



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAYANNE FERREIRA FAUSTINO

MORTALIDADE DO BICUDO EM ALGODOEIRO IRRIGADOS
POR GOTEJAMENTO E ASPERSÃO

CAMPINA GRANDE-PB

2020

RAYANNE FERREIRA FAUSTINO

**MORTALIDADE DO BICUDO EM ALGODOEIROS IRRIGADOS POR
GOTEJAMENTO E ASPERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de Concentração: Agricultura familiar e sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva

**CAMPINA GRANDE-PB
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F268m Faustino, Rayanne Ferreira.
Mortalidade do bicudo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão [manuscrito] / Rayanne Ferreira Faustino. - 2020.
42 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2020.
"Orientação : Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva, Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."
1. *Anthonomus grandis*. 2. Dessecação de inseto. 3. *Gossypium hirsutum*. 4. Sistema de irrigação. I. Título
21. ed. CDD 633.51

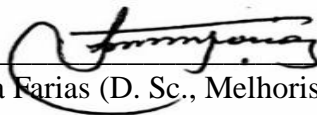
RAYANNE FERREIRA FAUSTINO

**MORTALIDADE DO BICUDO EM ALGODOEIROS IRRIGADOS POR
GOTEJAMENTO E ASPERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de Concentração: Agricultura familiar e sustentabilidade.

Aprovada em 06 de março de 2020

BANCA EXAMINADORA



Francisco José Correia Farias (D. Sc., Melhorista) - Embrapa Algodão



Robério de Oliveira (D. Sc., Agronomia) – UFPB



Carlos Alberto Domingues da Silva (D. Sc., Entomologista) - Embrapa Algodão

Orientador

A Deus,

Por todas as oportunidades concedidas, me proporcionando discernimento para enfrentar meus medos, guiando meus passos possibilitando concluir mais uma etapa na minha formação profissional. **A Ele toda honra e toda glória!**

Aos meus pais, **Gidalva** e **Oscar**, pelo exemplo de dignidade, pela educação, pelas orações, por todos os ensinamentos passados. E a toda minha família.

DEDICO

Ao meu marido, **Helder Pereira**, meu porto seguro, companheiro de todas as horas (momentos bons e ruins divididos) exemplo de ser humano, pela sua compreensão, paciência, e companheirismo.

OFEREÇO

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Carlos Alberto Domingues da Silva**, pelos ensinamentos, por seu exemplo de pesquisador e ética profissional, pela ajuda, cuidado e auxílios prestados, principalmente quando estive em Barbalha-CE, sobretudo, por me atender com paciência todas as vezes que bati em sua porta. Muito Obrigada!

AGRADECIMENTO

ESPECIAL

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito de baixo do céu”. Eclesiastes 3:1

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias- (PPGCA) pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Embrapa Algodão, pela infraestrutura disponibilizada de laboratórios e campo experimental para realização e condução da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-(CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À profa. Dr. Élide Corrêa, pela orientação no estágio de docência.

À Banca Examinadora, Dr. Francisco José C. Farias e ao Dr. Robério de Oliveira, pelas contribuições e enriquecimento neste trabalho.

Aos colegas da turma 2018.1 do Mestrado, pelas trocas de conhecimentos e por todos os momentos que compartilhamos juntos. Em especial à Bruna Laís, pela parceria nas atividades.

Aos técnicos do laboratório de Entomologia: Antônio, Airton e Eduardo, pelo apoio técnico.

À Josivaldo, Tardelly e Thiele, pelo companheirismo durante os dias de trabalho no laboratório.

À todos os funcionários da Embrapa Algodão do campo experimental de Barbalha-CE, pela receptividade, e ajuda na condução do experimento.

Enfim, todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização desta dissertação.

Que venha o próximo desafio!

Muito obrigada!!!

RESUMO

FAUSTINO, Rayanne Ferreira. M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa; março de 2020; Mortalidade do bicudo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão; Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva.

O bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é considerado a principal praga do algodoeiro no Brasil. Sabe-se, no entanto, que os estágios imaturos do bicudo são vulneráveis a fatores climáticos adversos, como elevadas temperaturas e baixa umidade do solo, os quais atuam desidratando os botões florais caídos ao solo e ocasionando elevadas taxas de mortalidade nos diferentes estágios de desenvolvimento do bicudo que se encontram abrigados no interior dessas estruturas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a mortalidade do bicudo do algodoeiro em sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia da Embrapa Algodão e nos campos experimentais desta instituição, localizados em Campina Grande, PB e Barbalha, CE. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com dois tratamentos: (1) algodoeiros irrigados por gotejamento e (2) algodoeiros irrigados por aspersão, distribuídos em dezesseis repetições. A unidade experimental foi constituída por uma gaiola de emergência de adultos do bicudo, contendo 37 botões florais com orifícios de oviposição, brácteas abertas e amareladas, instalada entre duas fileiras de algodão por sistema de irrigação. Foram determinados o número médio de bicudos emergidos dos botões florais e as causas de mortalidade das diferentes fases de desenvolvimento dos bicudos que não emergiram dos botões florais, em cada tratamento. Foram construídas, também, tabelas de vida de terceiras gerações do bicudo, utilizando-se dados de mortalidade natural registradas nos tratamentos de irrigação por gotejamento e aspersão e quantificadas as taxas de mortalidades real, aparente e indispensável e o poder letal de cada causa de mortalidade. Os resultados demonstraram que: (1) não há emergência de adultos do bicudo dos botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo no gotejamento; (2) o número de bicudos adultos emergidos dos botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo por gaiola na aspersão foi maior que aqueles emergidos dessas estruturas vegetais no gotejamento; (3) a maior contribuição para as causas de mortalidade natural do bicudo foi devido à dessecação em ambos os sistemas de irrigação, seguido pelo número de ovos inviáveis; (4) a combinação de elevadas temperaturas e baixas umidades relativas do solo registradas em ambos os tratamentos é responsável pelas elevadas taxas de mortalidade por dessecação de ovos e larvas do bicudo do algodoeiro; (5) a mortalidade por dessecação apresentou o maior poder letal (K_{xc}) dentre as causas de mortalidade dos estágios imaturos do bicudo no interior dos botões florais em ambos os sistemas de irrigação e (6) O sistema de irrigação por gotejamento pode ser utilizado em áreas cultivadas com algodão no semiárido brasileiro para controlar o bicudo.

Palavras chave: *Anthonomus grandis*. dessecação de inseto. *Gossypium hirsutum*. sistema de irrigação.

ABSTRACT

FAUSTINO, Rayanne Ferreira. M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão; march in 2020; Mortality of cotton boll weevil in drip and sprinkler irrigated cotton; Advisor: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva.

The cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) is considered the main cotton pest in Brazil. However, immature weevil stages are known to be vulnerable to adverse climatic factors, such as high temperatures and low soil moisture, which act by dehydrating cotton squares fallen on the ground and causing high mortality rates at different stages of development of cotton boll weevil that are housed within these structures. The objective of this research was to evaluate the mortality of cotton boll weevil in drip and sprinkler irrigation systems. The work was developed at the Embrapa Cotton Entomology Laboratory and in the experimental fields of this institution, located in Campina Grande, PB and Barbalha, CE. The experimental design was randomized blocks with two treatments: (1) drip irrigated cotton and (2) sprinkler irrigated cotton, distributed in sixteen replications. The experimental unit consisted of one emergence cage of cotton boll weevil adults containing 37 cotton squares with punctures of oviposition, open and yellowish bracts, installed between two rows of cotton by irrigation system. The average number of boll weevil emerged from cotton squares and the causes of mortality of the different stages of development of the boll weevil that did not emerge from cotton squares were determined in each treatment. Third generation life tables of boll weevil were also constructed, using natural mortality data recorded in drip and sprinkler irrigation treatments and quantifying the actual, apparent and indispensable mortality rates and the lethal power of each cause of mortality. The results showed that: (1) there is no emergence of boll weevil adults from punctured cotton squares by oviposition in the soil surface in the drip; (2) the number of boll weevil adults emerging from punctured cotton squares by oviposition on the soil surface per cage in irrigation sprinkler system was higher than those emerged from these plant structures in the irrigation drip system; (3) the major contribution to the causes of natural mortality of the boll weevil was due to desiccation in both irrigation systems, followed by the number of unviable eggs; (4) the combination of high temperatures and low relative humidity recorded in both treatments is responsible for the high mortality rates of egg and larvae of the boll weevil by desiccation; (5) desiccation mortality showed the highest lethal power (K_{xc}) among the mortality causes of immature boll weevil stages within cotton squares in both irrigation systems and (6) the drip irrigation system can be used in areas cultivated with cotton in the Brazilian semiarid to control of the boll weevil.

Keywords: *Anthonomus grandis*. insect desiccation. *Gossypium hirsutum*. irrigation system.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Tabela de vida do bicudo do algodoeiro, usando-se dados de mortalidade natural deste inseto no interior de botões florais caídos ao solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão. Campina Grande, Paraíba, Brasil.....	31
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Gaiola de emergência de adultos do bicudo com botões florais danificados pelo bicudo com orifícios de oviposição (A) e gaiolas instaladas entre as fileiras de algodão irrigadas por gotejamento (B). Barbalha, Ceará, 2019..... 20
- Figura 2.** Número médio de bicudos emergidos por gaiola dos botões florais na superfície do solo (A), temperatura (B) e umidade relativa (C) média diária do solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão..... 25
- Figura 3.** Número médio (A) e porcentagem (B) de bicudos mortos por diferentes causas no interior de botões florais na superfície do solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas por causa de mortalidade não são diferentes pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade..... 27
- Figura 4.** Número médio de estágios imaturos pós-embrionários (L1= larva de primeiro instar, L2= larva de segundo instar, L3= larva de terceiro instar, pupa e APE= adulto pré-emergido) do bicudo, mortos por dessecação no interior de botões florais caídos sobre o solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão..... 29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. Aspectos bioecológicos e comportamentais do bicudo.....	12
2.2. Fatores de mortalidade natural do bicudo.....	14
2.3. Manejo da irrigação contra insetos-praga	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Local do estudo.....	18
3.2. Obtenção dos botões florais.....	18
3.3. Sistema de irrigação.....	18
3.4. Sobrevivência das fases de desenvolvimento do bicudo.....	19
3.5. Tabela de vida do <i>A. grandis</i>	21
3.6. Análise dos dados.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Sobrevivência das fases de desenvolvimento do bicudo.....	24
4.2. Tabela de vida do <i>A. grandis</i>	30
5. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Algodoeiro é o nome vulgar que recebe a espécie *Gossypium hirsutum* L., uma planta da família Malvaceae, ordem Malvales e tribo Gossypiae. As evidências mais antigas da sua utilização datam de 2.500 anos a. C., a partir de artefatos produzidos com a fibra (SMITH, 1995; BELTRÃO e ARAÚJO, 2004). O algodão se tornou uma matéria-prima responsável por quase metade da produção mundial de vestuário, podendo, ainda, ser empregado na produção de biodiesel e em diversos segmentos da indústria médica, moveleira, automobilística e têxtil (RETAMIRO et al., 2013), além de possuir outros subprodutos tais como a torta (alimentação animal) e o óleo provenientes de suas sementes (alimentação humana) (BAFFES, 2017). O algodoeiro é uma dicotiledônea de ciclo anual ou perene, de porte herbáceo, arbustivo ou arbóreo, possui hábito de crescimento indeterminado com altura variando entre 60-100 cm, caule pouco ramificado contendo ramos frutíferos e vegetativos e as flores completas (LAWS, 2013).

No Brasil, a cultura do algodão representa parcela importante da economia agrícola e contribui expressivamente para o crescimento do agronegócio brasileiro. As estatísticas indicam um aumento da área plantada na safra 2017/2018, sendo que no principal estado produtor, Mato Grosso, é estimado aumento de 25% na área cultivada (ALENCAR, 2018). O Brasil encontra-se em quinto lugar no ranking mundial de produção de algodão, sendo ultrapassado somente pela Índia, China, Estados Unidos e Paquistão. O grande diferencial do Brasil é a produtividade, que na safra de 2017/2018 foi de 4.267 Kg/ha de algodão em caroço, com importância equivalente ao da safra atual (2018/2019) (BRASIL, 2019).

Neste quesito, destaque deve ser dado à região Nordeste com a melhor média de produtividade, e a segunda maior em volume produzido nacionalmente, devido às produções obtidas nas grandes lavouras do Cerrado da Bahia, segundo maior produtor nacional e, também no Maranhão e Piauí. Todavia, a região Nordeste também centraliza os cultivos em pequena escala (pequenas propriedades) realizados pela agricultura familiar e, em sua maioria, de forma agroecológicos (BRASIL, 2019).

Um dos principais fatores que interfere na produção da cultura é a sua suscetibilidade ao ataque de diversos artrópodes-praga, durante seu ciclo fenológico. Estima-se que mais de 260 espécies de insetos encontram-se associadas a essa cultura, das quais 12 são pragas importantes, além de três espécies de ácaros fitófagos (ALMEIDA et al., 2008). Dentre essas

espécies, a de maior relevância é o bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), considerado praga-chave do algodoeiro e responsável por reduzir a produtividade das lavouras de algodão em até 60% (SILVA e RAMALHO, 2013).

Inseto de elevado potencial biótico, o bicudo ocorre em todas as regiões brasileiras produtoras de algodão, sendo os prejuízos resultantes de seu hábito alimentar e de oviposição, que ocorre nas estruturas reprodutivas do algodão (botão floral, flores e maçãs), resultando em perdas devido à elevada taxa de abortamento das estruturas atacadas (BASTOS et al., 2005; SILVA et al., 2013). O inseto também é capaz de se alimentar da planta durante a fase vegetativa (SHOWLER, 2005), porém, é na fase reprodutiva que as plantas são mais vulneráveis, apresentando maior suscetibilidade no período compreendido entre os 50 a 90 dias de idade das plantas, dependendo da variedade de algodão cultivada (SILVIE et al., 2001).

O controle químico é a principal estratégia utilizada para controlar os adultos do bicudo, pois suas fases imaturas se desenvolvem no interior das estruturas reprodutivas (botões florais e pequenas maçãs) do algodoeiro, protegidas da ação da calda inseticida (LEIGH et al., 1996). Sabe-se, no entanto, que os estágios imaturos do bicudo são vulneráveis a fatores climáticos adversos, como elevadas temperaturas e baixa umidade do solo, os quais atuam desidratando os botões florais caídos ao solo, ocasionando elevadas taxas de mortalidade de suas larvas e pupas que se encontram abrigadas no interior dessas estruturas vegetais.

