do algodoeiro ao ataque do bicudo é na fase do aparecimento dos primeiros botões florais (60 a 70 dias após a emergência) até o período de colheita (140 a 180 dias após a emergência) (SILVA et al., 2013). A fêmea deposita, geralmente, um ovo por estrutura floral, dependendo da sua densidade populacional na lavoura, e o reveste com uma cera constituída por uma substância antimicótica e resíduos provenientes do botão floral, que serve como proteção contra os inimigos naturais e evitando a desidratação do ovo (MARTINS, 2018). Cada fêmea coloca cerca de 6 ovos por dia, totalizando 100 a 300 ovos colocados durante seu ciclo de vida, e o período de incubação varia de 3 a 4 dias (BASTOS et al., 2005).

Os principais métodos empregados para controle do bicudo têm como objetivo impedir, ou diminuir, a infestação inicial da praga na cultura. Esses métodos incluem o uso de cultivares resistentes com período de floração concentrada via melhoramento genético convencional, controle biológico com a liberação de parasitoides, controles cultural, legislativo e químico (ALMEIDA et al., 2008; SILVA et al., 2013). Este último, utilizado de forma racional e criteriosa, respeitando o nível de 10% de botões florais atacados por orifícios de alimentação e/ou oviposição (SILVA et al., 2013).

### **1.3. Sobrevivência e diapausa do bicudo no período de entressafra**

O bicudo-do-algodoeiro apresenta características biológicas e comportamentais no campo que dificultam a adoção de medidas eficientes de controle. Este inseto usa principalmente os botões florais como hospedeiro reprodutivo (GABRIEL, 2002; AZAMBUJA, DEGRANDE, 2014; BÉLOT et al. 2016). Dentro dessas estruturas vegetais do algodoeiro, o bicudo pode se proteger do calor e da dessecação da superfície do solo, da aplicação de agrotóxicos e da ação de inimigos naturais, conferindo-lhe maior chance de sobreviver a condições adversas e preservando sua capacidade reprodutiva (SUMMY et al., 1993, MACÊDO, 2014, RIBEIRO, 2015), emergindo dessa estrutura para infestar a safra de algodão subsequente (SUMMY et al., 1993; GREENBERG et al., 2004; SHOWLER, 2007; PIRES et al., 2017).

Outro fator-chave que facilita o sucesso ecológico do bicudo é sua grande plasticidade fenotípica que confere a este inseto a capacidade de sobreviver por longos

períodos na ausência do principal hospedeiro, no período de entressafra do algodoeiro (SHOWLER, 2009; SPURGEON; SUH, 2017). O bicudo, por exemplo, abandona as lavouras de algodoeiro ao final do seu ciclo de cultivo para áreas onde podem obter alimento alternativo, como pólen de plantas não hospedeiras (RIBEIRO et al., 2010), bem como, se alimentar de frutos de outras culturas, como banana, laranja, cactos, entre outras (SHOWLER; ABRIGO, 2007). Os adultos do bicudo se alimentam principalmente do pólen de plantas Malvaceae, mas pode se alimentar, também, de pólen de plantas de outros táxons (CROSS et al., 1975; BURKE et al., 1986; BENEDICT et al., 1991; JONES; COPPEDGE, 1999). Essa capacidade de sobrevivência permitiu ao bicudo sua expansão e distribuição geográfica para além do seu centro de origem (SHOWLER, 2009).

Estudos conduzidos no Brasil sobre a capacidade de sobrevivência dos adultos do bicudo alimentados com pólen de *Hibiscus tiliaceus*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Hibiscus schizopetalus*, *Malvaviscus arboreus* e *Abutilon striatum* demonstraram que os bicudos alimentados com pólen de *H. tiliaceus* apresentaram maior longevidade, sobrevivendo por aproximadamente 130 dias, o que pode possibilitar sua sobrevivência durante o período da entressafra (GABRIEL, 2002). Esse comportamento de se alimentar de pólen de outras espécies vegetais pode ser uma importante estratégia de sobrevivência do bicudo na ausência de hospedeiros reprodutores, especialmente em ambientes tropicais onde os adultos deste curculionídeo podem permanecer fisiologicamente ativos durante todo o ano (SPURGEON; SUH, 2019). No entanto, nenhum desses hospedeiros alternativos é comparável ao algodoeiro na manutenção de populações do bicudo (JONES et al, 1993).

Na América do Norte, alguns biótipos do bicudo podem sobreviver ao inverno da região neártica sem a presença do algodoeiro, porém em diapausa reprodutiva, onde os insetos apresentam gônadas atrofiadas e corpo gorduroso hipertrofiado, não apresentando redução significativa de sua atividade comportamental (BRAZZEL; NEWSOM, 1959).

Estudos conduzidos no Texas, Estado Unidos, demonstraram que quanto maior o período de tempo que os bicudos permanecerem sem se alimentar de algodão, maior será a dificuldade de machos e fêmeas se tornar reprodutivos (GREENBERG et al., 2009). Segundo esses autores, em um período de setembro a janeiro, as fêmeas de bicudo capturadas em janeiro apresentaram menor número de orifícios de oviposição, de ovócitos viáveis e de descendentes, enquanto os machos tiveram seus testículos atrofiados. Isto indica que na maioria dos sistemas de produção do algodoeiro pelo menos uma parte da



população do bicudo entra em dormência reprodutiva à medida que a safra de algodão amadurece para facilitar sua sobrevivência durante a entressafra (SPURGEON et al., 2018, 2019). No entanto, a natureza dessa dormência reprodutiva tem sido motivo de debate (SPURGEON; SUH, 2019).

A dormência reprodutiva do bicudo do algodoeiro foi inicialmente caracterizada como diapausa (BRAZZEL; NEWSOM, 1959), mas pesquisas posteriores demonstraram serem inconsistentes os fatores responsáveis pela indução da diapausa no bicudo (SPURGEON; RAULSTON, 2006). O método de classificação do corpo gorduroso em adultos do bicudo por meio da sua observação através da cutícula abdominal dorsal proposta por Guerra et al. (1982) se mostrou um método pouco confiável (SPURGEON et al. 2003). Além disso, nas regiões subtropicais, pelo menos uma parte da população de bicudos exibe uma propensão para a reprodução contínua, desde que a frutificação do algodão esteja disponível (SUMMY et al. 1988; RUMMEL; SUMMY, 1997). Este fato, fez com que alguns pesquisadores questionassem a natureza dessa dormência (GUERRA et al. 1982, 1984; SHOWLER, 2009) ou se ela ocorre (SHOWLER, 2007, 2010). Estudos conduzidos sobre os padrões sazonais dos períodos de pré-oviposição de bicudos capturados em armadilhas, demonstraram que populações de inverno não iniciam a oviposição rapidamente ao ingerir botões florais (GREENBERG et al., 2007).

No Brasil, as respostas dos bicudos a diferentes tipos de dieta indicaram que a dormência tratava-se na realidade de quiescência, mas os critérios morfológicos adotados por Paula et al. (2013) para distinguir diapausa não foram consistentes com os propostos por Brazzel e Newsom (1959) ou Spurgeon et al. (2003) (SPURGEON; SUH, 2019). Na realidade, a diapausa do bicudo-do-algodoeiro pode ser induzida pela manipulação da dieta do adulto (SPURGEON et al. 2003; 2008; 2018, 2019; SPURGEON e RAULSTON, 2006; SPURGEON e SUH 2017, 2018) e está associada à sobrevivência estendida livre do hospedeiro (SPURGEON et al. 2008, 2018; SPURGEON e SUH, 2017, 2018; WESTBROOK et al. 2003). Estudos realizados para determinar o término da diapausa no bicudo-do-algodoeiro mostraram que a maioria dos bicudos permanece com seus órgãos reprodutores atrofiados mesmo após consumir dieta favorável a reprodução (botões florais) por um período relativamente curto de tempo e que, portanto, a dormência exibida pelo bicudo é, na realidade, uma diapausa de intensidade variável, e não uma quiescência (SPURGEON; SUH, 2019). Segundo esses autores a diapausa exibida pelo bicudo se encaixa em um modelo conceitual que reconhece a heterogeneidade da sua população na indução e intensidade da diapausa, sendo consistente com relatos de sobrevivência em

substratos alternativos e acomoda diferenças percebidas na ecologia do bicudo entre regiões temperadas, subtropicais e tropicais.

Pelo exposto, fica evidente que o consumo de fontes alternativas de alimento pelos adultos do bicudo desempenha um papel primordial na sua sobrevivência, diapausa e reprodução durante o período da entressafra. No entanto, não existem informações a respeito do efeito dessa sobrevivência sobre as condições de vida e capacidade reprodutiva dos adultos do bicudo. Estudos recentes conduzidos por Spurgeon e Suh (2019) sobre os padrões de alimentação e oviposição do bicudo foram úteis na interpretação da resposta ao término da diapausa, mas os autores não examinaram o impacto do consumo prolongado de fontes alternativas de alimento sobre sua sobrevivência e reprodução. Fêmeas do bicudo em estado de diapausa apresentam ovários com ovócitos condensados com a gema floculada típica de reabsorção, enquanto os machos apresentam testículos atrofiados opacos com depósitos de corpo gordurosos externos, com vesículas seminais preenchidas com esperma e glândulas acessórias pouco desenvolvidas (SPURGEON et al., 2003). Portanto, é possível, que bicudos alimentados por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento não sejam capazes de reverter a atrofia de seus órgãos reprodutores após terem acesso à dieta que favoreça a reprodução, ou porque sua idade avançada pode prejudicar a produção de ovos viáveis e, conseqüentemente, de sua progênie (PERVEZ et al., 2004). No entanto, os aspectos comportamentais, ecológicos ou evolutivos do envelhecimento em termos de reprodução permanecem obscuros na maioria dos organismos.

Nesta pesquisa será determinada a sobrevivência e o potencial reprodutivo de adultos do bicudo-do-algodoeiro alimentados com fontes alimentares alternativas, em uma abordagem envolvendo aspectos comportamentais e ecológicos do envelhecimento deste inseto em termos de reprodução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, G. M. Marketing and economics. In: FANG, D. D., PERCY, R. G. (eds). **Cotton, Madison: ASA, CSSA and SSSA**, p.1-14, 2015.
- ALMEIDA, R. P.; SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Manejo Integrado de Pragas do Algodão. pp. 1034-1098, In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Eds.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**, 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica. v. 2, 2008.
- ASLAM, S., KHAN, S.H., AHMED, A. AND DANDEKAR, A.M. The tale of cotton plant: from wild type to domestication, leading to its improvement by genetic transformation. **American Journal of Molecular Biology**, v.10, p. 91-127, 2020.
- AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 377–410, 2014.
- BASTOS, C. S.; PEREIRA, M. J. B.; TAKIZAWA, E. K.; AQUINO, V. R. Bicudo-do-algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande, Embrapa/CNPA, (**Circular Técnica, 79**), p. 31, 2005.
- BELLOT, J.L.; BARROS, E.M.; MIRANDA, J.E. Riscos e oportunidades: o bicudo-do-algodoeiro. In: **Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Eds.). Desafios do Cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade**. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), p. 77–118, 2016.
- BENEDICT, J.H., WOLFENBARGER, D.A., BRYANT, V.M. Jr.; GEORGE, D.M. Pollen ingested by boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in southern Texas and northeastern Mexico. **Journal of Economic Entomology**. p. 126-131. 1991.
- BRAGA SOBRINHO, R.; Lukefahr, M.J. Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): nova ameaça à cotonicultura brasileira; biologia e controle. Campina Grande, **EMBRAPA-CNPA**, 32p., 1983.
- BRAZZEL, J. R.; NEWSOM, L. D. Diapause in *Anthonomus grandis* Boh. **Journal Economic Entomology**, v. 52: p. 603-611, 1959.
- BURKE, H.R., CLARK, W.E., CATE, J.R.; FRYXELL, P.A. Origin and dispersal of the boll weevil. **Bulletin of the Entomological Society of America**. p.228-238. 1986.

- BUSOLI, A.C.; MICHELOTTO, M.D. Comportamento do bicudo: fechando o cerco. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.72, p.18-22, 2005.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Perspectivas para a agropecuária. Safra 2019/2020. Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**, v.6, p. 104, 2021.
- CROSS, W.H., LUKEFAHR, M.J., FRYXELL P.A.; BURKE, H.R. Host plants of the boll weevil. **Environmental Entomology**, p. 19-26. 1975.
- FRYXELL, P.A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Rheedeia**, v. 2, p. 108–165, 1992.
- GABRIEL, D. Longevidade do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh., criado em hospedeiras alternativas no laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.69, n.3, p.123-126, 2002.
- GREENBERG, S.M.; JONES, G.D.; ADAMCZYK, Jr.; EISCHEN, F.; ARMSTRONG, J.S.; COLEMAN, R.J.; ETAMOU, M.S.; LIU, T-X. Reproductive potential of field-collected overwintering boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) fed on pollen in the laboratory. **Insect Science**, v. 16, p. 321–327, 2009.
- GREENBERG, S.M.; SAPPINGTON, T.W.; SÉTAMOU, M.; ARMSTRONG, J.S.; COLEMAN, R.J.; LIU,T.X. Reproductive potential of overwintering, F1, and F2 female boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in the Lower Rio Grande Valley of Texas. **Environmental Entomology**, v. 36: p. 256-262, 2007.
- 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, p. 409-413, 2004.
- GUERRA, A. A., GARCIA, R. F. BODEGAS, P. R.; DE COSS, 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 Economic Entomology**, v. 77, p. 595-598, 1984.
- GUERRA, A. A.; GARCIA, R. D.; TAMAYO J.A. Physiological activity of the boll weevil during the fall and winter in subtropical areas of the Rio Grande Valley of Texas. **Journal Economic Entomology**, v. 75: p. 11–15, 1982.
- HABIB, M. E. M.; FERNANDES, W. D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. **Revista de Agricultura**, v. 58, n. 1-2, p. 74, 1983.

- JONES, G.D.; COPPEDGE, J.R. Foraging resources of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**. p.860-869. 1999.
- JONES, R.W.; CATE, J.R.; HERNANDEZ, E.M.; SOSA, E.S. Pollen feeding and survival of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) on selected plant species in Northeastern Mexico. **Population Ecology**. v. 22, n 1, p. 1993.
- KALEBEK, N.A.; BABAARSLAN, O. **Fiber Selection for the Production of Nonwovens**. In: H.-Y. Jeon. (Ed.), IntechOpen, Rijeka, Croatia, Ch.1. <http://doi.org/10.5772/61977>, 2016.
- KING, E.E.; LANE, H. C. Abscission of cotton flower buds and petioles caused by protein from boll weevil larvae. **Plant Physiology**, v.44, p.903-906, 1973.
- 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, p. 255–262, 2015.
- MARTINS, I.S. Bicudo do algodoeiro. Nortox. **Informativo técnico**. ed. 07, 2018.
- NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION (NCPA). 2020. Available online: <https://www.cottonseed.com/products/> Acesso em: julho /2021.
- PAULA, D.P.; CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R.V.; MIRANDA, J.E.; BEMQUERER, M. P.; RIBEIRO, A.C.; SUJII, E.R.; FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 86–96, 2013.
- PIMENTA, M. et al. Survival and preference of cotton boll weevil adults for alternative food sources. **Brazilian Journal of Biology**, v.76, p.387-395, 2016.
- 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.
- RAMALHO, F.S. Cotton pest management.Part 4.A Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 563-578, 1994.
- RIBEIRO, E.B.; CASTELLANI, M.A.; SILVA, C.A.D.; MELO, T.L.; SILVA, G.S.; VALE, W.S.; SANTOS, A.S. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, 2015.
- RIBEIRO, P.A.; SUJII E.R.; DINIZ, I.R.; MEDEIROS, M.A.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; BRANCO, M.C.C.; PIRES, 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, p. 28-34, 2010.
- RUMMEL, D.R.; SUMMY, K.R. Ecology of the boll weevil in the United States Cotton Belt. **Southwestern Entomologist**, v. 22: p. 356–376, 1997.
- SANTOS, R.C.; MARCELLINO, L.H.; MONNERAT, R.G.; GANDER, E.S. Mechanical damage in cotton buds caused by the boll weevil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.11, p.1351-1356, 2003.
- SANTOS, R.L.; NEVES, R.C.S.; COLARES, F.; TORRES, J.B. Parasitóides do bicudo *Anthonomus grandis* e predadores residentes em algodoeiro pulverizado com caulim. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 3463-3474, 2013.
- SHOWLER, A.T. Do boll weevils really diapause? **American Entomologist**, v. 56, p. 100–105, 2010.
- SHOWLER, A.T. Subtropical boll weevil ecology. **American Entomologist**, v.53, p. 240–249, 2007.
- SHOWLER, A.T. Three boll weevil diapause myths in perspective. **American Entomologist**, v. 55, p. 40–48, 2009.
- SHOWLER, A.T. Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical Mesoamerica. **American Entomologist**, v. 55, n. 4, p. 234-242, 2009.
- SHOWLER, A.T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v. 36, p. 99-104, 2007.
- SILVA, C.A.D. Supressão do bicudo em algodoeiro. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.154, p.8-9, 2012.
- SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande, Embrapa/CNPA, 12p. (**Circular Técnica**, 135), 2013.
- SPURGEON, D.W.; RAULSTON, J.R. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) adult diapause responses to selected environmental and dietary conditions. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 99, p. 1085–1100, 2006.
- SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; RUMMEL, D.R. Host-free survival of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) from two regions of Texas. **Southwestern Entomologist**, v. 33, p. 151–152, 2008.

- SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; SUH, C.P-C. A system for characterizing reproductive and diapause morphology in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 96, p. 1–11, 2003.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P-C. Morphology, diet, and temperaturedependent host-free survival of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 8, 2018.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P-C. Temperature influences on diapauses induction and survival in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 17, p. 124, 2017.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C. P-C.; ESQUIVEL, J. F. Diapause response of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) to selected diets. **Journal of Entomological Science**, v.54, p. 61-78, 2018.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P-C; ESQUIVEL, J.F. Diapause response of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) to feeding period duration and cotton square size. **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 1, 2018.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C.** Termination of diapause in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 633–643, 2019.
- STATISTA. 2018. Cotton production by country worldwide in 2017/2018 (in 1,000 metric tons). The Statistics Portal. <https://www.statista.com>. Acesso em: Agosto/2021.
- STEWART, J.M.; CRAVEN, L.A., BRUBAKER, C.L.; WENDEL J.F. *Gossypium anapoides* (Malvaceae), a New Species from Western Australia. **Novon: A Journal for Botanical Nomenclature**, v.23, n. 4, p. 447-451, 2015.
- SUMMY, K. R., CATE, J. R.; BAR, D. Overwinter survival of boll weevil in South Texas: Entrapment in desiccated bolls. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, p. 421-426, 1993.
- SUMMY, K. R., CATE, J. R.; HART, W. G. Overwintering strategies of boll weevil in southern Texas: reproduction on cultivated cotton. **Southwestern Entomologist**, v.13, p. 159-164, 1988.
- TATAR, M. Reproductive aging in invertebrate genetic models. **Annals of the New York Academic of Science**, v. 1204, p. 149–155, 2010.

- TOMQUELSKI, G.V.; MARTINS, G.M. Bicudo em algodão. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.111, p.42-45, 2008.
- USDA - United States Department of Agriculture. Cotton: world markets and trade. Disponível em: [fas.usda.gov](http://fas.usda.gov). Acesso em: agosto/ 2021.
- VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodão. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds.). **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília: Embrapa, p. 49-83, 2013.
- WENDEL, J. F.; GROVER, C. E. Taxonomy and evolution of the cotton genus, *Gossypium*. **The Plant Genetics and Genomics**. 57, p. 25-44, 2015.
- WESTBROOK, J. K.; SPURGEON, D. W.; EYSTER, R. S.; SCHLEIDER, P. G. Emergence of overwintered boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in relation to microclimatic factors. **Environmental Entomology**, v. 32, p. 133–140, 2003.
- ZEHNDER, G.; GURR, G. M.; KÜHNE, S.; WADE, M. R.; WRATTEN, S. D.; WYSS, E. Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**. 52: 57-80, 2007.



## **CAPÍTULO I**

**IMPACTO DA ALIMENTAÇÃO PROLONGADA COM FONTES ALTERNATIVAS  
DE ALIMENTO SOBRE A SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DO BICUDO-DO-  
ALGODOEIRO**

**THIELE DA SILVA CARVALHO**

Departamento de Zoologia, Universidade Federal da Paraíba

## RESUMO

O bicudo-do-algodoeiro é uma das pragas mais nocivas do algodoeiro no Brasil. Inseto de hábito alimentar monofágico, completa seu ciclo de desenvolvimento apenas com estruturas florais ou frutíferas do algodoeiro, mas pode sobreviver na entressafra alimentando-se de pólen e frutos de outras espécies vegetais. O objetivo desse capítulo foi determinar o impacto da alimentação prolongada do bicudo-do-algodoeiro com fontes alternativas de alimento sobre sua sobrevivência e reprodução. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, representado por adultos do bicudo alimentados com pedaços de (1) fruto de banana Pacovan, *Musa paradisiaca* (1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (2) laranja Pêra, *Citrus sinensis* (1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (3) botões florais de BRS 286 (4-6 mm de diâmetro) e três períodos de avaliação (P1= 30 dias, P2= 60 dias, P3= 90 dias). Observou-se que a longevidade máxima dos adultos do bicudo foi de 130 dias, tanto para bicudos alimentados com botões florais de algodoeiro como para aqueles alimentados com endocarpo de banana, mas a longevidade daqueles alimentados com endocarpo de laranja foi de 107 dias. Aos 30, 60 e 90 dias de idade dos bicudos, os valores máximos de esperança de vida foram, respectivamente, de 64,44, 53,53 e 28,07 com botões florais de algodoeiro; de 62,08, 48,90 e 21,70 com banana e de 34,59, 26,57 e 13,03 com laranja. Por fim, adultos do bicudo alimentados por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento (inadequadas para reprodução) são apenas capazes de depositarem ovos viáveis até os 60 dias de idade após terem acesso à dieta que favorece a reprodução (botões florais), mas não aos 90 dias de idade dos bicudos. Isto indica que os bicudos sobreviventes e com mais de 90 dias de idade alimentados apenas com substratos alternativos não serão capazes de colonizar a safra subsequente de algodão, por não deixarem descendentes.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, período de entressafra, diapausa reprodutiva

## ABSTRACT

The cotton boll weevil is one of the most harmful pests of cotton in Brazil. An insect with a monophagic feeding habit, it completes its development cycle with only cotton flower or fruit structures, but it can survive in the off-season by feeding on pollen and fruits of other plant species. The objective of this chapter was to determine the impact of prolonged feeding of the cotton boll weevil with alternative food sources on its survival and reproduction. The experimental design was completely randomized in a 3x3 factorial scheme, represented by adults of the boll weevil fed pieces of (1) banana fruit Pacovan, *Musa paradisiaca* (1 cm<sup>3</sup> of endocarp); (2) Pera orange, *Citrus sinensis* (1 cm<sup>3</sup> of endocarp); (3) BRS 286 cotton squares (4-6 mm in diameter) and three evaluation periods (P1= 30 days, P2= 60 days, P3= 90 days). It was observed that the maximum longevity of boll weevil adults was 130 days, both for boll weevils fed with cotton squares and for those fed with banana endocarp, but the longevity of those fed with orange endocarp was 107 days. At 30, 60 and 90 days of age for boll weevils, the maximum life expectancy values were, respectively, 64.44, 53.53 and 28.07 with cotton squares; 62.08, 48.90 and 21.70 with banana and 34.59, 26.57 and 13.03 with orange. Finally, adults of boll weevil fed for prolonged periods of time with alternative food sources (unsuitable for reproduction) are only able to lay viable eggs up to 60 days of age after having access to a diet that favors reproduction (cotton squares), but not at 90 days old of boll weevils. This indicates that surviving boll weevils over 90 days of age fed only with alternative substrates will not be able to colonize the subsequent cotton crop, as they do not leave offspring.

**Keywords:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, off-season, reproductive diapause.

## INTRODUÇÃO

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), é uma das pragas mais nocivas do algodoeiro, *Gossypium* spp. (Malvales: Malvaceae) no hemisfério ocidental, devido aos danos causados aos botões florais e pequenas maçãs e pela sua alta capacidade adaptativa, reprodutiva e dificuldade de controle (SPURGEON; SUH, 2019). No Brasil, lavouras de algodoeiro infestadas pelo bicudo podem reduzir sua produtividade em aproximadamente 54-87% (RAMALHO, 1994). Por isto, o bicudo é considerado praga-chave do algodoeiro no Brasil e, portanto, quando não se adotam medidas de controle adequadas, os prejuízos à cultura são ainda maiores (SILVA et al., 2013).

O bicudo é difícil de ser controlado por causa do hábito endofágico das larvas e ao comportamento críptico dos adultos, que se abrigam dentro das brácteas das flores dificultando à ação de contato dos inseticidas químicos (PIRES et al., 2017). Além disso, na maioria dos sistemas de produção de algodão, acredita-se que pelo menos uma parte da população do bicudo entra em dormência reprodutiva à medida que a safra de algodão amadurece (BRAZZEL; HIGHTOWER, 1960; SPURGEON; RAULSTON, 2006; PAULA et al., 2013), para facilitar a sobrevivência durante a entressafra (SPURGEON; SUH, 2019). Esses bicudos adultos permanecem ativos ao longo do ano (GUERRA et al., 1982; MACÊDO et al., 2015) por causa de alimentos alternativos que podem sustentá-los na ausência de algodão (SHOWLER; ABRIGO, 2007; RIBEIRO et al., 2010).

O comportamento de se alimentar de pólen e partes vegetais de outras espécies cultivadas parece ser uma estratégia fundamental de sobrevivência do bicudo na ausência de hospedeiros reprodutivos (SHOWLER; ABRIGO, 2007; SPURGEON; SUH, 2019), desempenhando um papel primordial, não apenas na sua sobrevivência e reprodução, mas também na modulação da diapausa durante o período da entressafra (PAULA et al., 2013; SPURGEON; SUH, 2019). A diapausa nos insetos é uma adaptação para lidar com condições desfavoráveis, a qual consiste na interrupção programada do crescimento, desenvolvimento ou reprodução, associada a mudanças fisiológicas para garantir a sobrevivência (TATAR; YIN, 2001; MARGUS; LINDSTRÖM, 2020).

Adultos do bicudo de ambos os sexos em estado de diapausa apresentam seus órgãos reprodutores atrofiados (SPURGEON et al., 2003), no entanto, não existem informações a respeito do custo dessa sobrevivência sobre as condições de vida e capacidade reprodutiva dos adultos do bicudo. A duração da diapausa por períodos

diferentes dentro de uma população de insetos pode ser uma estratégia diversificada de disseminação de risco (MENU; DEBOUZIE, 1993; MENU et al. 2000), o que permite que as espécies diminuam o risco de falha reprodutiva durante a estação desfavorável (MARGUS; LINDSTRÖM, 2020).

Estudo realizado para determinar o término da diapausa no bicudo mostraram que a maioria dos bicudos permanece com seus órgãos reprodutores atrofiados mesmo após consumir dieta favorável a reprodução (botões florais) por um período relativamente curto de tempo, mas os autores não examinaram o impacto do consumo prolongado de fontes alternativas de alimento sobre sua sobrevivência e reprodução (SPURGEON; SUH, 2019).

É possível que bicudos adultos alimentados por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento, que podem ser inadequadas para reprodução, não sejam capazes de reverter a atrofia de seus órgãos reprodutores após terem acesso à dieta que favoreça a reprodução, ou porque sua idade avançada pode prejudicar a produção de ovos viáveis e, conseqüentemente, de sua progênie (TATAR et al., 2010; FLURKEY; HARRISON, 2010; FAY et al., 2016).

Por essa razão, o objetivo desta pesquisa foi determinar o impacto da alimentação prolongada do bicudo-do-algodoeiro com fontes alternativas de alimento sobre sua sobrevivência e reprodução.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Embrapa Algodão, município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, em câmaras climatizadas do tipo B.O.D à 25 °C, umidade relativa de 60% e fotofase de 12 horas.

Os bicudos foram obtidos de botões florais de algodoeiros com orifício de oviposição e brácteas abertas, cultivar BRS 8H, em área experimental cultivada com algodão na sede da Embrapa Algodão (7°13'35 " S, 35°54'21" W). Os botões florais coletados foram colocados em recipiente plástico, medindo 30 cm de largura x 30 cm de profundidade x 90 cm de altura, para emergência dos bicudos adultos. Após a emergência, 480 adultos do bicudo com aproximadamente três dias de idade foram selecionados, agrupados em número de dez indivíduos por recipiente plástico de 500 mL com tampa, na proporção sexual de cinco machos para cinco fêmeas e, mantidos com água até o início do bioensaio.

O delineamento experimental foi inteiramente randomizado em esquema fatorial 3x3, representado por adultos do bicudo alimentados com pedaços de (1) fruto de banana Pacovan, *Musa paradisiaca* (1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (2) laranja Pêra, *Citrus sinensis* (1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (3) botões florais de BRS 286 (4-6 mm de diâmetro) e três períodos de avaliação (P1= 30 dias, P2= 60 dias, P3= 90 dias) e 160 repetições. Ao término de cada um desses períodos, os bicudos sobreviventes foram sexados e separados em casais por recipiente plástico para determinação do seu potencial reprodutivo.

O potencial reprodutivo dos bicudos alimentados com os diferentes substratos foi determinado por meio da observação de seis casais por tratamento e período de observação. Assumiu-se que os adultos do bicudo alimentados previamente com endocarpos de banana e laranja se encontravam em estado de dormência reprodutiva (diapausa), pois existem evidências de que fontes alimentares alternativas (que não estimulam a reprodução) são responsáveis por induzir a diapausa em populações de bicudos (SPURGEON; SUH, 2018). Cada casal foi mantido em um recipiente plástico de 500 mL com tampa, alimentados diariamente com três botões florais de algodão (cultivar BRS 286) não atacado, medindo 3-6 mm de diâmetro, durante dez dias. Os botões florais não atacados pelo bicudo foram obtidos de algodoeiros previamente cultivados em casa de vegetação.

Os botões florais oferecidos aos bicudos foram examinados em dias alternados para contagem do número de orifícios de alimentação e oviposição durante dez dias. Botões florais com orifício de oviposição foram separados e mantidos em recipientes plásticos com tampa por cinco dias, sob as mesmas condições ambientais que os adultos. Após o 5º dia, os botões florais foram dissecados para determinar o número de larvas vivas do bicudo.

As tabelas de vida foram calculadas a partir da metodologia sugerida por Silveira Neto et al. (1976). Para elaboração da tabela de esperança de vida determinaram-se os valores de intervalo etário ( $x$ ), taxa de sobreviventes no início da idade  $x$  ( $L_x$ ), número de indivíduos mortos durante o intervalo etário ( $dx$ ), taxa de sobrevivência ( $s_x$ ), esperança de vida para os indivíduos ( $e_x$ ), probabilidade de morte ( $q_x$ ), estrutura etária ( $E_x$ ) e taxa de sobrevivência ( $T_x$ ).

Curvas de regressão polinomial foram geradas para a esperança de vida de *A. grandis*, alimentados com botões florais de algodão, pedaços de endocarpo de banana e endocarpo de laranja, em função da classe de idade.

Foi avaliada a normalidade dos dados de orifícios de alimentação, oviposição e de viabilidade de ovos pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS

A sobrevivência dos adultos do bicudo do algodoeiro alimentados com botões florais de algodoeiro e endocarpos de banana e laranja variou com o substrato alimentar ingerido (Figura 1), com bicudos alimentados com botões florais e banana, mais longevos que aqueles alimentados com laranja.

As curvas de sobrevivência dos bicudos alimentados com botões florais ou banana se mantiveram semelhante ao longo do tempo, apresentando trajetória de queda moderada, suave e acentuada, respectivamente, no período de 0-50 dias, 51-100 dias e de 101-129 dias (Figura 1). Por outro lado, a curva de sobrevivência dos bicudos alimentados com laranja, apresentou queda consistente e moderada até os 80 dias, decrescendo acentuadamente a partir deste período até a morte do último sobrevivente aos 108 dias.

A longevidade máxima dos adultos do bicudo foi de 130 dias, tanto para bicudos alimentados com botões florais de algodoeiro como para aqueles alimentados com banana, mas a longevidade dos bicudos alimentados com laranja foi de 107 dias. (Figuras 1 e 2).

Os valores máximos de esperança de vida deste inseto foram observados logo após o início do bioensaio para todos os tratamentos (antes de completar um dia de idade) (Figura 2). No entanto, bicudos alimentados com botões florais, banana e laranja apresentaram valores máximos de esperança de vida de 78,83, 75,99 e 50,21, respectivamente, nesta mesma idade (Tabelas 1). Aos 30, 60 e 90 dias de idade dos bicudos (períodos em que foram coletados casais de bicudos dos três tratamentos para determinação do seu potencial reprodutivo) os valores máximos de esperança de vida foram, respectivamente, de 64,44, 53,53 e 28,07 com botões florais de algodoeiro; de 62,08, 48,90 e 21,70 com banana e de 34,59, 26,57 e 13,03 com laranja. A curva de esperança de vida do bicudo foi maior para aqueles indivíduos alimentados com botões florais e banana e menor com laranja.

A análise de variância para os números de botões florais com orifícios de alimentação ( $F_{4,45} = 30.09$ ;  $P < 0,01$ ) e oviposição ( $F_{4,45} = 5.43$ ;  $P < 0,01$ ) por adultos do bicudo e a viabilidade dos seus ovos ( $F_{4,45} = 11.53$ ;  $P < 0,01$ ) apresentou interação entre

tratamentos e idade dos bicudos, indicando que essas variáveis dependem do tipo de alimento previamente consumido pelos bicudos e da idade dos mesmos. Em geral, os maiores números de botões florais com orifícios de alimentação e oviposição foram observados para bicudos alimentados previamente com essa estrutura vegetal (Tabela 2). Por outro lado, os menores números de botões florais com orifícios de alimentação e oviposição foram observados para bicudos alimentados previamente com banana e laranja, respectivamente; exceto para bicudos com 60 e 90 dias de idade alimentados, respectivamente, com banana e laranja, cujo número de orifícios de oviposição e alimentação foram semelhantes.

A maior viabilidade de ovos foi observada para fêmeas do bicudo com 30 e 60 dias de idade alimentadas previamente com botões florais (Tabela 2) e, as menores viabilidades, para as fêmeas com 30 e 60 dias de idade alimentadas previamente com laranja e, apenas, aos 60 dias de idade para aquelas alimentadas previamente com banana. Aos 90 dias de idade 100% dos ovos depositados pelas fêmeas alimentadas previamente com laranja e banana foram inviáveis, mas apenas as fêmeas alimentadas previamente com botão floral de algodoeiro depositaram 5,5% de ovos viáveis, embora não houvesse diferença estatística entre as dietas previamente consumidas.

## DISCUSSÃO

A maior longevidade de adultos do bicudo com botões florais de algodoeiro se deve ao fato dos botões florais serem fontes alimentares preferidas para alimentação e sobrevivência desse inseto (GABRIEL, 2002). No entanto a maior sobrevivência de adultos do bicudo com endocarpo de banana em comparação ao endocarpo de laranja pode estar relacionado ao maior teor de calorias ( $145 \text{ Kcal} \cdot 10^{-2} \text{g}$ ), açúcares (12g por 100 gramas da fruta) e lipídeos ( $16 \text{g} \cdot 10^{-2} \text{g}$ ) (YUYAMA et al., 2000) encontrados no endocarpo da banana que os teores de calorias ( $47 \text{ Kcal} \cdot 10^{-2} \text{g}$ ), açúcares (9g por 100 gramas da fruta) e lipídeos no endocarpo da laranja ( $0,12 \text{g} \cdot 10^{-2} \text{g}$ ) (LIU et al., 2012). O aumento de açúcar na dieta de alguns insetos pode resultar no aumento da sua longevidade (BUTLER, 1968; BENCHOTER; LEAL, 1976; TSIROPOULOS, 1980). Concentrações mais altas de açúcar na formulação de iscas de óleo de algodão foram associadas a maior resposta alimentar dos bicudos adultos (MCLAUGHLIN, 1976). Além disso, sua longevidade aumentou quando adultos receberam dieta contendo 10% de sacarose ou maltose comparada à dieta com apenas 2,5% de sacarose (HEDIN; MCCARTY, 1995). Os lipídeos, por sua vez, são substâncias essenciais para os insetos, devido a suas funções



metabólicas e estruturais. Eles são de especial importância, não somente para a manutenção, mas como uma fonte de energia metabólica, para ser usada em períodos de demanda prolongada de energia (PANIZZI, 1991).