Partiu-se da hipótese de que a irrigação por gotejamento pode manter o solo das entrelinhas do algodoeiro mais seco e com maior temperatura se comparado à irrigação por aspersão. De tal maneira, que se pode adotar um sistema de irrigação capaz de favorecer os efeitos deléterios da radiação solar sobre os botões florais e, assim, reduzir os níveis populacionais do bicudo.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a mortalidade do bicudo do algodoeiro em sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos bioecológicos e comportamentais do bicudo do algodoeiro

O bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) é a praga de maior importância econômica da cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) no Brasil e com maior potencial de dano, devido aos sérios prejuízos que causa ao algodoeiro, como a queda dos botões florais, flores e maçãs, reduzindo a produtividade da cultura (SILVA e RAMALHO, 2013). Em regiões altamente infestadas pelo bicudo e onde o controle não é realizado, o inseto pode, em longo prazo, inviabilizar a cultura (BASTOS et al., 2005). Para viabilizar a produção do algodoeiro em áreas infestadas pelo bicudo, torna-se necessário utilizar o Manejo Integrado de Pragas (MIP), uma técnica economicamente e ecologicamente vantajosa (RAMALHO et al., 1989; RAMALHO, 1994).

O bicudo é originário do México e foi constatado pela primeira vez no Brasil em fevereiro de 1983, no município de Jaguariúna, estado de São Paulo, e a partir daí se dispersou para todas as regiões produtoras de algodão do país. No nordeste do Brasil, o bicudo foi registrado pela primeira vez no município de Ingá, estado da Paraíba, seis meses após ter sido introduzido no Brasil (BUSOLI et al., 1994; SILVA et al., 1995).

O inseto possui metamorfose completa, reprodução sexuada, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são depositados pela fêmea, preferencialmente na estrutura reprodutiva do algodão (botão floral e maçã), onde ovipositam 7 a 12 vezes por dia, totalizando aproximadamente 150 ovos por fêmea. Os ovos são brilhantes e medem aproximadamente 0,8 mm de comprimento por 0,5 mm de largura. A eclosão da larva ocorre ao longo de três dias, quando emerge a larva de coloração branca e ápoda (BASTOS et al., 2005).

Durante a fase larval, o inseto passa por três instares. A duração dos primeiro, segundo e terceiro instares ocorre em média com dois, dois e quatro dias, respectivamente. As larvas se alimentam geralmente do pólen e das anteras do botão floral e eventualmente do tecido interno de pequenas maçãs (MANESSI, 1997). As larvas necessitam de 6 a 25 dias para atingir a fase de pupa, que dura em média cinco dias. A pupa se desenvolve no centro do botão floral, envolta por uma cela pupal construída na fase larval. Entre o terceiro e quinto dia da fase pupal, os olhos e os apêndices cefálicos, torácicos e abdominais escurecem e a pupa

adquire o aspecto morfológico do adulto, mas com tecido tegumentar de coloração branca leitosa e textura delgada, onde permanece por 12 a 16 dias, para emergir do exoesqueleto como adulto. O bicudo adulto escapa ou emerge do botão floral com dois a três dias de idade, por meio de um orifício circular recortado por suas mandíbulas e com diâmetro similar ao de seu corpo (MANESSI, 1997).

O inseto adulto mede cerca de 7 mm de comprimento, podendo variar entre 3-8 mm e 7 mm de envergadura (DEGRANDE, 1998). Apresenta coloração cinza ou castanha (SANTOS, 1999), com o rostro alongado, correspondendo à metade do comprimento do corpo (BASTOS et al, 2005). O bicudo do algodoeiro, quando tocado contrai seus membros ficando imobilizado, estratégia para enganar predadores (MANESSI, 1997).

A constatação da presença da praga nas lavouras de algodão é feita por meio do aparecimento de botões florais com orifícios de alimentação e/ou oviposição, brácteas abertas e presença de botões florais caídos ao solo (BRAGA SOBRINHO; LUKEFAHR, 1983; SILVA et al., 2013). A abscisão dos botões florais ocorre, normalmente, com dez dias após a oviposição (LLOYD et al., 1986).

O orifício de oviposição é fechado pela fêmea do bicudo utilizando uma substância anti-micótica e resíduos provenientes do botão floral. Em seguida, a planta reage fisiologicamente, produzindo uma protuberância ou calo, conhecido por orifício de “oviposição”, que cicatriza rapidamente, fechando-o (HUNTER e PIERCE, 1912). 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). No Nordeste do Brasil, o botão floral de cor amarela, brácteas abertas, orifício de oviposição e caído ao solo demora aproximadamente dez a doze dias para adquirir a coloração marrom-escura (solo úmido) ou marrom-clara (solo seco), período em que ocorre o escape do adulto do interior do botão floral (RAMALHO et al., 1993).

O crescimento populacional do bicudo nas lavouras de algodão é dependente da presença de botões florais, pois as fêmeas do bicudo somente ovipositam ovos férteis e viáveis após se alimentar dessa estrutura vegetal (SHOWLER; ABRIGO, 2007). Outros fatores abióticos, como temperatura e umidade relativa do ar próxima ao dossel, também

podem contribuir para o crescimento da população do inseto. A infestação ocorre, principalmente, pelas bordaduras devido ao hábito de vôo desta praga, limitada a pequenas distâncias e de baixa altura (RUMMEL et al., 1977).

2.2. Fatores de mortalidade natural do bicudo

Diversos são os fatores responsáveis pela mortalidade natural do bicudo, que ocorrem nos agroecossistemas do algodoeiro herbáceo. Os ovos depositados pelas fêmeas do bicudo, por exemplo, podem ser inférteis (MAYER e BRAZZEL, 1963) ou eles e as larvas de primeiro instar dos bicudos presentes no interior dos botões florais do dossel do algodoeiro podem morrer esmagados pela proliferação celular ou pela formação de substância gelatinosa (HUNTER e HINDS, 1905; HINDS, 1906, 1907; RAMALHO et al., 1993). No caso dos botões florais caídos ao solo, às larvas, pupas e adultos pré-emergidos dos bicudos presentes no interior dessas estruturas reprodutivas podem morrer por causa da ação da luz solar. A luz solar desempenha um importante papel na regulação da atividade e abundância de insetos do algodão em regiões semiáridas da América do Sul, principalmente na região norte e nordeste do Brasil (RAMALHO e WANDERLEY, 1996). O sol afeta a taxa de evaporação da água do solo e dos insetos e mata diretamente os insetos em seu ambiente por dessecação (PYENSON, 1938).

Os insetos por serem pecilotérmicos são afetados direta e indiretamente pela temperatura, a qual pode acelerar ou reduzir sua velocidade de crescimento e desenvolvimento, assim como, sua taxa de consumo alimentar (SILVEIRA NETO et al., 1976; RODRIGUES, 2004). O limiar de temperatura para o desenvolvimento dos insetos é próximo de 10° C e a temperatura ótima em torno de 25° C, porém cada espécie de inseto possui uma determinada faixa de temperatura requerida para o seu desenvolvimento (DAMOS e SAVOPOULOU-SOULTAN, 2012). De tal maneira que se podem ter diferentes estágios e velocidades de desenvolvimento para diferentes insetos, considerando uma mesma temperatura e mesmo intervalo de tempo (SILVEIRA NETO et al., 1976; RODRIGUES, 2004). No caso do bicudo, a faixa de temperatura favorável para seu desenvolvimento encontra-se entre 15 °C e 35 °C (GREENBERG et al., 2005).