As curvas de sobrevivências dos adultos do bicudo alimentados com botões florais e endocarpos de banana ou laranja foram superiores aos 98 e 85 dias de sobrevivências, respectivamente, observados para bicudos adultos alimentados com botões florais de algodoeiro e endocarpo de banana a 22 °C e umidade relativa de 79% (GABRIEL, 1986) e semelhantes aos 115 e 130 dias de sobrevivências, respectivamente, para bicudos adultos alimentados com botões florais e endocarpo de laranja a 29°C, 30% de umidade relativa e 12 horas de fotofase (SHOWLER; ABRIGO, 2007). Tais variações na sobrevivência dos adultos do bicudo podem ser atribuídas às diferenças entre as cultivares de algodoeiro, banana e laranja utilizados por cada um dos autores em seus experimentos, pois a qualidade nutricional das plantas hospedeiras varia naturalmente entre as diferentes espécies (SAEED et al. 2010), ou diferentes variedades dentro das espécies cultivadas (MOREAU et al., 2003).

As diferenças nas longevidades de adultos do bicudo com botões florais de algodoeiro e endocarpos de banana em comparação ao endocarpo de laranja podem ser atribuídas à qualidade nutricional dessas fontes de alimento como já mencionado. No entanto, adultos do bicudo alimentados, tanto com botões florais como endocarpos de banana e laranja foram capazes de sobreviver por mais de 100 dias, o que corresponde à duração do período da entressafra do algodão na região Centro-Oeste do Brasil (3-4 meses). Portanto, é possível que a disponibilidade de açúcares e lipídeos presentes em fontes de alimentos não reprodutivos, como os frutos de banana e laranja, juntamente com outros nutrientes constituintes, tenha contribuído para as longevidades observadas em nosso estudo. Isto foi aventado, também, no estudo com fontes alternativas de alimento sem pólen para o bicudo (SHOWLER; ABRIGO, 2007). Em condições de campo, o endocarpo dessas frutas pode ser acessível ao bicudo por meio de rachaduras, buracos ou lesões nas cascas, enquanto o fruto ainda está preso à planta, ou depois que o fruto cai ao solo. Ao contrário das fontes alimentares de pólen, em grande parte indisponível durante os períodos secos do ano, os frutos de citros e os de banana podem ser encontrados na planta ou espalhados pelo solo em cultivos circunvizinhos durante os períodos da entressafra do algodão em diversos estados brasileiros (IBGE, 2020). Pesquisas desenvolvidas para identificar fontes alimentares comuns ao bicudo em ambientes subtropicais e tropicais demonstraram que esse inseto pode sobreviver por mais de três

meses alimentando-se de endocarpo de *C. sinensis* ou endocarpo de palma forrageira, *O. engelmannii* no período da entressafra do algodão no sul do Texas, Estados Unidos (SHOWLER; ABRIGO, 2007). Isso sugere que o tipo de dieta consumida pelos adultos do bicudo no período da entressafra pode influenciar sua longevidade na ausência de hospedeiro reprodutivo em indivíduos com e sem diapausa e pode modular, inclusive, a incidência de diapausa, pois na maioria dos sistemas de produção de algodão, pelo menos uma parte da população do bicudo entra em dormência reprodutiva para facilitar a sobrevivência durante a entressafra (PAULA et al., 2013; SPURGEON; RAULSTON, 2006).

A maior esperança de vida do bicudo com botão floral e endocarpo de banana confirma nossa afirmação de que essas dietas são mais adequadas do ponto de vista nutricional em prolongar a sobrevivência deste inseto, o que, no caso da banana, pode estar relacionado ao maior teor de açúcar contido na sua polpa em comparação a polpa de laranja. O fato é que, tanto a banana como a laranja podem prolongar a sobrevivência do bicudo por mais de três meses. Isto se deve, provavelmente, ao menor desgaste fisiológico do bicudo em estado de diapausa induzida pela sobrevivência estendida livre do hospedeiro reprodutivo (botões florais) (SPURGEON et al., 2008, 2018; SPURGEON; SUH, 2017, 2018; WESTBROOK et al., 2003).

Os maiores números de botões florais de algodoeiro com orifícios de alimentação e oviposição para bicudos adultos alimentados previamente com botões florais era esperado, porque essas estruturas vegetais do algodoeiro se constituem na principal dieta reprodutiva desse inseto (LUKEFAHR et al., 1986; GABRIEL, 2002). No entanto, os menores números de orifícios de alimentação e oviposição, respectivamente, para bicudos alimentados previamente com banana e laranja, pode ser um indicativo de que a diapausa induzida pelo consumo de laranja seja mais intensa nos bicudos adultos que aquela induzida pela banana, pois fêmeas do bicudo em estado de diapausa induzida tendem a ovipositar com menor frequência, com apenas 20% delas capazes de reverter o processo de diapausa após ter acesso à dieta favorável à reprodução (botões florais) (SPURGEON; SUH, 2019).

A maior viabilidade de ovos depositados por fêmeas do bicudo com 30 e 60 dias de idade alimentadas previamente com botões florais de algodoeiro em comparação àquelas alimentadas com endocarpo de banana e laranja se deve ao fato dos botões florais se constituírem na principal dieta reprodutiva desse inseto conforme já mencionado. Por outro lado, as menores viabilidades dos ovos depositados por fêmeas com 30 e 60 dias de

idade alimentadas previamente com laranja e, apenas, aos 60 dias de idade para aquelas alimentadas previamente com banana indicam que o consumo de fontes alimentares alternativas (não favoráveis à reprodução) reduz seu potencial reprodutivo. No entanto, isto indica, também, que as fêmeas do bicudo com até 60 dias de idade são capazes de reverter o processo de diapausa após ter acesso à dieta favorável à reprodução (botões florais), mas não aos 90 dias de idade. Isto confirma a hipótese de que a diapausa prolongada, embora, permita que os indivíduos tenham uma estratégia de disseminação de risco, ela pode acarretar custos de fertilidade e adequação específicos ao sexo (MARGUS; LINDSTRÖM, 2020). Além disso, diversos estudos tem demonstrado que o envelhecimento é um fator de risco crítico para a reprodução de vertebrados e invertebrados (TATAR et al., 2010; FLURKEY; HARRISON, 2010; FAY et al., 2016), isto pode explicar o número reduzido de ovos viáveis depositados por fêmeas do bicudo com 90 dias de idade.

Os resultados obtidos nesta pesquisa confirmam resultados anteriores obtidos por outros pesquisadores de que os adultos do bicudo alimentados com botões florais e endocarpos de banana e laranja são capazes de sobreviver por mais de 100 dias (GABRIEL, 1986; GREENBERG et al., 2007, 2009; SHOWLER; ABRIGO, 2007; RIBEIRO et al., 2010). No entanto, adultos do bicudo alimentados por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento (inadequadas para reprodução) são apenas capazes de depositarem ovos viáveis até os 60 dias de idade após terem acesso à dieta que favorece a reprodução (botões florais), mas não aos 90 dias de idade dos bicudos.

Essa última informação é importante, porque corresponde ao período da entressafra do algodão e, portanto, não permite que os adultos do bicudo colonizem o cultivo subsequente, desde que, os adultos não tenham acesso aos botões florais antes deste período; ou seja, bicudos sobreviventes alimentados apenas com substratos alternativos não serão capazes de colonizar a safra subsequente de algodão.

Além disso, a incidência de diapausa em populações de adultos do bicudo permanece alta, mesmo após se alimentarem com botões florais (SPURGEON; SUH, 2019). Isto reforça a necessidade de se efetuar a destruição correta dos restos de cultura do algodoeiro para impedir que os adultos do bicudo tenham acesso aos botões florais, e assim, retardar e/ou reduzir sua infestação nos cultivos de algodão da próxima safra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENCHOTER, C.A.; LEAL, M. P. Food requirements of adult cotton leafperforators in the absence of cotton: effects of natural sugars on longevity and reproduction. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 69, p. 432-434, 1976.
- BUTLER, G. D. Sugar for the survival of *Lygus hesperus* on alfalfa. **Journal Economic Entomology**, v. 61, p.854-855, 1968.
- FAY, R.; BARBRAUD, C.; C, DELORD K, WEIMERSKIRCH H. Paternal but not maternal age influences early-life performance of offspring in a long-lived seabird. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 283, p. 2015-2318, 2016.
- FLURKEY, K.; HARRISON, D.E. Reproductive ageing: Of worms and women. **Nature**, v. 468, n. 7322, p. 386-387, 2010.
- GABRIEL, D.; CALCAGNOLO, G.; TANCINI, R.S.; DIAS NETTO, N. Estudos de biologia do *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae), em condições de laboratório. **O Biológico**, v.52, p.83-90, 1986.
- GREENBERG, S.M.; JONES, G.D.; ADAMCZYK JR., J.J.; EISCHEN, F.; ARMSTRONG, J.S.; COLEMAN, R.J.; SÉTAMOU, M.; LIU, T-X. Reproductive potential of field-collected overwintering boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) fed on pollen in the laboratory. **Insect Science**, v.16, p. 321-327, 2009.
- GUERRA, A.A., GARCIA, R.D., BODEGAS, P.R.; DECOSS, M.E. The quiescent physiological status of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during the non-cotton season in the tropical zone of Soconusco in Chiapas, Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v.77, p.595-598, 1984.
- HEDIN, P. A.; MCCARTY, J. C. Low sugar and gossypol in anthers of cotton *Gossypium hirsutum* L. lines deterrent to boll weevil *Anthonomus grandis* Boh. oviposition, pp. 1021-1023. In: **Proc. Beltwide Cotton Conf., Natl. Cotton Council**, Memphis, TN, 1995.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>. Acesso em: agosto/ 2021.
- LIU, X., ZHANG, H., LI, S., ZHU, K. Y., MA, E., & ZHANG, J. Characterization of a midgut-specific chitin synthase gene (LmCHS2) responsible for biosynthesis of chitin of peritrophic matrix in *Locusta migratoria*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.42, p. 902-910, 2012.

- LUKEFAHR, M.J.; BARBOSA, S.; SOBRINHO, R.B. Plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro com referência especial à flora brasileira. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; SOBRINHO, R. B. **O bicudo-doalgodoeiro**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 314p. (EMBRAPA-DDT, Documentos, 4), p. 275-285, 1986.
- MACÊDO, J.A. de; CASTELLANI, M.A.; SANTOS, F. de A.R. dos; 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, p.255-262, 2015.
- MARGUS, A.; LINDSTRÖM, L. Prolonged diapause has sex-specific fertility and fitness costs. **Evolutionary Ecology**, v. 34, p. 41–57, 2020.
- MCLAUGHLIN, R. E. Development of feeding formulations for the boll weevil: effect of ratios of cottonseed oil to invert sugar on quantity ingested and initiation of a feeding response. **Journal Economic Entomology**, v.69, p.374-376, 1976.
- MENU, F.; DEBOUZIE, D. Coin-flipping plasticity and prolonged diapause in insects: example of the chestnut weevil *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae). **Oecologia**, v. 93, p. 367-373, 1993.
- MENU, J.P.; ROEBUCK, M.; VIALA. Bet-hedging diapause strategies in stochastic environments. **American Naturalist**, v. 155, p. 724-734, 2000.
- MOREAU, S.J.M. Interactions Hyménoptères parasitoïdes – systèmes immunitaires hôtes: les mécanismes “actifs” et “passifs” redéfinis. **Annales de la Société Entomologique de France**, n. 39, p.305–314, 2003.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Introdução à ecologia nutricional de insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo integrado de pragas**, p.1-7, 1991.
- PAULA, D.P.; CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R.V.; MIRANDA, J.E.; BEMQUERER, M. P.; RIBEIRO, A.C.; SUJII, E.R.; FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 86–96, 2013.
- 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.
- RAMALHO, F.S. Cotton pest management part 4. A Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 563-578, 1998.

- RIBEIRO, P. A.; SUJII, E. R.; DINIZ, I. R.; MEDEIROS, M. A. de; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; BRANCO, M. C.; PIRES, C. S. S. e FONTES, M. G. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman, (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of Central Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 28-34, 2010.
- SAEED, S.; SAYYED, A.H.; AHMAD, I. Effect of host plants on life-history traits of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, p.165-172, 2010.
- SHOWLER, A.T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v. 36, p. 99-104, 2007.
- SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande, Embrapa/CNPA, 12p. (**Circular Técnica**, 135), 2013.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, A.; BARBIN, D.N.A.V. Novo Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: **Agronômica Ceres**, p. 1-419, 1976.
- SPURGEON, D.W.; RAULSTON, J.R. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) adult diapause responses to selected environmental and dietary conditions. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 99, p. 1085–1100, 2006.
- SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; RUMMEL, D.R. Host-free survival of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) from two regions of Texas. **Southwestern Entomologist**, v. 33, p. 151–152, 2008.
- SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; SUH, C.P.-C. A system for characterizing reproductive and diapause morphology in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 96, p. 1–11, 2003.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C. Termination of diapause in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 633–643, 2019.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C. Morphology, diet, and temperature-dependent host-free survival of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 8, 2018.
- TATAR, M. Reproductive aging in invertebrate genetic models. **Annals of the New**

**York Academic of Science**, v. 1204, p. 149–155, 2010.

TATAR, M.; YIN, C. Slow aging during insect reproductive diapause: why butterflies, grasshoppers and flies are like worms. **Experimental Gerontology**, v. 36, p. 723–738, 2001.

TSIROPOULOS, G. J. Carbohydrate utilization by normal and gamma sterilized *Dacus olea*. **Journal of Insect Physiology**, v. 26, p. 633-637, 1980.

WESTBROOK, J. K.; SPURGEON, D. W.; EYSTER, R. S.; SCHLEIDER, P.G. Emergence of overwintered boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) in relation to microclimatic factors. **Environmental Entomology**, 32: 133–140, 2003.

YUYAMA, L. K. O, et al. Avaliação da Alimentação de Pré-escolares de Barcelos e Ajuricaba, Estado do Amazonas. **Revista Instituto Adolfo Lutz.**, v.59, n.1/2, p.27-32, 2000.

Tabela 1. Tabela de esperança de vida de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentados com botões florais de algodoeiro, endocarpo de banana e laranja durante a fase adulta. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Algodão									
X	Lx	dx	Sx	Lx	ex	qx	Ex	tx	Forma
0	160	0	1,00	1,000	78,83	0,00	160,00	12613,0	Adulto
10	160	0	1,00	1,00	68,83	0,00	160,00	11013,0	
20	141	4	0,97	0,88	67,50	0,03	139,00	9517,50	
30	127	2	0,98	0,79	64,44	0,02	126,00	8183,50	
40	108	1	0,99	0,68	64,92	0,01	107,50	7011,00	
50	96	0	1,00	0,60	62,40	0,00	96,00	5990,00	
60	94	0	1,00	0,59	53,53	0,00	94,00	5032,00	
70	91	3	0,97	0,57	45,20	0,03	89,50	4113,50	
80	88	0	1,00	0,55	36,73	0,00	88,00	3232,00	
90	84	0	1,00	0,53	28,07	0,00	84,00	2358,00	
100	81	0	1,00	0,51	18,82	0,00	81,00	1524,50	
110	74	11	0,85	0,46	10,01	0,15	68,50	741,00	
120	41	6	0,85	0,26	4,62	0,15	38,00	189,50	
130	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Banana									
0	160	0	1,00	1,000	75,99	0,00	160,0	12159,0	Adulto
10	158	0	1,00	0,988	66,84	0,00	158,0	10560,0	
20	142	7	0,95	0,888	63,89	0,05	138,5	9073,0	
30	125	3	0,98	0,781	62,08	0,02	123,5	7760,5	
40	111	7	0,94	0,694	59,46	0,06	107,5	6600,5	
50	97	0	1,00	0,606	57,76	0,00	97,0	5602,5	
60	95	2	0,98	0,594	48,90	0,02	94,0	4645,5	
70	93	0	1,00	0,581	39,94	0,00	93,0	3714,5	
80	93	0	1,00	0,581	29,94	0,00	93,0	2784,5	
90	86	3	0,97	0,538	21,70	0,03	84,5	1866,0	
100	74	0	1,00	0,463	14,42	0,00	74,0	1067,0	
110	53	9	0,83	0,331	8,82	0,17	48,5	467,5	
120	22	2	0,91	0,138	5,18	0,09	21,0	114,0	
130	0	0	1,00	0,000	0,00	0,00	0,0	0,0	
Laranja									
0	160	0	1,00	1,000	50,21	0,00	160,0	8034,0	Adulto
10	160	2	0,99	1,000	40,21	0,01	159,0	6434,0	
20	141	3	0,98	0,881	34,95	0,02	139,5	4928,5	
30	106	4	0,96	0,663	34,59	0,04	104,0	3667,0	
40	83	2	0,98	0,519	32,97	0,02	82,0	2736,5	
50	65	0	1,00	0,406	31,16	0,00	65,0	2025,5	
60	54	0	1,00	0,338	26,57	0,00	54,0	1435,0	
70	42	0	1,00	0,263	23,14	0,00	42,0	972,0	
80	42	0	1,00	0,263	13,14	0,00	42,0	552,0	
90	19	1	0,95	0,119	13,03	0,05	18,5	247,5	
100	17	0	1,00	0,106	4,15	0,00	17,0	70,5	
108	0	0	1,00	0,000	0,00	0,00	0,0	0,0	

x= idade; Lx= número de sobreviventes no começo da idade x; dx= número de indivíduos mortos durante a idade x; sx= taxa de sobrevivência durante a idade x; lx= taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x; ex= esperança de vida para indivíduos de idade x; qx=razão de mortalidade no intervalo de idade x; Ex= estrutura etária; tx= número acumulado de indivíduos vivos.



Tabela 2. Médias<sup>(\*)</sup> ( $\pm$  erro padrão) dos números de botões florais de algodão com orifícios de alimentação e de oviposição por bicudos adultos e viabilidade de ovos (%) nesses botões florais após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e de laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Idade dos bicudos (dias)	Substrato alimentar		
	Algodão	Banana	Laranja
Orifícios de alimentação			
30	6,08 $\pm$ 0,17 a A	2,51 $\pm$ 0,07 abC	5,00 $\pm$ 0,08 a B
60	4,39 $\pm$ 0,21 b A	2,92 $\pm$ 0,07 abB	4,03 $\pm$ 0,11 b A
90	3,36 $\pm$ 0,09 c A	2,29 $\pm$ 0,13 bC	2,87 $\pm$ 0,12 c B
Orifícios de oviposição			
30	3,43 $\pm$ 0,18 a A	2,49 $\pm$ 0,06 a B	1,88 $\pm$ 0,10 a C
60	2,85 $\pm$ 0,10 b A	1,66 $\pm$ 0,05 b B	1,11 $\pm$ 0,04 b C
90	1,92 $\pm$ 0,12 c A	1,60 $\pm$ 0,10 b A	0,92 $\pm$ 0,11 b B
Viabilidade de ovos (%)			
30	70,00 $\pm$ 2,80 a A	58,83 $\pm$ 1,17 a B	48,00 $\pm$ 2,66 a C
60	73,83 $\pm$ 2,15 a A	56,67 $\pm$ 2,25 a B	49,83 $\pm$ 3,30 a B
90	5,50 $\pm$ 5,50 b A	0,00 $\pm$ 0,00 b A	0,00 $\pm$ 0,00 b A

<sup>(\*)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não são diferentes pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

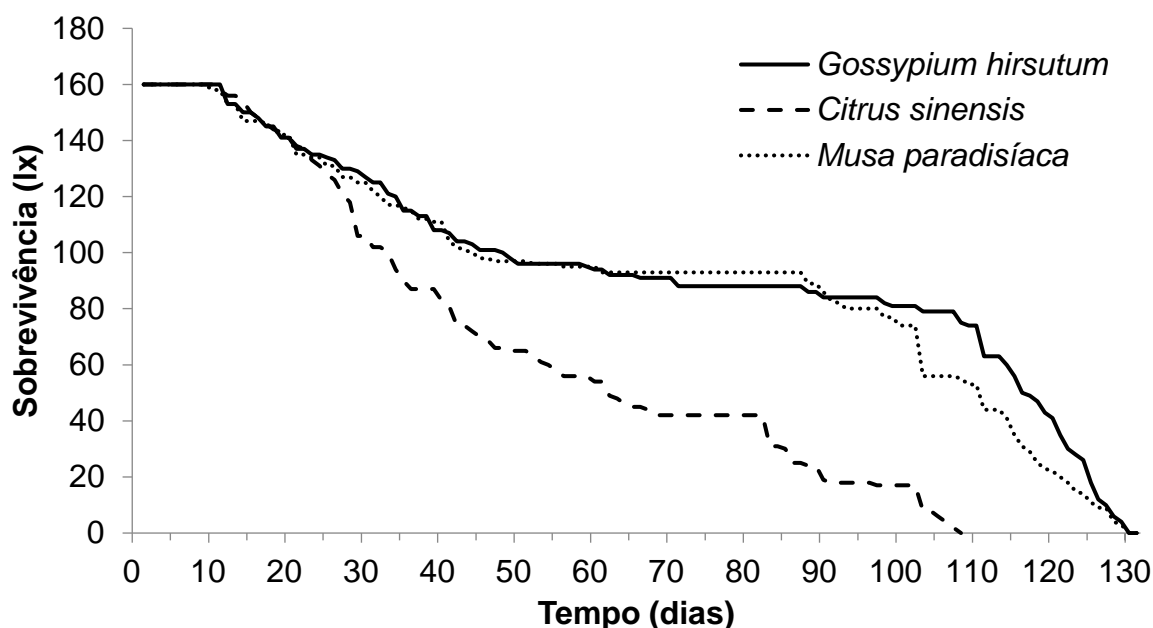


Figura 1. Sobrevivência de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentado com botões florais de algodão (*Gossypium hirsutum*) pedaços de endocarpo de laranja (*Citrus sinensis*) e endocarpo de banana (*Musa paradisiaca*) em função do tempo. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

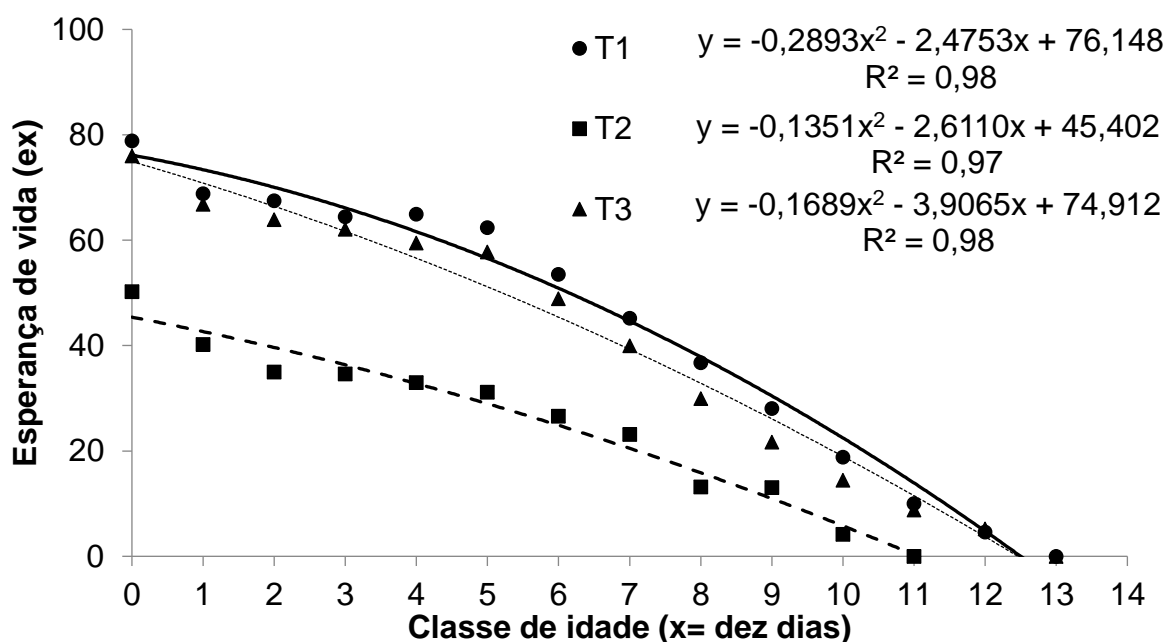


Figura 2. Curvas de regressão para a esperança de vida de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) alimentados com botões florais de algodão (●), pedaços de endocarpo de banana (▲) e endocarpo de laranja (■) em função da classe de idade. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

## **CAPÍTULO II**

**MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DOS ÓRGÃOS REPRODUTORES DO BICUDO  
DO ALGODOEIRO APÓS ALIMENTAÇÃO PROLONGADA COM FONTES  
ALIMENTARES ALTERNATIVAS**

**THIELE DA SILVA CARVALHO**

Departamento de Zoologia, Universidade Federal da Paraíba

## RESUMO

A alimentação prolongada de adultos do bicudo-do-algodoeiro com fontes alimentares alternativas é responsável por induzir diapausa reprodutiva, o que pode afetar a morfologia e a morfometria do aparelho reprodutor de machos e fêmeas deste inseto. O objetivo desse capítulo foi estudar a morfologia e a morfometria dos órgãos reprodutores do bicudo-do-algodoeiro após alimentação prolongada com fontes alimentares alternativas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, representado por adultos do bicudo alimentados com (1) fruto verde de banana (pedaço de 1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (2) laranja (pedaço de 1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (3) botões florais de BRS 286 e três períodos de avaliação (P1= 30 dias, P2= 60 dias, P3= 90 dias). Ao término de cada um desses períodos, uma alíquota contendo seis casais por tratamento e período de observação foram sexados, separados em casais e alimentados diariamente com três botões florais de algodoeiro não atacado durante dez dias. Observou-se que aos 30 dias e 60 dias de idade, 80-90% dos bicudos adultos apresentavam seus órgãos reprodutores morfologicamente aptos para reprodução após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpos de banana ou laranja. No entanto, aos 90 dias de idade, apenas bicudos alimentados com botões florais apresentavam seus órgãos reprodutores morfologicamente preservados (52%), os demais, apresentaram seus órgãos reprodutores atrofiados ou em processo de atrofiamento. Os maiores comprimento do ovariolo e largura do ovócito foram observados para fêmeas do bicudo alimentadas com botões florais de algodoeiro e os menores para aquelas alimentadas com endocarpo de banana e laranja. Machos do bicudo do algodoeiro alimentados com botões florais apresentaram menor comprimento do corpo e maior área e diâmetro do testículo e aqueles alimentados com endocarpos de banana e laranja apresentaram os maiores comprimentos do corpo e as menores áreas e diâmetros do testículo. Tais resultados indicam que fêmeas do bicudo alimentadas por períodos  $\geq$  90 dias com fontes alternativas de alimento têm seu aparelho reprodutor comprometido pela diapausa e não são capazes de reverter à atrofia desses órgãos. Além disso, a idade avançada desses bicudos pode comprometer a produção de ovos viáveis e, consequentemente, de sua progênie.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, diapausa reprodutiva, atrofia de órgãos reprodutores

## ABSTRACT

Prolonged feeding of cotton boll weevil adults with alternative food sources is responsible for inducing reproductive diapause, which can affect the morphology and morphometry of the reproductive system of males and females of this insect. The objective of this chapter was to study the morphology and morphometry of the cotton boll weevil reproductive organs after prolonged feeding with alternative food sources. The experimental design was completely randomized in a 3x3 factorial scheme, represented by adults of the boll weevil fed (1) green banana fruit (1 cm<sup>3</sup> piece of endocarp); (2) orange (1 cm<sup>3</sup> piece of endocarp); (3) BRS 286 cotton squares and three evaluation periods (P1= 30 days, P2= 60 days, P3= 90 days). At the end of each of these periods, an aliquot containing six pairs per treatment and observation period were sexed, separated into pairs and fed daily with three unattacked cotton squares for ten days. It was observed that at 30 days and 60 days of age, 80-90% of adult boll weevils had their reproductive organs morphologically suitable for reproduction after feeding previously with cotton squares, pieces of banana or orange endocarp. However, at 90 days of age, only boll weevils fed with cotton squares had their reproductive organs morphologically preserved (52%), the others had atrophied or atrophied reproductive organs. The largest ovariole length and oocyte width were observed for boll weevil females fed on cotton squares and the smallest for those fed on banana and orange endocarp. Cotton boll weevil males fed with cotton squares had shorter body length and larger testis area and diameter, and those fed banana and orange endocarps had the longest body length and smaller testis area and diameter. These results indicate that boll weevil females fed for periods  $\geq 90$  days with alternative food sources have their reproductive tract compromised by diapause and are not able to reverse the atrophy of these organs. Furthermore, the advanced age of these weevils can compromise the production of viable eggs and, consequently, of their progeny.

**Keywords:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, reproductive diapause, reproductive organ atrophy

## INTRODUÇÃO

O bicudo-do- algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga chave do algodoeiro, *Gossypium* spp. (Malvales: Malvaceae) no Brasil (SILVA et al., 2013).

A capacidade de alguns adultos do bicudo sobreviverem na entressafra está bem documentada nos Estados Unidos da América (HINDS; YOTHERS, 1909; GAINES, 1959; CARROLL et al., 1993; SPURGEON, 2008) e no Brasil (RAMALHO; WANDERLEY, 1996; GABRIEL, 2002; RIBEIRO et al., 2010).

Nas regiões de clima tropical e subtropical do Brasil, acredita-se que os adultos do bicudo sobrevivem no período de entressafra alimentando-se de plantas espontâneas de algodão (tigueras) e/ou com fontes alimentares alternativas, como o pólen de plantas nativas ou partes vegetais de outras espécies cultivadas (GREENBERG et al. 2007, SHOWLER; ABRIGO, 2007; RIBEIRO et al. 2010). Fontes alimentares alternativas são responsáveis por induzir a diapausa e/ou dormência reprodutiva em populações de bicudos (SPURGEON; RAULSTON, 1998; SPURGEON; SUH, 2003; PAULA et al., 2013). Sabe-se, no entanto, que a duração da diapausa não afeta apenas a sobrevivência, mas também está correlacionada com outras características, como fertilidade e reprodução, além disso, pode também ter efeitos transgeracionais e afetar a qualidade de sua prole (CHANG et al. 1996; WANG et al. 2006).

Fêmeas do bicudo em estado de diapausa apresentam ovários com ovócitos condensados com vitelo floculado típico de reabsorção, enquanto os machos apresentam testículos atrofiados opacos com depósitos de gordura externos, com vesículas seminais preenchidas e glândulas acessórias pouco desenvolvidas (SPURGEON et al., 2003). No entanto, não existem informações a respeito do custo energético dessa sobrevivência prolongada sobre a morfologia e morfometria de seus órgãos reprodutores.

Portanto, é possível, que bicudos alimentados por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento (inadequadas para reprodução) tenham seu aparelho reprodutivo comprometido e não sejam capazes de reverter à atrofia desses órgãos causada pela diapausa após terem acesso à dieta que favoreça a reprodução, ou simplesmente, porque, sua idade avançada pode prejudicar a produção de ovos viáveis e, conseqüentemente, de sua progênie (TATAR et al., 2010; FLURKEY; HARRISON, 2010; FAY et al., 2016). A idade avançada dos insetos por causa da diapausa prolongada pode trazer efeitos adicionais, porque muitos genes são compartilhados entre a diapausa, o envelhecimento e a longevidade (KUČEROVÁ et al. 2016). É possível, também, que

os efeitos da idade possam afetar a morfologia e o desempenho dos órgãos reprodutores dos bicudos, mas isso não foi estudado.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a morfologia e morfometria dos órgãos reprodutores do bicudo do algodoeiro alimentado com fontes alimentares alternativas em diferentes idades.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Embrapa Algodão, município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, em câmaras climatizadas do tipo B.O.D à temperatura de 25 °C, umidade relativa de 60% e fotofase de 12 horas.

Os bicudos foram obtidos de botões florais de algodoeiros com orifício de oviposição e brácteas abertas, cultivar BRS 8H, em área experimental cultivada com algodão na sede da Embrapa Algodão (7°13'35 " S, 35°54'21" W). Os botões florais coletados foram colocados em recipiente plástico, medindo 30 cm de largura x 30 cm de profundidade x 90 cm de altura, para emergência dos bicudos adultos. Após a emergência, 480 adultos do bicudo com aproximadamente três dias de idade foram selecionados, agrupados em número de dez indivíduos por recipiente plástico de 500 ml com tampa, na proporção sexual de cinco machos para cinco fêmeas e mantidas com água até o início do bioensaio.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, representado por adultos do bicudo alimentados com (1) fruto verde de banana (pedaço de 1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (2) laranja (pedaço de 1 cm<sup>3</sup> de endocarpo); (3) botões florais de BRS 286 e três períodos de avaliação (P1= 30 dias, P2= 60 dias, P3= 90 dias) e 160 repetições. Ao término de cada um desses períodos, uma alíquota contendo seis casais por tratamento e período de observação foram sexados, separados em casais e mantidos em recipientes plásticos de 500 ml com tampa, alimentados diariamente com três botões florais de algodão (cultivar BRS 286) não atacado, medindo 3-6 mm de diâmetro, durante dez dias. Os botões florais não atacados pelo bicudo foram obtidos de algodoeiros previamente cultivados em casa de vegetação.

Ao final do bioensaio, os adultos do bicudo de cada tratamento e idades foram mortos em álcool 70% e dissecados para avaliação da morfologia e morfometria dos seus órgãos reprodutores. Os critérios propostos para distinguir a diapausa basearam-se em avaliações do tamanho e na condição dos órgãos reprodutores de ambos os sexos, com

machos em estado de diapausa apresentando seus testículos atrofiados e as fêmeas os ovários subdesenvolvidos (BRAZZEL; NEWSOM, 1959; SPURGEON et al., 2003).

Os órgãos reprodutores foram fotografados, sempre na mesma distância, por uma câmera digital Opton com resolução de imagem de 13 megapixels, acoplada ao EI224 esteriomicroscópio com aumento de 3x (BEL Equipamentos Analíticos LTDA., Piracicaba, SP, Brasil). As imagens foram transferidas para um computador contendo o *software Image J* para futuras medições. Todos os insetos foram sexados com base nas características do último tergito externo (AGEE, 1964; SAPPINGTON; SPURGEON, 2000). Nos bicudos machos foram mensurados a área e o diâmetro dos testículos e nas fêmeas, os comprimentos dos ovariolos e a largura do ovócito mais desenvolvido. Optamos por considerar os critérios de Brazzel e Newsom (1959) em relação ao comprimento dos ovários e diâmetro dos testículos porque o tamanho dos bicudos era semelhante, reduzindo as chances dessa variação em tamanho do corpo se refletir no tamanho dos órgãos reprodutores.

Os dados morfométricos de peso (mg) e comprimento do corpo (mm) de machos e fêmeas do bicudo do algodoeiro, comprimento do ovariolo (mm) e largura do ovócito (mm) mais desenvolvido das fêmeas, área e diâmetro do testículo dos machos nas diferentes idades, em cada tratamento foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors e transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , quando necessário, para atender aos pré-requisitos da análise de variância (ANOVA). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), da Universidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS

As condições morfológicas dos órgãos reprodutores dos bicudos adultos apresentaram interação significativa entre o tipo de dieta consumida e idade ( $F_{4,99} = 5,08$ ;  $P < 0,001$ ), mas não entre o tipo de dieta e sexo ( $F_{2,102} = 0,97$ ;  $P > 0,05$ ) e nem entre idade e sexo ( $F_{4,102} = 0,06$ ;  $P > 0,05$ ). Até os 30 dias e 60 dias de idade, 80-90% dos bicudos adultos apresentavam seus órgãos reprodutores morfolologicamente aptos para reprodução após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro (Figuras 1A e 2A), pedaços de endocarpos de banana (Figuras 1C e 2C) ou laranja. No entanto, aos 90 dias de idade, apenas bicudos (machos e fêmeas) alimentados com botões florais (Figuras 1B e 2B) apresentavam seus órgãos reprodutores morfolologicamente aptos (52%) (Tabela 1).