No nordeste do Brasil, onde se cultivam algodão de sequeiro e perene, especialmente no sertão (região semiárida), a radiação solar que atinge a superfície do solo é alta, 500

cal/cm⁻² em dias ensolarados, com mais de 3.000 horas de sol por ano (DUQUE, 2004). Este é um fator limitante primário para muitos insetos, principalmente para o bicudo no agroecossistema de algodão perene. Estudos conduzidos na região do Agreste e do Seridó do Estado da Paraíba, demonstraram que populações de bicudos podem ser reduzidas em ambientes com alta temperatura e baixa umidade do solo (RAMALHO et al., 1989), pois os botões florais e/ou maçãs do algodão com orifício de oviposição caídos ao solo (seco e quente) desidratam e provocam elevadas taxas de mortalidade por dessecação dos estágios imaturos e de adultos pré-emergidos dessa praga (HUNTER e HINDS, 1905; SANDERSON, 1907; PIERCE, 1911; ISELY, 1932; SMITH, 1936; FYE e BONHAM, 1970; STERLING e ADKISSON, 1971; FYE, 1972; BACHELER e BRADLEY JUNIOR, 1975; BACHELER et al., 1975; DEMICHELE et al., 1976; CURRY et al., 1982; SCHOOFIELD, 1983; STURM e STERLING, 1986; STERLING et al., 1990; RAMALHO et al., 1993; RAMALHO e SILVA, 1993; SUMMY et al., 1993; RAMALHO, 1994; GREENBERG et al., 2004). Além da mortalidade por dessecação, os estágios imaturos do bicudo presentes no interior dos botões florais podem morrer por parasitismo (PIERCE et al., 1912; CROSS e CHESNUT, 1971; CROSS, 1973; JONES e STERLING, 1979; MEINKE e SLOSSER, 1982; ALVAREZ, 1990; RAMALHO et al., 1993; RAMALHO e WANDERLEY, 1996; RAMALHO et al., 2000; RAMALHO et al., 2007; RAMALHO et al., 2009), predação (STERLING, 1978; JONES e STERLING, 1979; STURM e STERLING, 1986; MARENCO et al., 1987; RAMALHO et al., 1993; SOARES e LARA, 1994; LEMOS et al., 2003) ou doença (RAMALHO et al., 1993).

2.3. Manejo da irrigação contra insetos-praga

A adoção da irrigação na região semiárida é essencial devido à ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo da cultura, causada pela baixa precipitação e baixa distribuição temporal das precipitações (ZONTA et al., 2015). No entanto, as fontes de água para irrigação nessa região são escassas e vêm diminuindo ao longo do tempo devido a outros usos, especialmente urbanização e industrialização, que competem com a agricultura pelo uso da água (BHATTI; PATEL, 2015; ZONTA et al., 2015). Por isso, a escolha do sistema de irrigação e de uma programação que maximize os rendimentos para um nível de abastecimento de água compatível para o consumo humano é de fundamental importância.

O algodoeiro pode ser irrigado com uso de vários sistemas de irrigação, sendo os mais utilizados: o sistema por aspersão convencional, o pivô central, o gotejamento e a irrigação por sulcos (ZONTA et al., 2016). O importante é disponibilizar água para o algodoeiro no período crítico de déficit hídrico, que vai desde a formação dos botões florais até a colheita (floração, formação de botões florais e maçãs) (PEREIRA et al., 2009), pois o rendimento do algodão depende da produção e retenção das maçãs, e ambos podem ser diminuídos pelo estresse hídrico (YAZAR et al., 2002). O estresse hídrico pode afetar a qualidade do linter de diversas maneiras, especialmente durante o alongamento da fibra quando o estresse resulta em diminuição no comprimento e maturidade da fibra (RITCHIE et al., 2004; MACWILLIAMS, 2004; MERT, 2005). Assim, se boas práticas de manejo forem garantidas, maior eficiência no uso da água pode ser alcançada com a irrigação para culturas menos sensíveis ao estresse, como algodoeiro (BHATTI e PATEL, 2015).

A irrigação pode ser manipulada para alterar as condições ambientais de cultivo e, assim, produzir condições temporárias desfavoráveis nos habitats aos agentes de competição interespecíficos, como os insetos-praga. Em geral, essa manipulação é feita por meio de modificações nos horários e períodos de irrigação (COPPEL e MERTINS, 1977). A irrigação por aspersão pode resultar na lavagem de algumas pragas como ácaros, lagartas, pulgões e trips (CHANDLER, 1979; FLINT et al., 1996; MEDEIROS et al., 2011; RUNIA et al., 2014), mas pode aumentar os riscos de ocorrência de algumas doenças foliares por causa da umidade na superfície das folhas favorecendo a germinação de esporos de fitopatógenos (LOPES et al., 2006). No entanto, a irrigação por gotejamento promove menor risco de disseminação de pragas e patógenos através do solo quando comparado a outros sistemas de irrigação, como por exemplo, irrigação por inundação, ou aspersão.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta eficiência acima de 90% (MANTOVANI et al., 2009), menor consumo de água por não molhar a superfície do solo e, por isto, tem sido recomendado nas regiões onde a baixa disponibilidade de água é fator limitante (CASTRO, 2018). A irrigação por gotejamento pode ser utilizada nos diferentes tipos de solo e topografia, sendo a mais recomendada para aplicação de águas de filtração e salinas (ESTEVEZ et al., 2012). Apresenta custo de instalação elevado, por causa do grande número de mangueiras e gotejadores e necessidade de sistema de filtração.

Outro bom exemplo de manipulação ambiental é o sistema alternado de irrigação por molhagem e secagem, utilizado em campos de arroz. A principal preocupação com a água nos

campos de arroz diz respeito à sua abundância e longa duração que são favoráveis à criação de mosquitos. Os mosquitos demandam aproximadamente de 9 a 14 dias para completar seu ciclo reprodutivo, desde a ovulação até estágio adulto. Uma vez que os campos de arroz são mantidos inundados com água durante quase todo o período de crescimento da planta, muitas gerações de mosquitos podem ocorrer durante o ciclo de cultivo. Por isto, o período de molhagem e secagem é altamente eficaz desde que o ciclo de secagem seja suficientemente longo para destruir as larvas do mosquito e o ciclo de molhagem o suficiente para não permitir que os mosquitos se multipliquem (BHUIYAN e SHEPPARD, 1987).

Assim sendo, acredita-se que o controle climático associado à irrigação poderá ser usado para reduzir os níveis populacionais do bicudo se o produtor mantiver limpas as entrelinhas da cultura em áreas de clima semiárido, utilizando sistema de irrigação por gotejamento. A vantagem da irrigação por gotejamento é o menor risco de disseminação de pragas e doenças pelo solo se comparado com outros sistemas de irrigação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento

O trabalho foi conduzido na estação experimental da Embrapa Algodão em Barbalha, estado do Ceará, Brasil, localizado a 7° 18' 18" S de latitude e 39° 18' 7" W de longitude, e no Laboratório de Entomologia da Embrapa Algodão, município de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil, localizados a 7° 13' 50" S de latitude e 35° 52' 52" W de longitude. Conduzido de janeiro a dezembro de 2019.