No entanto, fêmeas alimentadas com endocarpos de banana (Figura 1D e 2D) e laranja, apresentaram seus órgãos reprodutores atrofiados ou em processo de atrofiamento, mas os machos não.

Independentemente da dieta consumida e idade dos adultos do bicudo, as condições morfológicas de seus órgãos reprodutores variaram com o sexo (Figura 2), com maior percentagem de machos com seus órgãos morfolologicamente aptos para a reprodução (78%) que as fêmeas (46%).

Os parâmetros morfométricos de peso e comprimento do corpo, comprimento do ovariolo e largura do ovócito mais desenvolvido de fêmeas do bicudo após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias de idade e depois com botões florais de algodoeiro não apresentou interação significativa entre a dieta previamente consumida e a idade dos bicudos (Tabela 2).

Os pesos e comprimentos dos corpos das fêmeas do bicudo não variaram com a dieta consumida e idade dos insetos (Tabela 2), mas o comprimento do ovariolo e a largura do ovócito variaram. Nas fêmeas, a largura do ovócito não variou com a idade, mas apenas o comprimento do ovariolo. Os maiores comprimento do ovariolo e largura do ovócito foram observados para fêmeas do bicudo alimentadas com botões florais de algodoeiro e os menores para aquelas alimentadas com endocarpo de banana e endocarpo de laranja (Tabela 3). Além disso, fêmeas do bicudo com 30 dias de idade apresentaram comprimentos dos ovariolos maiores que aquelas com 90 dias de idade, mas a largura do ovócito não variou com a idade das fêmeas.

No caso dos machos, os parâmetros morfométricos de peso e comprimento do corpo, área e diâmetro dos testículos após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpos de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias de idade e após esse período com botões florais de algodoeiro não apresentou interação significativa entre a dieta previamente consumida e a idade dos bicudos (Tabela 2). Os pesos dos machos não variaram com a dieta consumida e idade dos insetos, mas os comprimentos do corpo, área e diâmetro do testículo variaram (Tabela 2). Machos do bicudo do algodoeiro alimentados com botões florais apresentaram menor comprimento do corpo e maior área e diâmetro do testículo e aqueles alimentados com endocarpos de banana e laranja apresentaram os maiores comprimentos do corpo e as menores áreas e diâmetros do testículo (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

A interação significativa entre o tipo de dieta consumida e idade dos bicudos sobre as condições morfológicas dos seus órgãos reprodutores indica que dependendo da idade dos bicudos, o tipo de dieta consumida modula as condições morfológicas dos seus sistemas reprodutores. Isto concorda com as condições morfológicas dos sistemas reprodutores de bicudos alimentados com fontes alternativas de alimento (SUH; SPURGEON, 2006; SPURGEON et al., 2008; SPURGEON; SUH, 2017).

A morfologia preservada dos órgãos reprodutores de machos e fêmeas do bicudo aos 30 dias e 60 dias de idade indica que esse inseto é capaz de reverter à atrofia desses órgãos causada pela diapausa induzida pela alimentação com fontes alternativas de alimento após ter acesso à dieta que estimula a reprodução (botões florais de algodoeiro). Isto foi demonstrado, também, em estudos sobre o término da diapausa conduzidos por Spurgeon e Suh, 2019, embora, esses autores tenham observado que a incidência de diapausa permanece alta, mesmo após os adultos do bicudo se alimentarem com botões florais (SPURGEON; SUH, 2019). No entanto, aos 90 dias de idade dos bicudos, somente aqueles alimentados com botões florais de algodoeiro (a maioria representada por machos) apresentavam seus órgãos reprodutores morfolologicamente preservados. Por outro lado, machos alimentados com banana ou laranja aos 90 dias de idade apresentavam seus órgãos reprodutores morfolologicamente preservados (não atrofiado), apesar do menor tamanho de seus testículos. Isto reforça a hipótese de que o consumo de alimentos inadequados para reprodução por períodos prolongados de tempo tornam o processo de atrofia desses órgãos irreversíveis nas fêmeas, mesmo após terem acesso à dieta com botões florais. Além disso, não se pode descartar a influência do envelhecimento dos bicudos sobre as variações na morfologia de seus órgãos reprodutores, particularmente nas fêmeas. Estudos conduzidos sobre a fisiologia ovariana em fêmeas do caruncho do arroz, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) com diferentes idades demonstraram que o tamanho dos folículos proximais, o número de folículos dentro dos ovários e o número de óvulos nos ovidutos lateral e comum variaram com a idade dos insetos, com o tamanho dos folículos proximais tendeu a diminuir à medida que as fêmeas envelheciam (PEREZ-MENDOZA et al., 2004).

As variações nas condições morfológicas dos órgãos reprodutores dos bicudos adultos com o sexo se devem, provavelmente, as diferentes respostas de término da diapausa nos machos em comparação com as fêmeas, o que pode estar relacionado às diferenças nos riscos associados à reprodução na presença de pistas conflitantes do

hospedeiro (SPURGEON; SUH, 2019). A maioria das fêmeas de inverno (até 60% ou mais) acasala no outono antes de entrar em diapausa no inverno e, assim, ao reter espermatozoides viáveis em suas espermatecas, podem depositar ovos férteis sem um acasalamento na primavera, embora a fecundidade e a fertilidade sejam reduzidas (BRAZZEL; NEWSOM, 1959; WALKER; PICKENS, 1962; VILLAVASO, 1975a, b; CROSS, 1983). Fêmeas em diapausa, provavelmente, evitam se acasalar com machos em diapausa, a espera de machos reprodutivos ao término da diapausa para depositar ovos viáveis e garantir o sucesso de sua prole. Assim sendo, espera-se que em um ambiente sem recursos alimentares reprodutivos, os bicudos adultos passem a alocar recursos importantes para a manutenção da sua sobrevivência e não para o sucesso reprodutivo (OHGUSHI, 1996; HODEK et al., 2012). Portanto, a menor porcentagem de fêmeas reprodutivamente ativas se comparada aos machos observada no presente estudo, sugere que as fêmeas precisam entrar em diapausa para preservar as condições morfológicas de seus órgãos reprodutores. Os machos, contrariamente, desempenham um papel importante na descoberta do hospedeiro por meio da liberação do feromônio de agregação que atrai ambos os sexos do bicudo (WALKER; BOTTRELL; 1970; WHITE; RUMMEL, 1978) e, portanto, é provável que os mesmos necessitem ser reprodutivamente ativos (com seus órgãos reprodutores morfolologicamente preservados) para executar esta tarefa. Esses resultados, no entanto, discordam da afirmação de que o fornecimento de uma dieta que favoreça a reprodução por 7–14 dias aos bicudos adultos dormentes resulta em uma resposta modesta de término da dormência em fêmeas de bicudos e nenhuma resposta em machos (SPURGEON; SUH, 2019). Isto se deve, provavelmente, as diferenças metodológicas deste estudo em comparação ao de Spurgeon e Suh (2019) para o período em que os bicudos foram alimentados com dietas inadequadas para a reprodução e depois com botões florais. No estudo conduzido por Spurgeon e Suh (2019) os adultos do bicudo receberam dieta indutora de diapausa por um período de 3-12 dias e depois foram alimentados com botões florais por 14 dias. É provável que a dormência reprodutiva induzida pela dieta aos bicudos adultos por 3-12 dias seja insuficiente para obtenção de resultados conclusivos. Isto explicaria, em parte, a resposta modesta dos bicudos ao término da diapausa observada por Spurgeon e Suh (2019).

A ausência de interação significativa entre a dieta previamente consumida e a idade dos bicudos para os parâmetros morfométricos de peso e comprimento do corpo, comprimento do ovário e largura do ovócito mais desenvolvido de fêmeas do bicudo em diapausa é, provavelmente, um indicativo de que o acúmulo de corpo gorduroso por

fêmeas do bicudo não é confiável para constatação de diapausa (SPURGEON; SUH, 2019). Isto explicaria, também, porque os pesos e comprimentos dos corpos das fêmeas do bicudo não variam com a dieta consumida e idade dos insetos. No entanto, o maior comprimento do ovariolo e largura do ovócito nas fêmeas alimentadas com botões florais de algodoeiro se comparado àquelas alimentadas com endocarpos de banana e laranja estão condizentes com a morfologia dos seus órgãos reprodutores constatados em bicudos dissecados neste estudo. Isto indica que o critério de Brazzel e Newsom (1959) em relação ao comprimento dos ovários é confiável para determinação da diapausa em bicudos de tamanho semelhante. Por outro lado, os menores comprimentos do ovariolo e tamanho semelhante dos ovócitos em fêmeas do bicudo com 90 dias de idade podem estar relacionados ao envelhecimento das mesmas conforme mencionado.

Do mesmo modo, a ausência de interação significativa entre a dieta previamente consumida e a idade dos machos para os parâmetros morfométricos de peso e comprimento do corpo, área e diâmetro dos testículos, pode indicar que o acúmulo de corpo gorduroso por machos do bicudo em diapausa não é confiável para sua constatação (SPURGEON; SUH, 2019). No entanto e excetuando o comprimento do corpo, a maior área e diâmetro dos testículos nos machos alimentados com botões florais se comparado àqueles alimentados com endocarpos de banana e laranja estão condizentes com a morfologia dos seus órgãos reprodutores constatados em bicudos dissecados neste estudo. Isto indica, porém, que o critério de Brazzel e Newsom (1959) em relação ao diâmetro dos testículos não é adequado para determinação da diapausa nos machos.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que as fêmeas do bicudo alimentadas por períodos prolongados de tempo com fontes alternativas de alimento (inadequadas para reprodução) tem seu aparelho reprodutor comprometido aos 90 dias e não são capazes de reverter à atrofia desses órgãos causada pela diapausa. Além disso, a idade avançada desses bicudos pode comprometer a produção de ovos viáveis e, consequentemente, de sua progênie como evidenciado pela morfologia e morfometria de seus órgãos reprodutores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEE, H.R. Characters for determination of sex of the boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, v. 57, p. 500-501, 1964.
- BRAZZEL, J.R.; NEWSOM, L.D. Diapause in *Anthonomus grandis* Boh. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, p. 603-611, 1959.
- CARROLL, S.C.; RUMMEL, D.R.; SEGARRA, E. Overwintering by the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in conservation reserve program grasses on the Texas High Plains. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, p. 382-393, 1993.
- CHANG, Y.; TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A. Reproduction and quality of F1 offspring in *Chrysoperla carnea*: differential influence of quiescence, artificially-induced diapause, and natural diapause. **Journal of Insect Physiology**, v. 42, p. 521-528, 1996.
- CROSS, W.H. Ecology of cotton insects with special reference to the boll weevil. In: RIDGWAY, R.L.; LLOYD, E.P.; CROSS, W. H. (eds.). Cotton insect management with special reference to the boll weevil. **USDA Agricultural Research Service**, n. 589, 1983.
- FAY, R.; BARBRAUD, C.; DELORD, K.; WEIMERSKIRCH, H. Paternal but not maternal age influences early-life performance of offspring in a long-lived seabird. **Proceedings of the Real Society B: Biological Science**, v. 283, p. 2015-2318, 2016.
- FLURKEY, K.; HARRISON, D.E. Reproductive ageing: of worms and women. **Nature**, v. 468, p. 386-387, 2010.
- GABRIEL, D. Longevidade do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh., criado em hospedeiras alternativas no laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, p.123-126, 2002.
- GAINES, R.C. Ecological investigations of the boll weevil, Tallulah, Louisiana, USDA, **ARS Technical Bulletin**. 1208, Washington, DC, p. 1915-1958, 1959.
- GREENBERG, S.M.; JONES, G.D.; EISCHEN, F.; COLEMAN, R.J.; ADAMCZYK JR., J.J.; LIU, T.-X.; SETAMOU, M. Survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) adults after feeding on pollens from various sources. **Insect Science**, v.14, p.503-510, 2007.
- HINDS, W.E.; YOTHERS, W. W. Hibernation of the Mexican cotton boll weevil. **USDA Bureau of Entomology Bulletin**, v.77, p. 1-100, 1909.

- HODEK, I.; VAN EMDEN, H.F.; HONĚK, A. Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae). Oxford, UK: **Blackwell Publishing Ltd.**, 2012.
- KUČEROVÁ, L.; KUBRAK, O.I.; BENGTSSON, J.M. ET al Slowed aging during reproductive dormancy is reflected in genome-wide transcriptome changes in *Drosophila melanogaster*. **BMC Genomics**, v. 17, p. 50, 2016.
- OHGUSHI, T. A. reproductive trade-off in an herbivorous lady beetle: egg resorption and female survival. **Oecologia**, v. 106, p. 345–351, 1996.
- PAULA, D.P.; CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R.V.; MIRANDA, J.E.; BEMQUERER, M. P.; RIBEIRO, A.C.; SUJII, E.R.; FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 86–96, 2013.
- PEREZ-MENDOZA, J.; THRONE, J.E.; BAKER, J.E. Ovarian physiology and age-grading in the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 40, p. 179–196, 2004.
- RAMALHO, F.S.; WANDERLEY, P.A. Ecology and management of the boll weevil in South American cotton. **American Entomologist**, v. 42, p. 41–47, 1996.
- RIBEIRO, P.A.; SUJII E.R.; DINIZ, I.R.; MEDEIROS, M.A.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; BRANCO, M.C.C.; PIRES, 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, p. 28-34, 2010.
- SAPPINGTON, T.W.; SPURGEON, D.W. Preferred Technique for Adult Sex Determination of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 3, n.3, p. 610-615, 2000.
- SHOWLER, A.T. Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical Mesoamerica. **American Entomologist**, v. 55, n. 4, p. 234-242, 2009.
- SHOWLER, A.T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v. 36, p. 99-104, 2007.
- SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande, Embrapa/CNPA, 12p. (**Circular Técnica**, 135), 2013.

- SPURGEON, D.W. Seasonal patterns of host-free survival of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in the subtropics. **Journal of Entomological Science**, v. 43, p. 13–26, 2008.
- SPURGEON, D.W.; RAULSTON, J.R. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) reproductive development as a function of temperature. **Environmental Entomology**, v.27, p. 675–681, 1998.
- SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T. W.; SUH, C.P.-C. A system for characterizing reproductive and diapause morphology in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Annals of Entomological Society of America**, v. 96, p. 1–11, 2003.
- SPURGEON, D. W.; SAPPINGTON, T.W.; RUMMEL, D.R. Host-free survival of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) from two regions of Texas. **Southwestern Entomologist**, v.33, p.151–152, 2008.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C. Termination of diapause in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 633–643, 2019.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C. Temperature influences on diapauses induction and survival in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 17, p. 124, 2017.
- SUH, C.P.-C.; SPURGEON, D.W. Host-free survival of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) previously fed vegetative-stage regrowth cotton. **Journal of Entomological Science**, v.41, p. 277–284, 2006.
- TATAR, M. Reproductive aging in invertebrate genetic models. **Annals of New York Academic Science**, v. 1204, p. 149–155, 2010.
- VILLAVASO, E.J. Function of the spermathecal muscle of the boll weevil *Anthonomus grandis*. **Journal of Insect Physiology**, v. 21, p. 1275–1278, 1985a.
- VILLAVASO, E.J. The role of the spermathecal gland of the boll weevil *Anthonomus grandis*. **Journal of Insect Physiology**, v. 21, p. 1457–1462, 1985b.
- WALKER, J.K.; C.W. SMITH. Cultural control. In: KING, E.G.; COLEMAN, R.J. (eds.). **Cotton insects and mites: characterization and management**. Cotton Foundation Reference Book Series, no. 3. Memphis, TN: The Cotton Foundation Publisher, p. 471- 509, 1996.

- WALKER JR., J.K.; BOTTRELL, D.G. Infestations of boll weevils in isolated plots of cotton in Texas, 1960–69. **Journal of Economic Entomology**, v.63, p. 1646–1650, 1970.
- WANG, X.; XUE, F.-S.; FANG-SEN, HUA, A.; FENG, G. Effects of diapause duration on future reproduction in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi*: positive or negative?. **Physiological Entomology**, v.31, p. 190–196, 2006.
- WHITE, J.R.; RUMMEL, D.R. Emergence profile of overwintered boll weevils and entry into cotton. **Environmental Entomology**, v.7, p. 7–14, 1978.



Tabela 1. Porcentagem de bicudos adultos reprodutivamente ativos em função da idade após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e após esse período com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Idade dos bicudos (dias)	Tratamentos		
	Botões florais	Banana	Laranja
30	90,00 ± 3,20 aA	80,00 ± 6,03 aA	80,00 ± 6,03 aA
60	90,00 ± 3,20 aA	80,00 ± 6,03 aA	85,00 ± 5,00 aA
90	51,67 ± 14,66 aB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Resumo das análises de variância para peso (mg) e comprimento do corpo (mm) de machos e fêmeas do bicudo do algodoeiro, comprimento do ovariolo (mm) e largura do ovócito (mm) mais desenvolvido das fêmeas, área e diâmetro do testículo dos machos após se alimentarem previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e depois com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	P
<b>Fêmeas</b>				
<b>Peso</b>				
Dieta consumida (DC)	2	1,41 10 <sup>-5</sup>	0,46	> 0,05
Idade dos bicudos (IB)	2	1,19 10 <sup>-5</sup>	0,39	> 0,05
DC x IB	4	3,19 10 <sup>-5</sup>	1,04	= 0,40
Resíduo	45	3,07 10 <sup>-5</sup>		
<b>Comprimento do corpo</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,45 10 <sup>-1</sup>	0,43	> 0,05
Idade dos bicudos (IB)	2	0,92 10 <sup>-1</sup>	0,87	> 0,05
DC x IB	4	0,70 10 <sup>-1</sup>	0,66	> 0,05
Resíduo	45	0,11		
<b>Comprimento do ovariolo</b>				
Dieta consumida (DC)	2	4,44	25,11	< 0,01
Idade dos bicudos (IB)	2	0,99	5,61	< 0,01
DC x IB	4	0,19	1,10	= 0,37
Resíduo	45	0,18		
<b>Largura ovócito + desenvolvido</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,39 10 <sup>-1</sup>	12,67	< 0,01
Idade dos bicudos (IB)	2	0,23 10 <sup>-4</sup>	0,01	> 0,05
DC x IB	4	0,15 10 <sup>-2</sup>	0,49	> 0,05
Resíduo	45	0,31 10 <sup>-2</sup>		
<b>Machos</b>				
<b>Peso</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,59 10 <sup>-5</sup>	2,71	= 0,08
Idade dos bicudos (IB)	2	0,19 10 <sup>-5</sup>	0,86	> 0,05
DC x IB	4	0,51 10 <sup>-5</sup>	2,35	= 0,07
Resíduo	45	0,22 10 <sup>-5</sup>		
<b>Comprimento do corpo</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,48	7,09	< 0,01
Idade dos bicudos (IB)	2	0,15	2,19	= 0,12
DC x IB	4	0,13	1,93	= 0,12
Resíduo	45	0,67		
<b>Área do testículo</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,47	49,34	< 0,01
Idade dos bicudos (IB)	2	0,28	29,68	< 0,01
DC x IB	4	0,42	0,45	> 0,05
Resíduo	45	0,95		
<b>Diâmetro do testículo</b>				
Dieta consumida (DC)	2	0,30	39,83	< 0,01
Idade dos bicudos (IB)	2	0,18	29,94	< 0,01
DC x IB	4	0,42	0,56	> 0,05
Resíduo	45	0,75		

Tabela 3. Médias<sup>(\*)</sup> ( $\pm$  erro padrão) do peso (mg) e comprimento do corpo (mm), comprimento do ovário (mm) e largura do ovócito (mm) mais desenvolvido de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e depois com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Dados morfométricos	Tratamentos		
	Botões florais	Banana	Laranja
Peso	15,67 $\pm$ 0,44 a *	16,00 $\pm$ 0,40 a	16,22 $\pm$ 0,39 a
Comprimento do corpo	4,01 $\pm$ 0,05 a	4,08 $\pm$ 0,08 a	4,11 $\pm$ 0,09 a
Comprimento do ovário	2,85 $\pm$ 0,11 a	1,96 $\pm$ 0,11 b	2,02 $\pm$ 0,11 b
Largura ovócito + desenvolvido	0,38 $\pm$ 0,02 a	0,30 $\pm$ 0,01 b	0,30 $\pm$ 0,01 b
	Idade dos bicudos		
	30	60	90
Peso	16,11 $\pm$ 0,41 a	16,11 $\pm$ 0,38 a	15,67 $\pm$ 0,44 a
Comprimento do corpo	4,15 $\pm$ 0,08 a	4,05 $\pm$ 0,07 a	4,01 $\pm$ 0,08 a
Comprimento do ovário	2,51 $\pm$ 0,12 a	2,28 $\pm$ 0,12 ab	2,04 $\pm$ 0,16 b
Largura ovócito + desenvolvido	0,32 $\pm$ 0,02 a	0,32 $\pm$ 0,02 a	0,32 $\pm$ 0,01 a

<sup>(\*)</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias<sup>(\*)</sup> ( $\pm$  erro padrão) do peso (mg) e comprimento do corpo (mm), área ( $\text{mm}^2$ ) e diâmetro do testículo (mm) de machos do bicudo do algodoeiro após se alimentar previamente com botões florais de algodoeiro, pedaços de endocarpo de banana e de laranja aos 30 dias, 60 dias e 90 dias e após esse período com botões florais de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Dados morfométricos	Tratamentos		
	Botões florais	Banana	Laranja
Peso	$14,78 \pm 0,33$ a*	$15,80 \pm 0,40$ a	$15,56 \pm 0,35$ a
Comprimento do corpo	$3,85 \pm 0,05$ b	$4,14 \pm 0,08$ a	$4,07 \pm 0,06$ a
Área do testículo	$0,85 \pm 0,03$ a	$0,56 \pm 0,04$ b	$0,56 \pm 0,03$ b
Diâmetro do testículo	$1,12 \pm 0,02$ a	$0,91 \pm 0,03$ b	$0,87 \pm 0,03$ b
	Idade dos bicudos		
	30	60	90
Peso	$15,78 \pm 0,42$ a	$15,22 \pm 0,37$ a	$15,20 \pm 0,32$ a
Comprimento do corpo	$4,13 \pm 0,08$ a	$3,98 \pm 0,06$ a	$3,97 \pm 0,07$ a
Área do testículo	$0,78 \pm 0,04$ a	$0,68 \pm 0,04$ b	$0,52 \pm 0,04$ c
Diâmetro do testículo	$1,08 \pm 0,03$ a	$0,96 \pm 0,03$ b	$0,87 \pm 0,03$ c

(\*)Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

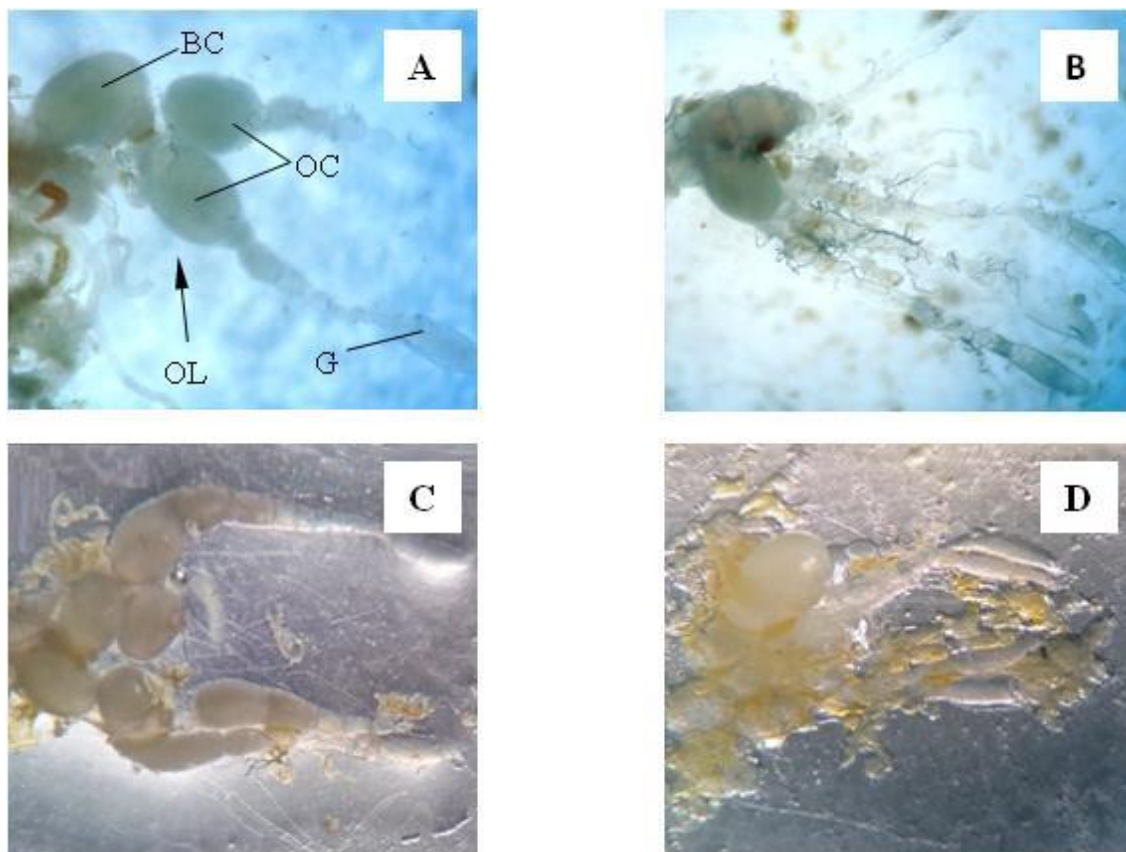


Figura 1. Ovário totalmente desenvolvido incluindo ovos corionados na base do ovariolo de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro alimentadas previamente com botão floral de algodoeiro (A) e endocarpo de banana (C) aos 30 dias de idade e depois com botão floral de algodoeiro; ovário em paralisação do fluxo reprodutivo com ovos corionados, mas exibindo descontinuidade na progressão do desenvolvimento ovocitário de fêmeas do bicudo-do-algodoeiro alimentadas previamente com botão floral de algodoeiro (B) e endocarpo de banana (D) aos 90 dias de idade e depois com botão floral de algodoeiro. BC, bolsa copulatória; OC, ovos corionados, OL, oviduto lateral; G, germário. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

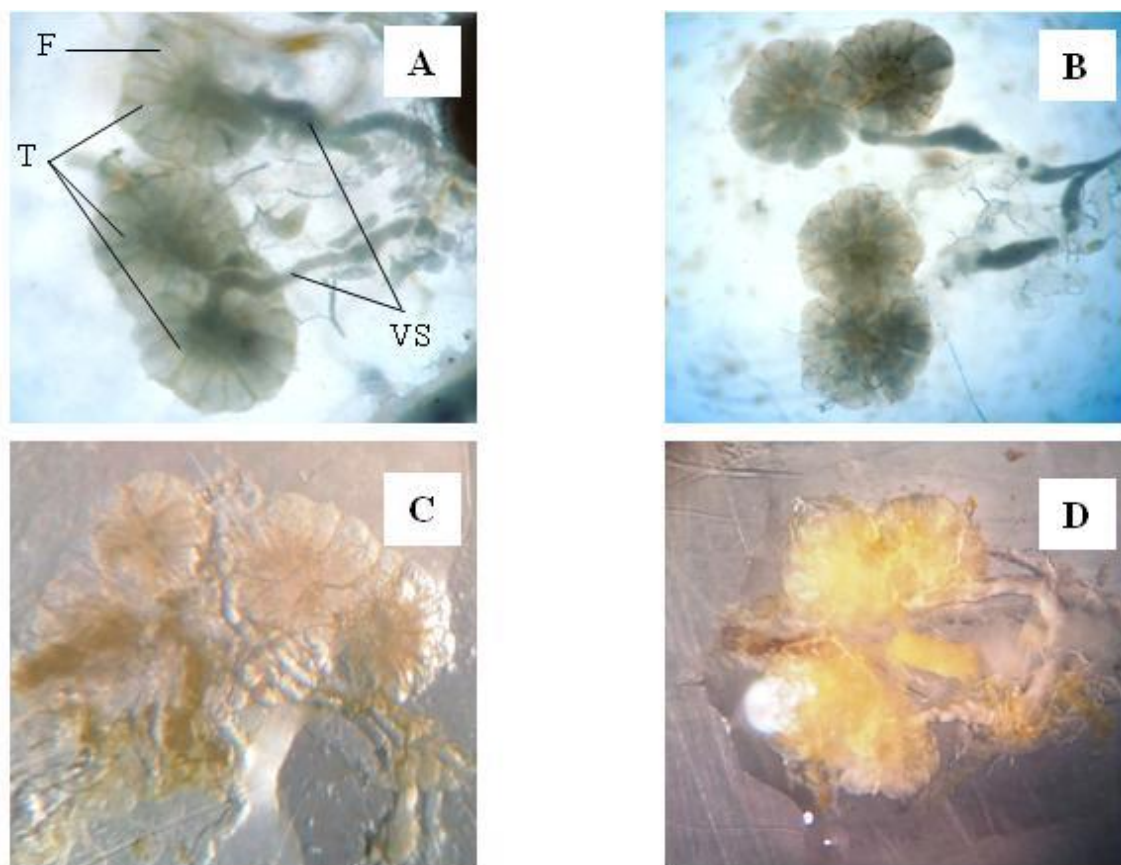


Figura 2. Testículos e vesículas seminais distendidas com espermatozóides de machos do bicudo-do-algodoeiro alimentados previamente com botão floral de algodoeiro e banana aos 30 e 90 dias de idade (A, B, C e D) e depois com botão floral de algodoeiro. T, testículos; F, folículo; VS, vesícula seminal. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

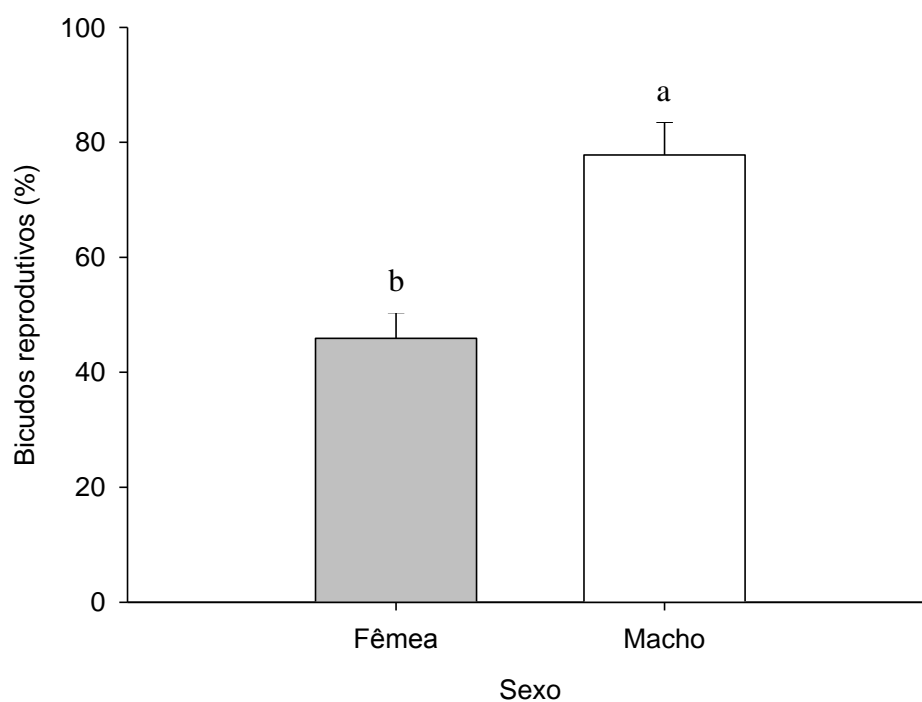


Figura 3. Adultos do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) reprodutivamente ativos por sexo. Média seguidas pela mesma letra nas barras não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

### **CAPÍTULO III**

INFLUÊNCIA DA DIETA CONSUMIDA POR FÊMEAS E MACHOS DO BICUDO  
DO ALGODOEIRO SOBRE SEU PROCESSO DE SELEÇÃO SEXUAL E  
ACASALAMENTO

**THIELE DA SILVA CARVALHO**

Departamento de Zoologia, Universidade Federal da Paraíba



## RESUMO

O acasalamento entre machos e fêmeas do bicudo-do-algodoeiro é estimulado pela dieta previamente consumida, o que pode afetar o processo de seleção sexual e acasalamento de ambos os sexos. O objetivo desse capítulo foi determinar a influência da dieta consumida por fêmeas e machos do bicudo do algodoeiro sobre o processo de seleção sexual e acasalamento de adultos do bicudo alimentados previamente com botões florais de algodoeiro e endocarpo de banana até os 90 dias de idade e depois com botões florais de algodoeiro. No processo de seleção sexual das fêmeas por machos observou-se que o tamanho das fêmeas alimentadas com botões florais foi maior que aquelas alimentadas com endocarpo de banana, mas o peso das fêmeas alimentadas com botão floral ou banana foi semelhante. Entre as fêmeas alimentadas com botões florais, 41,7% e 58,3% delas escolheram machos alimentados com botões florais e banana, respectivamente. Todas as fêmeas alimentadas com banana escolheram machos alimentados com botões florais, mas nenhuma delas depositou ovos viáveis. No processo de seleção sexual dos machos por fêmeas, 100% dos machos alimentados com botões florais escolheram fêmeas alimentadas com botões florais. Por outro lado, 66,7% e 33,3% dos machos alimentados com banana escolheram fêmeas alimentadas com botões florais ou endocarpo de banana, respectivamente. O número médio de orifícios de oviposição e de ovos viáveis variou entre os tratamentos, com maior número de orifícios de oviposição e ovos viáveis depositados por fêmeas alimentadas previamente com botões florais. Esses estudos evidenciam que o processo seleção sexual e de acasalamento em adultos do bicudo é influenciado pela dieta previamente consumida, especialmente nas fêmeas alimentadas com fontes alternativas de alimento em diapausa, que tem preferência por machos alimentados com botões florais. Isto indica que dentro da população de bicudos que se comprometem com a diapausa, as fêmeas, aparentemente, são maioria. Os botões florais do algodoeiro confirmaram tratar-se de uma dieta indispensável para a reprodução dos bicudos adultos, no entanto, apenas uma pequena porção de fêmeas com 90 dias de idade alimentada sempre com botões florais e que não entraram em diapausa consegue depositar ovos viáveis, o que pode ser atribuído à sua idade avançada.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, acasalamento, seleção sexual

## ABSTRACT

Mating between males and females of the cotton boll weevil is stimulated by the diet previously consumed, which can affect the process of sexual selection and mating of both sexes. The objective of this chapter was to determine the influence of the diet consumed by females and males of the boll weevil on the process of sexual selection and mating of adults of the boll weevil previously fed with cotton squares and banana endocarp until 90 days of age and after with cotton squares. In the process of sexual selection of females by males, it was observed that the size of females fed with cotton squares was greater than those fed with banana endocarp, but the weight of females fed with cotton squares or banana was similar. Among females fed with cotton squares, 41.7% and 58.3% of them chose males fed with cotton squares and banana, respectively. All banana-fed females chose cotton-squares-fed males, but none of them laid viable eggs. In the process of sexual selection of males by females, 100% of males fed with cotton squares chose females fed with cotton squares. On the other hand, 66.7% and 33.3% of males fed on banana chose females fed on banana endocarp or cotton squares, respectively. The average number of punctured cotton squares by oviposition and viable eggs varied between treatments, with a greater number of punctured cotton squares by oviposition and viable eggs deposited by females previously fed with cotton squares.