3.2. Obtenção dos botões florais

Para a obtenção dos botões florais, plantas de algodão (genótipo BRS 286) foram cultivadas no campo em área experimental da sede da Embrapa Algodão, em Campina Grande, no primeiro semestre de 2019, em uma área de 480 m² (12 x 40m) no espaçamento de 0,90 x 0,10 m, deixando-se uma planta por cova após o desbaste. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Regolítico eutrófico (SANTOS et al., 2018). Aos 70 dias após a germinação, foram coletados, tomados ao acaso, um mil cento e oitenta e quatro (1.184) botões florais atacados pelo bicudo com orifício de oviposição, brácteas abertas e amarelecidas, e que se desprendiam facilmente da planta conforme RAMALHO et al., (1993), nas regiões abaixo da copa das plantas e entre fileiras. Os botões florais coletados foram selecionados e agrupados em número de 37 botões florais por saco de papel devidamente etiquetado e mantido em caixa de isopor por 16 horas, antes do início do experimento.

3.3. Sistema de irrigação

Amostras de solo da área experimental de Barbalha foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para determinação de suas características físicas.

Os tratamentos de irrigação foram baseados na capacidade de armazenamento de água no solo e no consumo hídrico da cultura (DAGDELEN et al., 2009). Os tratamentos foram irrigados sempre que a zona radicular localizada a 0,60 m de profundidade em ambos os

tratamentos consumisse 50% da umidade do solo disponível. O consumo foi estimado em função do produto da evapotranspiração de referência (IET_o), calculada a partir dos dados diários obtidos na estação meteorológica do INMET de Barbalha, CE, pelo coeficiente de cultivo (K_c) determinado experimentalmente para a cultura do algodão (BEZERRA et al., 2012) conforme PENMAN-MONTEITH (2006).

O teste de uniformidade de aplicação de água foi realizado antes do plantio, no sistema de irrigação por aspersão, utilizando-se quatro pluviômetros, distribuídos no espaçamento de 3m x 3m dentro da área coberta pelos aspersores, conforme metodologia de GOMES, (1994). As irrigações por aspersão foram realizadas com eficiência de 75%, utilizando-se microaspersores (Araujo-Revolution, Modelo HI-25), espaçados de 6m x 6m, com duas laterais de 22,9 m de comprimento, trabalhando com pressão de serviço de 13,36 mca e precipitação média de 12,06 mm h⁻¹. As irrigações por gotejamento foram constituídas por duas subunidades, cada qual com cinco laterais de 12,9 m de comprimento, espaçadas 0,90 m (uma lateral por fileira de algodão) com emissores a cada 0,30 m e eficiência de 95%, trabalhando com pressão de serviço na entrada das linhas laterais de 21,09 mca, e vazão média de 0,756 l h⁻¹.

3.4. Sobrevivência das fases de desenvolvimento do bicudo

A sobrevivência das fases de desenvolvimento do bicudo foi determinada em uma área experimental cultivada com a cultivar de algodão BRS 286 no campo experimental da Embrapa Algodão, localizado em Barbalha, CE, no período de julho a setembro de 2019. Esse período foi escolhido por apresentar baixa precipitação (~7 mm) e temperatura médias diárias de ~ 25 °C (BRASIL, 1992).

A área experimental medindo 560 m² (10 × 56 m) no espaçamento de 0,90 × 0,10 m, deixando-se uma planta por cova após o desbaste. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico (SANTOS et al., 2018). Aos 65 dias após a germinação e presença de botões florais o experimento foi iniciado.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com dois tratamentos: algodoeiros irrigados por gotejamento e algodoeiros irrigados por aspersão, distribuídos em 16 repetições. A unidade experimental foi constituída por uma gaiola cilíndrica de emergência (saída de adultos vivos do bicudo de dentro dos botões florais) feita com cano de PVC e

medindo 20 cm de altura por 20 cm de diâmetro, circundada por tela plástica de nylon branca de 0,5 mm de malha e fechada no topo por filme plástico transparente. As gaiolas foram instaladas entre duas de cinco fileiras de algodão com 1,5 m de comprimento cada (Figura 1). Foram coletados e colocados sobre a superfície do solo dentro de cada gaiola de pós-emergência, 37 botões florais, com tamanho médio 1,45 mm, totalizando 1.184 botões florais atacados pelo bicudo. O solo entre as linhas de algodão foi mantido limpo durante todo o período de condução do experimento.

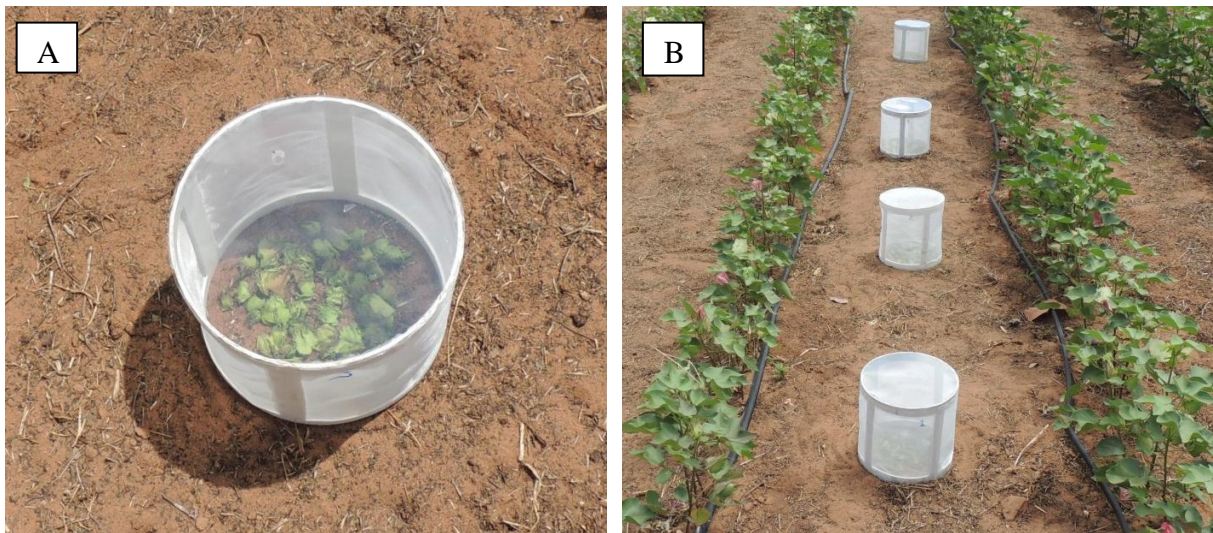


Figura 1. Gaiola de emergência de adultos do bicudo com botões florais danificados pelo bicudo com orifícios de oviposição (A) e gaiolas instaladas entre as fileiras de algodão irrigadas por gotejamento (B). Barbalha, Ceará, 2019.

Foram determinadas diariamente a temperatura e umidade do solo de 16 e 8 pontos amostrais, respectivamente, por sistema de irrigação. As médias totais de temperatura e umidade relativa do solo por dia foram calculadas utilizando-se as temperaturas e umidades do solo diárias registradas instantaneamente às 9 horas, 11 horas, 13 horas e 15 horas durante 10 dias, que correspondeu ao período de instalação das gaiolas até a emergência dos bicudos. As leituras de temperatura e umidade do solo foram realizadas para se estabelecer correlação com o número de bicudos mortos em cada sistema de irrigação. Os pontos amostrais foram distribuídos de forma equidistantes entre si, entre duas fileiras de algodão, na mesma linha das gaiolas. A temperatura do solo foi determinada com auxílio de um termômetro digital (4 in 1 Soil Survey Instrument) e a umidade relativa utilizando um higrômetro analógico de solo (Medidor de pH e umidade do solo, Modelo PH-3000).