**Keywords:** *Anthonomus grandis*, *Gossypium hirsutum*, mating, sexual selection

## INTRODUÇÃO

O algodão é uma commodity essencial na economia mundial e uma das principais culturas de valor agregado do mundo (KABISSA, 2019). Na indústria têxtil, a fibra do algodão é destaque na confecção de diversos produtos tornando-se uma das fibras mais importantes e valiosas do mercado (BELTRÃO et al., 2019). O cultivo intensivo de extensas áreas com algodão, soja e milho nos principais estados brasileiros produtores de commodities, exige um alto investimento no controle químico para controlar os insetos-praga, especialmente aqueles pertencentes às ordens lepidóptera e coleóptera (SILVA et al., 2013). Dessa forma, torna-se necessário um conhecimento da ecologia e comportamento desses insetos para manejar e combater de forma eficiente esses organismos.

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) é reconhecido como um dos insetos-praga mais prejudiciais às lavouras de algodoeiro na América do Sul, com destaque para o Brasil (SILVA et al., 2013; SALVADOR et al., 2014). Os botões florais são as estruturas preferidas para alimentação e oviposição pelo bicudo; embora no final do ciclo da cultura, as fêmeas depositem seus ovos tanto em botões florais como em maçãs jovens (ALMEIDA et al., 2008; NEVES et al. 2014). Cada fêmea pode depositar até 12 ovos por dia, produzindo cerca de 150 ovos durante toda sua vida em condições ideais (ALMEIDA et al., 2008). Ao final do ciclo da cultura, alguns adultos do bicudo podem permanecer na área se alimentando de botões florais em rebrotadas do algodoeiro (tigueras), mas a maioria deles se dispersa para a vegetação localizada em áreas marginais da lavoura, quando passam a se alimentar de pólen de espécies vegetais silvestres e/ou de partes de plantas cultivadas (SHOWLER; ABRIGO, 2007; RIBEIRO et al. 2010; PIRES et al., 2017). É neste momento que se intensifica o processo de dormência reprodutiva e/ou diapausa nos membros da população de bicudos (SPURGEON; SUH, 2019).

A diapausa em adultos do bicudo é induzida pela alimentação com espécies vegetais que desfavorecem sua reprodução, as quais garantem apenas a sua sobrevivência (HODEK; HONEK, 1996; DIXON, 2000). Fêmeas do bicudo se acasalam antes de entrar em diapausa para armazenar espermatozóides viáveis em sua spermateca antes da entressafra, podendo utilizar hospedeiros aceitáveis sem reacasalar (BRAZZEL; NEWSOM, 1959; WALKER; PICKENS, 1962; VILLAVASO, 1985 a, b, c). Essa estreita associação entre a atividade sexual e a disponibilidade de alimentos está

relacionada as altas demandas nutricionais das fêmeas para a produção de descendentes (GORTER al., 2016). Adultos do bicudo precisam se alimentar de botões florais do algodoeiro para depositar ovos viáveis e, portanto, as dietas desempenham um papel fundamental para estimular sua oogênese, acasalamento e oviposição (SHOWLER, 2004). Os estímulos para início do acasalamento em fêmeas do bicudo alimentadas com botões florais de algodoeiro é maior que naquelas alimentadas com outro tipo de dieta (VILLAVASO, 1985a,b). Assim, o comportamento de repovoamento das fêmeas depende do acesso a recursos alimentares em quantidade e qualidade para estimular sua oviposição (RINGO, 1996). Além disso, na medida em que as fêmeas ovipositam, os recursos de esperma se esgotam e as fêmeas têm maior probabilidade de se reacasalar (ALUJA et al., 2009). *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Curculionidae) que tiveram a oportunidade de pôr ovos em hospedeiros têm maior probabilidade de acasalar e reacasalar do que as fêmeas sem hospedeiro (LANDOLT, 1994; HARANO et al., 2006; CARSTEN; PAPAJ, 2005).

A hipótese desta pesquisa é que o tipo de dieta consumida pelos adultos do bicudo do algodoeiro por período prolongado de tempo pode influenciar seu comportamento de acasalamento, comunicação e seleção sexual.

O objetivo desta pesquisa foi estudar se o tipo de dieta consumida por fêmeas e machos do bicudo com 90 dias de idade influenciam o processo seleção sexual e de acasalamento em adultos do bicudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Embrapa Algodão, município de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'32 "latitude S, 35°54'19" longitude W) em câmaras climatizadas do tipo B.O.D à temperatura de 25 °C, umidade relativa de 60% e fotofase de 12 horas.

A influência da alimentação com banana e botão floral de algodoeiro no processo de seleção sexual e acasalamento de machos e fêmeas foi avaliada em adultos virgens de *A. grandis* com 90 dias de idade em experimento com chance de escolha. Adultos de ambos os sexos com essa idade foram utilizados porque eles são capazes de sobreviver alimentando-se com essas dietas por mais de 100 dias. Antes de iniciar os bioensaios, o peso das fêmeas e dos machos foi determinado.

A escolha das fêmeas por machos alimentados com banana ou botão floral foi determinada em delineamento experimental inteiramente randomizado, em esquema

fatorial 2x2, representado por machos e fêmeas alimentados com banana ou botão floral. Os tratamentos foram os seguintes: (1) dois machos virgens (um alimentado com banana e outro com botão floral) colocados juntos a uma fêmea virgem alimentada previamente com botão floral e (2) dois machos virgens (um alimentado com banana e outro com botão floral) colocados junto a uma fêmea virgem alimentada previamente com banana. Foram utilizadas 12 fêmeas e 24 machos.

A escolha dos machos por fêmeas alimentadas com banana ou botão floral foi determinada utilizando o mesmo delineamento experimental e metodologia descrita no bioensaio de escolha das fêmeas, utilizando-se neste caso 12 machos e 24 fêmeas. Os tratamentos foram os seguintes: (1) duas fêmeas virgens (uma alimentada com banana e outra com botão floral) colocadas juntas a um macho virgem alimentado previamente com botão floral; (2) duas fêmeas virgens (uma alimentada com banana e outra com botão floral) colocados juntos a um macho virgem alimentado previamente com banana.

Adultos do bicudo foram marcados no dorso com tinta não-tóxica (produzido por Braschemical representações LTDA). Adultos do bicudo alimentados com banana foram marcados com tinta vermelha e aqueles alimentados com botão floral com tinta branca.

As observações do comportamento de cópula foram realizadas durante um período de 2 horas por recipiente plástico em sala climatizada a  $25 \pm 2^\circ \text{C}$  e  $60 \pm 10\%$  de umidade relativa. Caso não houvesse cópula em uma das repetições no período pré-estabelecido, os machos eram substituídos.

Em cada observação foi registrado o período de tempo gasto para iniciar a cópula, o comportamento de receptividade das fêmeas pelos machos, a preferência pelo parceiro (ambos os sexos), a duração do período de cópula e o período de tempo refratário das fêmeas ao assédio dos machos após o primeiro acasalamento. Após o término da cópula, as fêmeas foram individualizadas e mantidas alimentadas com botão floral durante 15 dias para efetuar postura. Os botões florais oferecidos às fêmeas foram trocados diariamente para determinação do número de ovos depositados e a viabilidade dos mesmos. Os machos experientes (que haviam copulado) foram mortos por congelamento e o comprimento do élitro determinado para estimar o tamanho do inseto.

Os dados de tamanho médio de fêmea e machos, tempo médio gasto para iniciar a cópula, duração média da cópula e período médio refratário das fêmeas originárias de populações alimentadas com botão floral e banana foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors e transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , quando necessário, para atender

aos pré-requisitos da análise de variância (ANOVA). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), da Universidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS

No processo de seleção sexual das fêmeas por machos observou-se que o tamanho das fêmeas alimentadas com botões florais foi maior que aquelas alimentadas com endocarpo de banana ( $F_{1,11} = 9,01$ ;  $P = 0,01$ ), mas o peso das fêmeas alimentadas com botão floral ou banana foi semelhante ( $F_{1,11} = 0,55$ ;  $P > 0,05$ ) (Tabela 1, Figura 1). Por outro lado, o tamanho ( $F_{1,23} = 2,70$ ;  $P > 0,05$ ) e o peso ( $F_{1,23} = 2,76$ ;  $P > 0,05$ ) dos machos alimentados com botão floral ou banana foram semelhantes.

O tempo gasto para iniciar a cópula foi menor para fêmeas alimentadas com botão floral que aquelas alimentadas com banana ( $F_{1,4} = 0,003$ ;  $P > 0,05$ ), independentemente do parceiro escolhido (Tabela 1, Figura 1). No entanto, a duração da cópula ( $F_{1,4} = 0,37$ ;  $P > 0,05$ ) e o período refratário ( $F_{1,4} = 0,04$ ;  $P > 0,05$ ) das fêmeas alimentadas com botão floral ou banana foram semelhantes.

Entre as fêmeas alimentadas com botões florais, 41,7% e 58,3% delas escolheram machos alimentados com botões florais e banana, respectivamente (Tabela 1, Figura 1). Todas as fêmeas alimentadas com banana escolheram machos alimentados com botões florais, mas nenhuma delas depositou ovos viáveis.

O número médio de orifícios de oviposição ( $F_{1,11} = 8,45$ ;  $P = 0,01$ ) e de ovos viáveis ( $F_{1,11} = 5,50$ ;  $P = 0,04$ ) variou entre os tratamentos (Tabela 1), com maior número de orifícios de oviposição e ovos viáveis depositados por fêmeas alimentadas previamente com botões florais. Quatro fêmeas entre as doze previamente alimentadas com botões florais depositaram ovos viáveis e dentre elas três haviam se acasalado com machos alimentados previamente com banana e apenas uma com machos alimentados previamente com botão floral.

No processo de seleção sexual de machos por fêmeas observou-se que, tanto o tamanho como o peso dos machos ( $F_{\text{tamanho } 1,11} = 0,07$ ;  $P > 0,05$ ) ( $F_{\text{peso } 1,11} = 0,16$ ;  $P > 0,05$ ) e das fêmeas ( $F_{\text{tamanho } 1,23} = 0,26$ ;  $P > 0,05$ ) ( $F_{\text{peso } 1,23} = 0,26$ ;  $P > 0,05$ ) alimentados com botões florais ou banana foi semelhante dentro do mesmo sexo (Tabela 2, Figura 2).

O tempo gasto para iniciar a cópula e a duração da cópula foi semelhante tanto para machos alimentados com botão floral como para aqueles alimentados com banana (Tabela 2, Figura 2). O período refratário das fêmeas não diferiu com a dieta consumida.

Entre os machos alimentados com botões florais, 100% deles escolheram fêmeas alimentadas com botões florais (Tabela 2, Figura 2). Por outro lado, 66,7% e 33,3% dos machos alimentados com banana escolheram fêmeas alimentadas com botões florais ou endocarpo de banana, respectivamente.

O número médio de orifícios de oviposição ( $F_{1,11} = 6,51$ ;  $P = 0,03$ ) entre as fêmeas escolhidas pelos machos variou entre os tratamentos (Tabela 2), mas o número de ovos viáveis não ( $F_{1,11} = 0,19$ ;  $P > 0,05$ ). O maior número de orifícios de oviposição foi depositado por fêmeas alimentadas previamente com botões florais. Três fêmeas previamente alimentadas com botão floral entre as 24 testadas que foram escolhidas por machos previamente alimentados com botão floral depositaram ovos viáveis. Entre os machos alimentados previamente com banana, duas fêmeas entre 24 testadas escolhidas pelos machos haviam se alimentado previamente com botões florais e depositaram ovos viáveis.

## DISCUSSÃO

No processo de seleção das fêmeas por machos, os maiores tamanhos das fêmeas alimentadas com botões florais que aquelas alimentadas com endocarpo de banana, podem ser um indicativo de maior fecundidade das fêmeas (HONEK, 1993). No entanto, com exceção do tempo para iniciar a cópula, isto aparentemente não influenciou os demais passos envolvidos no processo de escolha das fêmeas, pois elas apresentaram peso semelhante e os machos tamanho e peso semelhantes (HARANO et al., 2012).

O menor tempo gasto para iniciar a cópula por fêmeas alimentadas com botão floral se deve ao maior estímulo para início do acasalamento dessas fêmeas que são maiores do que naquelas alimentadas com endocarpo de banana (VILLAVASO, 1985a,b). Por outro lado, esse tempo é semelhante aos 60 minutos determinado por Lindquist e House (1967) para esse inseto iniciar a cópula.

O período semelhante para a duração da cópula e período refratário indica, provavelmente, que o tipo de dieta consumida pelas fêmeas não afetou seu comportamento durante a cópula, o que pode estar relacionado à qualidade dos espermatozoides fornecidos pelos machos, pois mesmo aqueles alimentados com banana foram capazes de fertilizar os ovos das fêmeas. A duração da cópula, por outro lado, foi

semelhante aos 54-59 minutos observados por Bartlett et al. (1968) e maior que os 40 minutos observados por Lindquist e House (1967) e aos 15-37 minutos observados por Mayer e Brazzel (1963) para essa mesma espécie de inseto.

A preferência quase que proporcional das fêmeas do bicudo alimentadas com botões florais de algodoeiro por machos alimentados, tanto com banana como com botões florais, pode ser um indicativo de que as fêmeas não discriminam machos alimentados com hospedeiros alternativos daqueles alimentados com botões florais. Isto pode estar relacionado ao fato da maioria dos machos permanecerem reprodutivamente viáveis mesmo tendo seu testículo reduzido, mas não atrofiado. Isto foi demonstrado para bicudos machos capturados no período de entressafra do algodão (janeiro) no Texas, Estados Unidos, os quais tinham os testículos menores, mas foram capazes de se reproduzir e deixar descendentes (GREENBERG et al., 2009). Segundo esses autores, a condição dos testículos foi classificada como reprodutiva tardia para 70,8%, 87,1%, e 90,1% dos machos capturados durante os meses de setembro, novembro e janeiro, respectivamente, período que corresponde à entressafra do algodoeiro no Vale Baixo do Rio Grande no Texas, Estados Unidos. Além disso, as vesículas seminais continham espermatozoides, variando entre 71,2% a 86,7% dos machos capturados nesse mesmo período (GREENBERG et al., 2009). Por outro lado, a preferência das fêmeas em dormência reprodutiva (alimentadas previamente com banana) apenas por machos alimentados previamente com botões florais pode estar relacionado ao seu estado fisiológico, com maior sensibilidade aos vestígios de moléculas de feromônio de agregação aderidos ao corpo dos machos previamente alimentados com botões florais em laboratório. O conteúdo corporal de lipídios, por exemplo, pode determinar quais indivíduos respondem aos semioquímicos imediatamente (DUELLI et al., 1997; JONES et al., 2019). Além disso, no laboratório a pluma de feromônio de agregação se dispersa menos que no campo por causa da ação do vento (SAPPINGTON; SPURGEON, 2000).

O maior número de orifícios de oviposição e de ovos viáveis depositados por fêmeas alimentadas previamente com botões florais era esperado, pois as fêmeas do bicudo precisam se alimentar com botões florais de algodoeiro para produzir ovos viáveis (LUKEFAHR et al., 1986; GABRIEL, 2002). No entanto, a produção de ovos viáveis por fêmeas acasaladas com machos alimentados previamente com banana é um indicativo de que os espermatozoides dos machos não são afetados pela alimentação com fontes alternativas de alimento. Isto explica porque machos hibernantes, embora com testículos



menores sejam capazes de se reproduzir e deixar descendentes (GREENBERG et al., 2009).

No processo de seleção dos machos por fêmeas, o tamanho e o peso semelhante de ambos os sexos não influenciaram a escolha dos machos (HARANO et al., 2012). No entanto, os tempos semelhantes para iniciar a cópula e de duração da cópula reforçam a argumentação de que os machos do bicudo permanecem reprodutivamente ativos independentemente da dieta consumida (botão floral ou banana). A semelhança no período refratário das fêmeas se deve, como já mencionado, ao fato delas não discriminarem machos alimentados com hospedeiros alternativos daqueles alimentados com botões florais.

A escolha unânime de fêmeas alimentadas com botões florais por machos alimentados com essa mesma dieta pode ser atribuído ao maior estímulo sexual provocado pelas fêmeas nos machos que se tornam propensos ao acasalamento (VILLAVASO, 1985a).

O maior número de orifícios de oviposição depositado por fêmeas alimentadas previamente com botões florais escolhidas por machos alimentados com ambos os tipos de dieta era esperado porque os botões florais do algodoeiro são a principal dieta vegetal utilizada por fêmeas dessa espécie para se reproduzir (LUKEFAHR et al., 1986; GABRIEL, 2002). Por outro lado, a viabilidade semelhante dos ovos se deve ao número reduzido de ovos viáveis depositados pelas fêmeas alimentadas com botão floral que não diferiram estaticamente daquelas fêmeas alimentadas com banana e que não depositaram ovos viáveis. No entanto, a deposição de ovos viáveis por fêmeas alimentadas com botões florais escolhidas por machos alimentados com banana confirma, novamente, que os espermatozoides dos machos não são afetados pelo consumo de fontes alternativas de alimento.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o processo seleção sexual e de acasalamento em adultos do bicudo é influenciado pela dieta previamente consumida, especialmente nas fêmeas alimentadas com fontes alternativas de alimento em diapausa que tem preferência por machos alimentados com botões florais. Isto indica que dentro da população de bicudos que se comprometem com a diapausa, as fêmeas, aparentemente, são maioria. Além disso, machos alimentados com fontes alternativas de alimento podem também escolher fêmeas alimentadas com fontes alternativas de alimento, o que pode estar relacionado a seu papel de recrutamento de ambos os sexos para as lavouras de algodoeiro após a descoberta do hospedeiro e liberação do feromônio de agregação

(WALKER; BOTTRELL, 1970; WHITE; RUMMEL 1978). Os botões florais do algodoeiro confirmaram tratar-se de uma dieta indispensável para a reprodução dos bicudos adultos, no entanto, apenas uma pequena porção de fêmeas com 90 dias de idade alimentada sempre com botões florais e que não entraram em diapausa consegue depositar ovos viáveis, o que pode ser atribuído à sua idade avançada. Portanto, bicudos adultos alimentados com fontes alternativas de alimento não são capazes de colonizar as lavouras de algodão da safra subsequente. Isto reforça a necessidade indispensável dos cotonicultores em realizar a destruição correta dos restos culturais do algodoeiro e de respeitar o vazio sanitário na entressafra dessa cultura.