As observações e as leituras foram realizadas diariamente, até a completa ausência de emergência de bicudos adultos dos botões florais. Após a quantificação dos adultos emergidos, os bicudos foram retirados das gaiolas e os botões florais coletados, acondicionados em sacos de papel devidamente etiquetados e levados ao Laboratório para dissecação e determinação das causas de mortalidade natural (inviabilidade de ovo, dessecação, doença, parasitismo e predação). A dissecação foi realizada por meio da remoção do cálice e das pétalas dos botões florais com o auxílio de um estilete e sob estereomicroscópico conforme Ramalho et al. (1993).

Ao ser detectada a presença de larva morta do bicudo dentro do botão floral, determinou-se o estágio da larva em que a morte ocorreu, utilizando-se a largura de sua cápsula cefálica com o auxílio de um paquímetro digital. As larguras das cápsulas cefálicas de larvas do primeiro, segundo e terceiro instar do *A. grandis* são de 0,41, 0,62 e 0,99 mm respectivamente (Parrot et al., 1970).

3.5. Tabela de vida do *A. grandis*

Foram construídas duas tabelas de vida de terceiras gerações do bicudo, utilizando-se dados obtidos da mortalidade natural que ocorreram dentro dos botões florais registradas nos tratamentos de irrigação por gotejamento e aspersão conforme Ramalho et al., (1993). Essas tabelas foram construídas para se quantificar as mortalidades real, aparente e indispensável e o poder letal de cada causa de mortalidade. A primeira coluna (X) representa as fases de desenvolvimento do bicudo: ovo, larva, pupa, adulto pré-emergido (APE) (adulto que se encontra morto dentro do botão floral) e adulto emergido (adulto que consegue sair vivo dentro do botão floral) (ADU.).

A segunda coluna (Lx) é o número de sobreviventes na fase X. A pesquisa foi iniciada com inseto na fase de ovo utilizando 585 e 588 botões florais atacados (com orifícios de oviposição) pelo bicudo. O valor de Lx para o estágio de desenvolvimento X foi obtido subtraindo-se do número de insetos vivos no início do estágio anterior, o número de insetos mortos na fase anterior. Este procedimento foi realizado até a obtenção dos adultos emergidos do bicudo.

A causa de mortalidade C é o fator responsável pela morte do inseto no estágio X. As causas de mortalidade adotadas neste estudo foram: ovo inviável, dessecação, parasitismo e

predação. A inviabilidade de ovos inclui todas as causas responsáveis pela mortalidade do embrião (infertilidade, doença, dessecação e proliferação de tecidos celulares responsáveis pelo esmagamento do ovo (Ramalho et al., 1993).

O D_{xc} é o número de insetos mortos em cada estágio X que morreu por causa de C . A porcentagem de mortalidade real ($\%D_{xc}$) é a porcentagem de indivíduos mortos em cada estágio e foi calculado em função do número de insetos no início de estágio do inseto, utilizando a equação: $\%D_{xc} = \frac{D_{xc}}{L(\text{ovo})} \times 100$, onde D_{xc} é o número de insetos mortos no estágio X , e $L(\text{ovo})$ é o número de ovos viáveis no início da geração. A equação calcula a porcentagem de mortalidade real do bicudo, baseada em toda uma geração, a partir de ovo até adulto pré-emergido.

A porcentagem de mortalidade aparente ($100Q_{xc}$) é a porcentagem de insetos mortos em cada estágio e foi calculada em função do número de insetos vivos no início de cada estágio do inseto, utilizando-se a equação: $100Q_{xc} = \frac{D_{xc}}{L_x} \times 100$, onde D_{xc} é o número de insetos mortos no estágio X , que morreu devido a ação de C , e L_x é o número de insetos vivos no estágio X .

A proporção de mortalidade/sobrevivência (MS_{xc}) foi estimada por meio da equação $MS_{xc} = \frac{D_{xc}}{L_x}$. Então, multiplicando-se o número de insetos que atingiu o estágio de adulto emergido pela proporção de mortalidade (MS_{xc}), tem-se a mortalidade indispensável (MI_{xc}) para o estágio de desenvolvimento X e causa de mortalidade C .

Os valores de L_{xc} são obtidos por meio da subtração de $D_{x(c-1)}$ do $L_x (c-1)$. O logaritmo decimal (\log_{10}) de L_{xc} ($\log_{10}L_{xc}$) é utilizado no cálculo do poder letal (K_{xc}) de cada causa de mortalidade (VARLEY e GRADWELL, 1968), nos diferentes estágios de desenvolvimento do bicudo. Calculou-se o poder letal por meio da equação: $K_{xc} = \log_{10}[L_x(c-1)] - \log_{10}[L_x(c)]$.

3.6. Análise dos dados

O número médio de bicudos emergidos dos botões florais e os dados de mortalidade das diferentes fases de desenvolvimento dos bicudos, 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 (LSD) de Fisher a 5% de probabilidade, utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), da Universidade Federal de Viçosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Sobrevivência das fases de desenvolvimento do bicudo

Os resultados das análises de solo da área experimental demonstraram tratar-se de solo de textura arenosa (93,8 % de areia, 2,5 % de silte e 3,7% de argila), capacidade de campo de 0,1 atm, densidade global de $1,5 \text{ kg.cm}^{-3}$, densidade das partículas de $2,7 \text{ kg.cm}^{-3}$ e porosidade total de 44,8%. O coeficiente de uniformidade obtido no teste realizado antes do início das irrigações apresentou um resultado de 94,3%, próximo ao máximo desejável conforme GOMES, (1994), o que caracteriza uma boa distribuição de água nos sistemas de irrigação. Durante todo o ciclo fenológico da cultura foram fornecidos 527,0 mm de água às plantas de algodão pelos sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento, aplicadas duas vezes por semana em conformidade com a capacidade de retenção de água no solo e de evapotranspiração da cultura.

O número médio de bicudos adultos emergidos dos botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo por gaiola na aspersão foi de $0,35 \pm 0,11$, valor significativamente maior que o número de $0,00 \pm 0,00$ bicudos adultos emergidos dessas estruturas vegetais no gotejamento ($F_{1,15} = 9,00$; $P < 0,01$) (Figura 2A). Isto se deve, provavelmente, a maior temperatura (41°C) ($F_{1,15} = 69,73$; $P < 0,01$) e menor umidade relativa (9,7%) ($F_{1,15} = 29,97$; $P < 0,01$) do solo registrado no gotejamento. Por outro lado, a menor temperatura (37°C) e maior umidade relativa do solo (16%) registrada na aspersão (Figura 2 B, C), podem explicar o maior número de bicudos adultos emergidos dos botões florais com orifício de oviposição. Esse valor embora tenha sido relativamente baixo, não pode ser negligenciado, considerando o elevado potencial biótico desse inseto (PIRES et al., 2017). Além disso, a dessecação é uma causa de mortalidade que é independente da densidade populacional do bicudo (RAMALHO e SILVA, 1993). Em geral, temperaturas elevadas (acima de 50°C) aumentam acentuadamente a perda de água e de nutrientes nos insetos, provocando seu esgotamento, diminuição da motilidade, seguida por danos teciduais e morte rápida e irreversível (HARRISON et al., 2012). No caso do bicudo, botões florais com orifícios de oviposição submetidos a temperaturas de 35°C e 40°C foram responsáveis por ocasionar mortalidades de 89,1 e 96,2%, respectivamente, aos estágios imaturos desse inseto (GREENBERG et al., 2005).