Tabela 1. Preferência da fêmea por machos: tamanho médio de fêmea e machos, tempo médio gasto para iniciar a cópula, duração média da cópula e período médio refratário das fêmeas originárias de populações alimentadas com botão floral e banana. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Avaliações	Dieta			
	Botão floral	N <sup>(2)</sup>	Banana	N
Tamanho da fêmea (mm)	3,98 ± 0,05 a <sup>(1)</sup>	12	3,76 ± 0,07 b	12
Tamanho do macho (mm)	3,87 ± 0,12 a	24	4,03 ± 0,12 a	24
Peso da fêmea (g)	0,014 ± 0,00 a	12	0,015 ± 0,00 a	12
Peso do macho (g)	0,014 ± 0,00 a	24	0,014 ± 0,00 a	24
Tempo para iniciar a cópula	15,17 ± 4,70 b	12	36,00 ± 7,80 a	12
Duração da cópula (s)	77,25 ± 11,7 a	12	71,92 ± 7,72 a	12
Período refratário (s)	37,75 ± 8,33 a	12	35,42 ± 9,23 a	12
Orifícios de oviposição	1,63 ± 0,10 a	12	1,21 ± 0,06 b	12
Ovos viáveis	0,11 ± 0,05 a	12	0,00 ± 0,00 b	12

<sup>(1)</sup>médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha mão são diferentes pelo teste f de fisher à 5% de probabilidade. N<sup>(2)</sup> número de indivíduos.

Tabela 2. Preferência do macho por fêmeas: tamanho médio de fêmea e machos, tempo médio gasto para iniciar a cópula, duração média da cópula e período médio refratário das fêmeas originárias de populações alimentadas com botão floral e banana. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

Avaliações	Dieta			
	Botão floral	N <sup>(2)</sup>	Banana	N
Tamanho da fêmea (mm)	3,91 ± 0,09 a	24	3,86 ± 0,10 a	24
Tamanho do macho (mm)	3,91 ± 0,13 a	12	3,94 ± 0,09 a	12
Peso da fêmea (g)	0,014 ± 0,00 a	24	0,015 ± 0,00 a	24
Peso do macho (g)	0,014 ± 0,00 a	12	0,014 ± 0,00 a	12
Tempo para iniciar a cópula	25,33 ± 5,59 a	12	37,92 ± 6,74 a	12
Duração da cópula	86,33 ± 7,83 a	12	77,42 ± 6,56 a	12
Período refratário	38,00 ± 9,98 a	12	40,75 ± 10,91 a	12
Orifícios de oviposição	1,68 ± 0,10 a	24	1,35 ± 0,10 b	24
Ovos viáveis	0,08 ± 0,04 a	24	0,06 ± 0,04 a	24

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha mão são diferentes pelo teste F de Fisher à 5% de probabilidade.

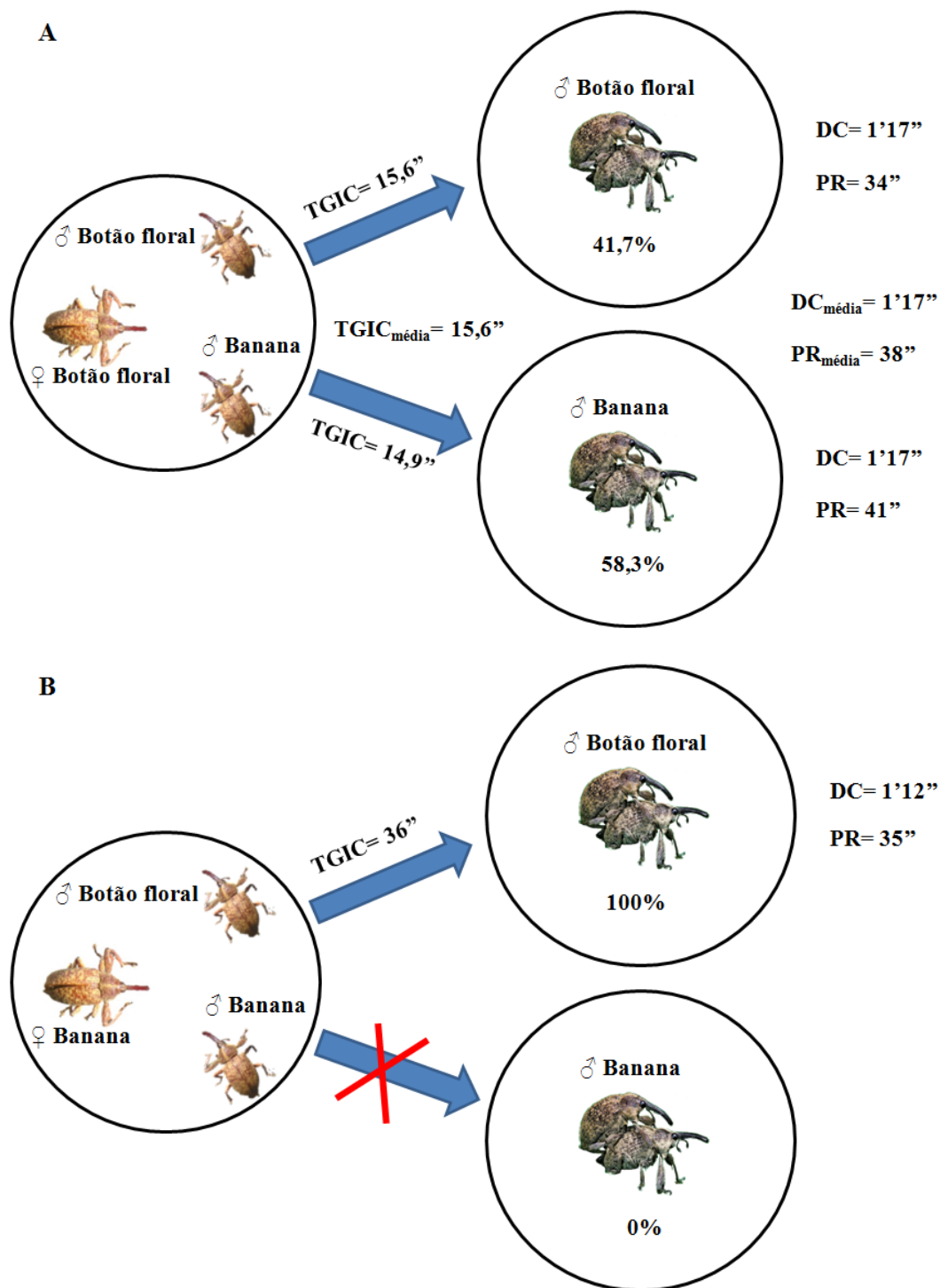


Figura 1. Preferência da fêmea por machos. Fêmea virgem originária de populações criadas com botões florais expostas a machos virgens originados de populações criadas em botões florais ou banana (A). Fêmea virgem originária de populações criadas com banana expostas a machos virgens originados de populações criadas em botões florais ou banana (B). TGIC: tempo gasto para iniciar a cópula; DC: duração da cópula; PR: período refratário da fêmea. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

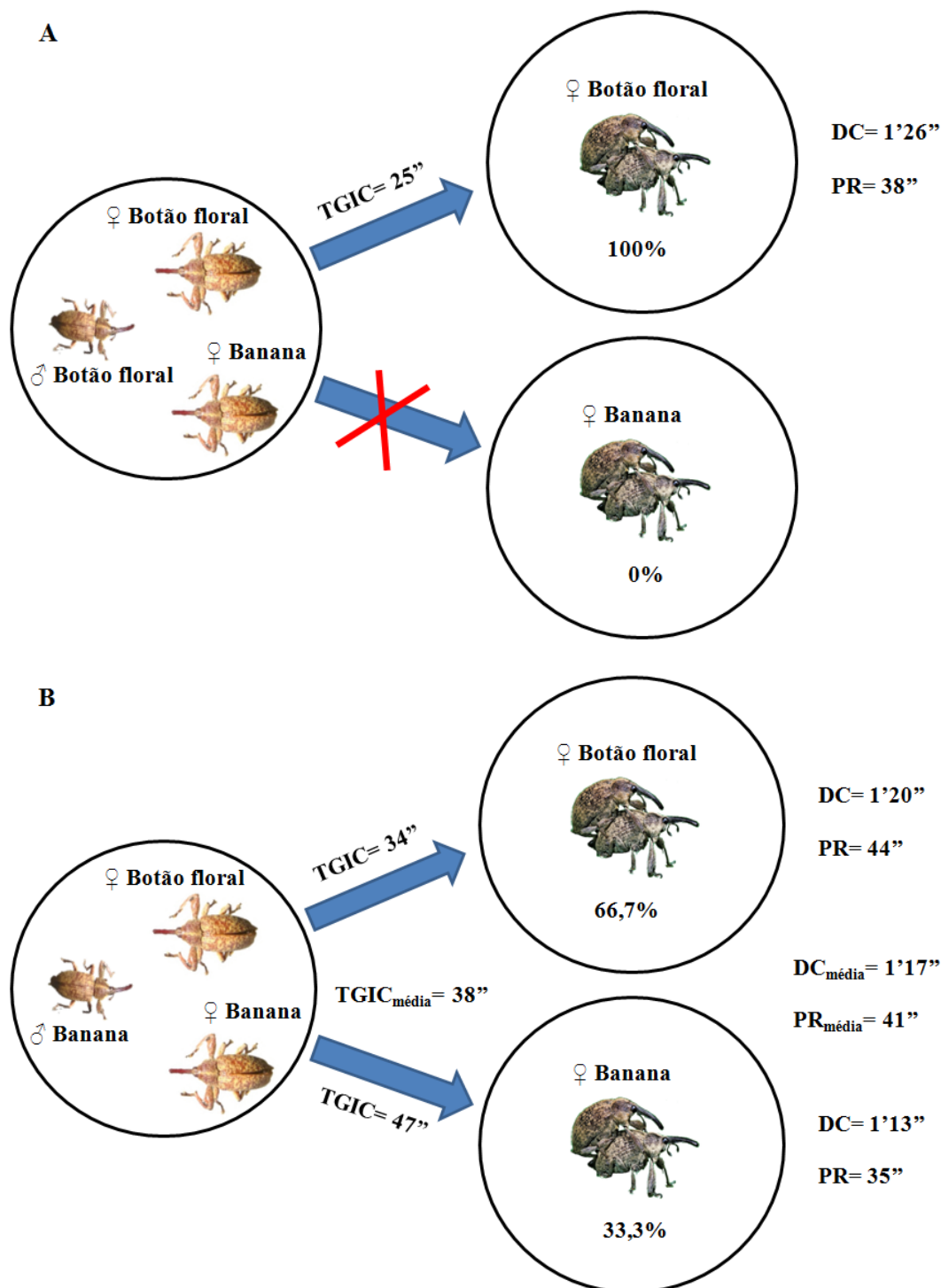


Figura 2. Preferência do macho por fêmeas. Macho virgem originário de populações criadas com botões florais expostas a fêmeas virgens originadas de populações criadas em botões florais ou banana (A). Macho virgem originário de populações criadas com banana expostas a fêmeas virgens originadas de populações criadas em botões florais ou banana (B). TGIC: tempo gasto para iniciar a cópula; DC: duração da cópula; PR: período refratário da fêmea. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. P.; SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Manejo Integrado de Pragas do Algodão. pp. 1034-1098, In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Eds.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**, 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica. v. 2, 2008.
- ALUJA, M.; RULL, J.; SIVINSKI, J., TRUJILLO, G.; PÉREZ-STAPLE, D. Male and female condition influence mating performance and sexual receptivity in two tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) with contrasting life histories. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, p. 1091–1098, 2009.
- BARTLETT, A.C.; MATTIX, E.B.; WILSON, N.M. Multiple mating and use of sperm in the boll weevil, *Anthonomus grandis*. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 1148-1155, 1968.
- BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, C.A.D.; SILVA, O.R.R.F.; CARTAXO, W.V.; VALE, L.S. Culturas oleaginosas. In: XIMENES, L.F.; SILVA, M.S.L.; BRITO, L.T.L.. (Org.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. 1ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil**, v. 1, p. 935-962, 2019.
- BRAZZEL, J.R.; NEWSOM, L.D. Diapause in *Anthonomus grandis* Boh. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, p. 603–611, 1959.
- CARSTEN, L.D.; PAPAJ, D.R. Effects of reproductive state and host resource experience on mating decisions in a walnut fly. **Behavioral Ecology**, v. 16, p. 528–533, 2005.
- DIXON, A. F. G. Insect predator-prey dynamics, ladybird beetles and biological control. **Cambridge University Press**, p. 257, 2000.
- DUELLI, P.; ZAHRADNIK, P.; KNIZEK, M.; KALINOVA, B. Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. **Journal of Applied Entomology**, v. 121, p. 297–303, 1997.
- GABRIEL, D. Longevidade do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boh., criado em hospedeiras alternativas no laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, p.123-126, 2002.
- GORTER, J.A.; JAGADEESH, S.; GAHR, C.; BOONEKAMP, J.J.; LEVINE, J.D.; BILLETER, J.C. The nutritional and hedonic value of food modulate sexual receptivity in *Drosophila melanogaster* females. **Scientific Reports**, v. 6, p.1941, 2016.

- GREENBERG, S.M.; JONES, G.D.; ADAMCZYK JR., J.J.; EISCHEN, F.; ARMSTRONG, J.S.; COLEMAN, R.J.; SÉTAMOU, M.; LIU, T-X. Reproductive potential of field-collected overwintering boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) fed on pollen in the laboratory. **Insect Science**, v.16, p. 321-327, 2009.
- HARANO, T.; FUJISAWA, M.; MIYATAKE, T. Effect of oviposition substrate on female remating in *Callusobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 41, p. 569–572, 2006.
- HARANO, T.; SATO, N.; MIYATAKE, T. Effects of female and male size on female mating and remating decisions in a bean beetle. **Journal of Ethology**, v. 30, p. 337–343, 2012.
- HODEK, I.; HONEK, A. Ecology of Coccinellidae. Dordrecht Boston London: **Kluwer Academic Publishers**, pp. 464, 1996.
- HONEK, A. Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. **Oikos**, v. 66, p. 483–492, 1993.
- JONES, K.L.; SHEGELSK, V.A.; MARCULIS, N.G.; WIJERATHNA, A.N.; EVENDEN, M.L. Factors influencing dispersal by flight in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): from genes to landscapes. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 49, p. 1024–1041, 2019.
- KABISSA, J.C.B. Insecticide management in cotton: progress and prospects. **The ICAC Recorder**, v. 37, p. 4-12, 2019.
- LANDOLT, P.J. Mating frequency of the papaya fruit fly (Diptera: Tephritidae) with and without host fruit. **Florida Entomologist**, v. 77, p. 305–312, 1994.
- LINDQUIST, D.A.; HOUSE, V.S. Mating study with spholate-sterilized boll weevil. **Ibid**, v.60, p. 468-473, 1967.
- LUKEFAHR, M.J.; BARBOSA, S.; SOBRINHO, R.B. Plantas hospedeiras do bicudo-do-algodoeiro com referência especial à flora brasileira. In: BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; SOBRINHO, R. B. **O bicudo-doalgodoeiro**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 314p. (EMBRAPA-DDT, Documentos, 4), p. 275-285, 1986.
- MAYER, M.S.; BRAZZEL, J.R. The mating behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis*. **Journal of Economic Entomology**, v.56, p. 605-609, 1963.
- NEVES, R.C.S., COLARES, F., TORRES, J.B., SANTOS, R.L. and BASTOS, C.S. Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiarid region of Brazil. **Insects**, v. 5, n. 4, p. 818-831, 2014.



- 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.
- RIBEIRO, P.A.; SUJII E.R.; DINIZ, I.R.; MEDEIROS, M.A.; SALGADO-LABORIAU, M.L.; BRANCO, M.C.C.; PIRES, 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, p. 28-34, 2010.
- RINGO, J. Sexual receptivity in insects. **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 473-494, 1996.
- SALVADOR, R.; PRINCIPI, D.; BERRETTA, M.; FERNANDEZ, P.; PANIEGO, N.; SCIOCCO-CAP, A.; HOPP, E. Transcriptomic survey of the midgut of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, p. 219, 2014.
- SAPPINGTON, T.W.; SPURGEON, D.W. Variation in boll weevil captures in pheromone traps (Coleoptera: Curculionidae) arising from wind speed moderation by brush lines. **Environmental Entomology**, v. 29, p. 807-814, 2000.
- SHOWLER, A.T. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition, v. 97, p. 1330-1334, 2004.
- SHOWLER, A.T.; ABRIGO, V. Common subtropical and tropical nonpollen food sources of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v. 36, p. 99-104, 2007.
- SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. **Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil**. Campina Grande, Embrapa/CNPA, 12p. (Circular Técnica, 135), 2013.
- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.-C. Termination of diapause in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 633–643, 2019.
- VILLAVASO, E.J. Dietary factors influencing mating in the boll weevil. **Journal of Agricultural Entomology**, v.2., p. 264-271, 1985a.
- VILLAVASO, E.J. Function of the spermathecal muscle of the boll weevil *Anthonomus grandis*. **Journal of Insect Physiology**, v. 21, p. 1275–1278, 1985b.

- VILLAVASO, E.J. The role of the spermathecal gland of the boll weevil *Anthonomus grandis*. **Journal of Insect Physiology**, v. 21, p. 1457–1462, 1985c.
- WALKER JR., J.K.; PICKENS, L.G. Egg deposition by boll weevils isolated from males during hibernation period and after spring emergence. **Journal of Economic Entomology**, v. 55, p. 268–269, 1962.
- WALKER, JR., J.K.; BOTTRELL, D. G. Infestations of boll weevils in isolated plots of cotton in Texas. **Journal Economic Entomology**, v. 63, p. 1646 -1650, 1970.
- WHITE, J. R.; RUMMEL, D. R. Emergence proble of overwintered boll weevils and entry into cotton. **Environmental Entomology**, v.7, p.7-14, 1978