Esses resultados sugerem que a irrigação por gotejamento pode ser utilizada para reduzir os níveis populacionais do bicudo se o produtor mantiver limpas as entrelinhas do algodão em

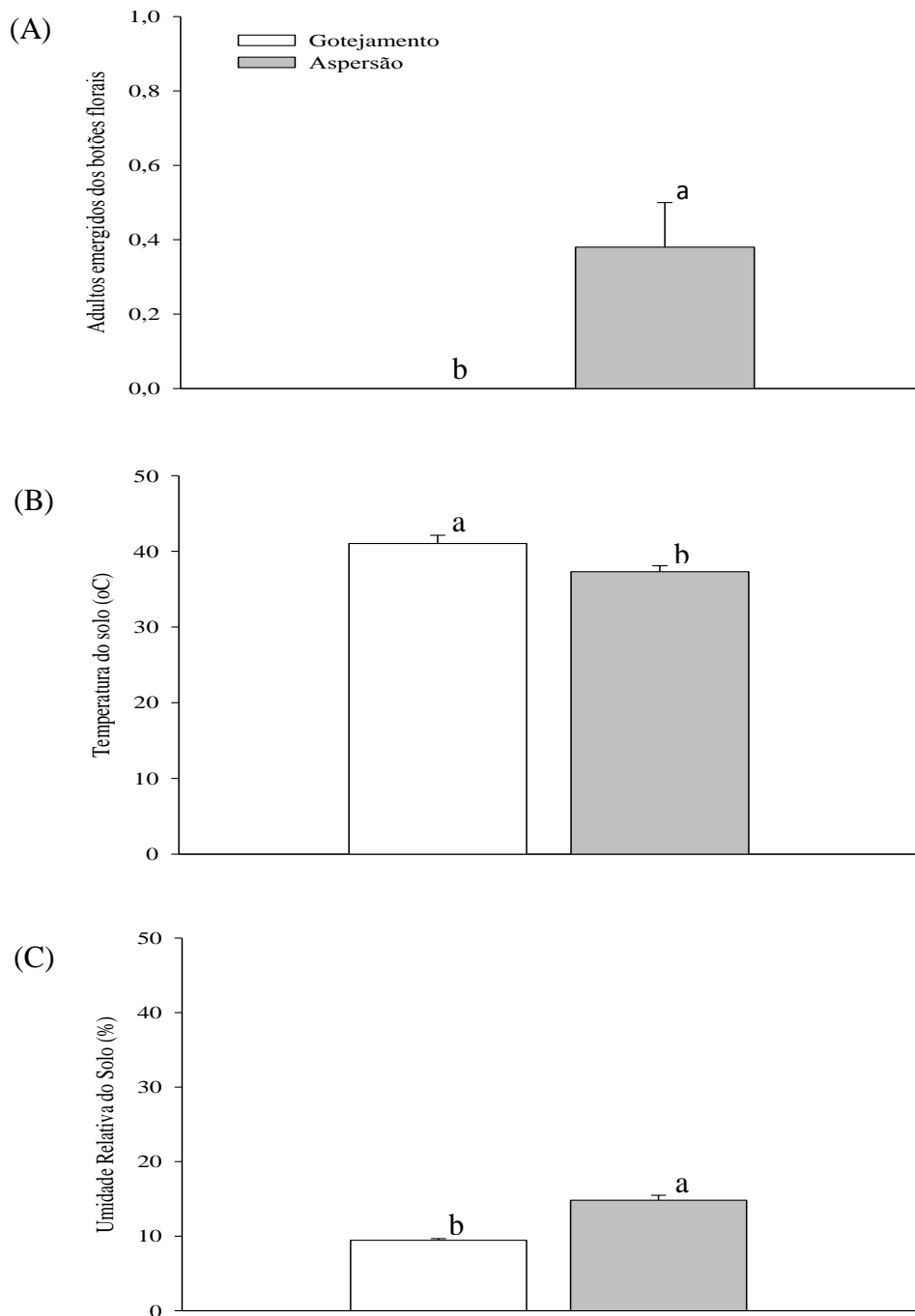


Figura 2. Número médio de bicudos emergidos por gaiola dos botões florais na superfície do solo (A), temperatura (B) e umidade relativa (C) média diária do solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não são diferentes pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

Tratamentos

Áreas de clima semiárido, pois os botões florais do algodão com orifício de oviposição caídos ao solo (seco e quente) desidratam e provocam elevadas taxas de mortalidade dessa praga (RAMALHO, 1994). Pequenos artrópodes geralmente correm risco de morrer por dessecação por causa da sua elevada área superficial em relação ao volume do corpo, armazenando proporcionalmente baixa quantidade de gordura e apresentando, relativamente, elevada taxa metabólica (GIBBS, 2003; HARRISON et al., 2012). Esse limiar de tolerância à perda de água é altamente específico da espécie, e diferenças marcantes nas estratégias e características de tolerância à dessecação em espécies de insetos congêneros foram associadas às suas localizações geográficas e à frequência e duração da exposição à seca (MARRON et al., 2003; STRACHAN et al., 2015).

O número médio de ovos inviáveis ($F_{1,15} = 4,99$; $P = 0,04$) e de bicudos mortos por dessecação ($F_{1,15} = 4,34$; $P = 0,05$) no interior de botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão variaram entre os tratamentos (Figura 3A), mas o número de bicudos mortos por parasitismo ($F_{1,15} = 1,00$; $P = 0,33$) e predação ($F_{1,15} = 0,13$; $P > 0,05$) não diferiram. O número de ovos inviáveis foi maior no gotejamento ($9,94 \pm 0,63$ indivíduos) e menor na aspersão ($7,63 \pm 0,69$ indivíduos). Por outro lado, o número de bicudos mortos por dessecação foi maior na aspersão ($28,63 \pm 0,66$ indivíduos) e menor no gotejamento ($26,25 \pm 0,74$ indivíduos). Em termos percentuais, a maior contribuição para as causas de mortalidade natural do bicudo foi devido à dessecação em ambos os tratamentos, seguido pelo número de ovos inviáveis (Figura 3- B). As menores contribuições para as causas de mortalidade natural do bicudo foram devido ao parasitismo, seguido pela predação em ambos os tratamentos. Os percentuais de mortalidade do bicudo por causa de ovos inviáveis, dessecação, parasitismo e predação foram, respectivamente, de 27%, 72%, 0,2% e 0,9% no gotejamento (Figura 3- B) e de 21%, 78,5%, 0% e 0,5% na aspersão, ou seja, 99% das causas de mortalidade se deveram a inviabilidade de ovos e a dessecação dos bicudos. Essa maior contribuição de ovos inviáveis e dessecação para as causas de mortalidade natural do bicudo se devem, provavelmente, a combinação de elevadas temperaturas e baixas umidades relativas do solo registradas em ambos os tratamentos. A dessecação de larvas, pupas e adultos pré-emergidos do bicudo constitui uma das três principais e mais importantes causas de mortalidade natural desse inseto seguida pelo

parasitismo e predação (RAMALHO e SILVA, 1993). Por outro lado, a maior temperatura e menor umidade relativa do solo registrada no gotejamento, pode ter acelerado o processo de dessecação do inseto, antecipando as mortalidades

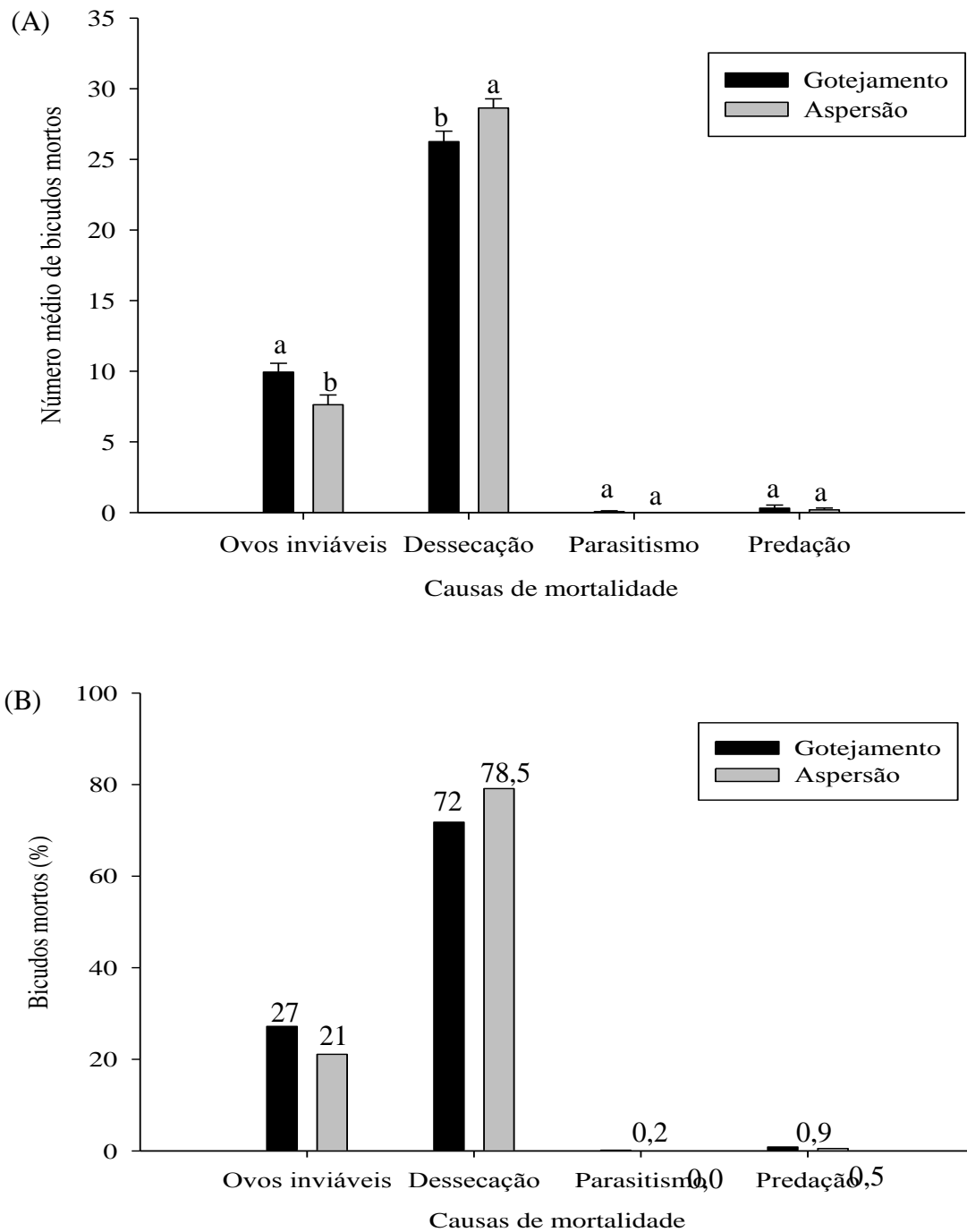


Figura 3. Número médio (A) e porcentagem (B) de bicudos mortos por diferentes causas no interior de botões florais na superfície do solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas por causa de mortalidade não são diferentes pelo teste de LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

Nas fases iniciais de desenvolvimento do bicudo (ovo e larvas de primeiro e segundo instares) no interior dos botões florais desse tratamento (Figuras 3 e 4). Isto, explica a maior e menor mortalidade de bicudos por causa, respectivamente, da inviabilidade de ovos e dessecação de larvas no gotejamento em comparação a aspersão.

O parasitismo de larvas do bicudo pode ser causado por *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae) ou *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). No entanto, esses parasitóides apresentam comportamento distinto e se diferenciam por preferir atacar hospedeiros em diferentes estágios de desenvolvimento (RAMALHO et al., 2007). *Catolaccus grandis* prefere parasitar o hospedeiro depois que os botões florais de algodão caem no solo (MORALES-RAMOS e CATE, 1992), enquanto *B. vulgaris* prefere parasitar larvas do bicudo contidas em botões florais e/ou pequenas maçãs fixadas ao dossel da planta de algodão (RAMALHO e WANDERLEY, 1996). Portanto, o parasitismo registrado sobre as larvas do bicudo foi causado, provavelmente, por *B. vulgaris*, por causa da barreira física exercida pelas gaiolas impedindo e/ou dificultando o acesso de parasitoides sobre os botões florais presentes no interior da gaiola na superfície do solo. Nesta pesquisa, não foi possível determinar o gênero de formiga responsável pela predação. No entanto, a presença de botões florais com orifícios irregulares e com as bordas rasgadas é um forte indicativo da predação por formigas (RAMALHO et al., 1993b). A predação de larvas, pupas e adultos pré-emergidos do bicudo é feita principalmente pelas formigas *Solenopsis* grupo *germinata* sp., *Pheidole* sp., e *Crematogaster* sp. (RAMALHO et al., 1993). As menores contribuições do parasitismo e predação para as causas de mortalidade natural do bicudo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão podem ser atribuídas às baixas densidades populacionais desses inimigos naturais na área experimental onde a pesquisa foi realizada. Outra hipótese seria a reduzida preferência de parasitóides e predadores do bicudo por larvas, pupas e adultos pré-emergidos mortos por dessecação. Estudos conduzidos por Hinds (1907) demonstraram que as formigas predadoras evitam botões florais com estágio imaturos do bicudo mortos por dessecação

As mortalidades apenas por dessecação de larvas de primeiro ($F_{1,15} = 0,16$; $P > 0,05$), segundo ($F_{1,15} = 0,98$; $P > 0,05$) e terceiro ($F_{1,15} = 2,06$; $P = 0,17$) instares, pupas ($F_{1,15} = 1,0$; $P = 0,33$) e de adultos pré-emergidos ($F_{1,15} = 1,0$; $P = 0,33$) do bicudo no interior de botões florais caídos ao solo não diferiu entre algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão (Figura 4-A). No gotejamento, as mortalidades por dessecação de larvas de primeiro, segundo e terceiro

instares, pupas e adultos pré-emergidos do bicudo foram de $2,97 \pm 0,25$, $16,94 \pm 1,42$,

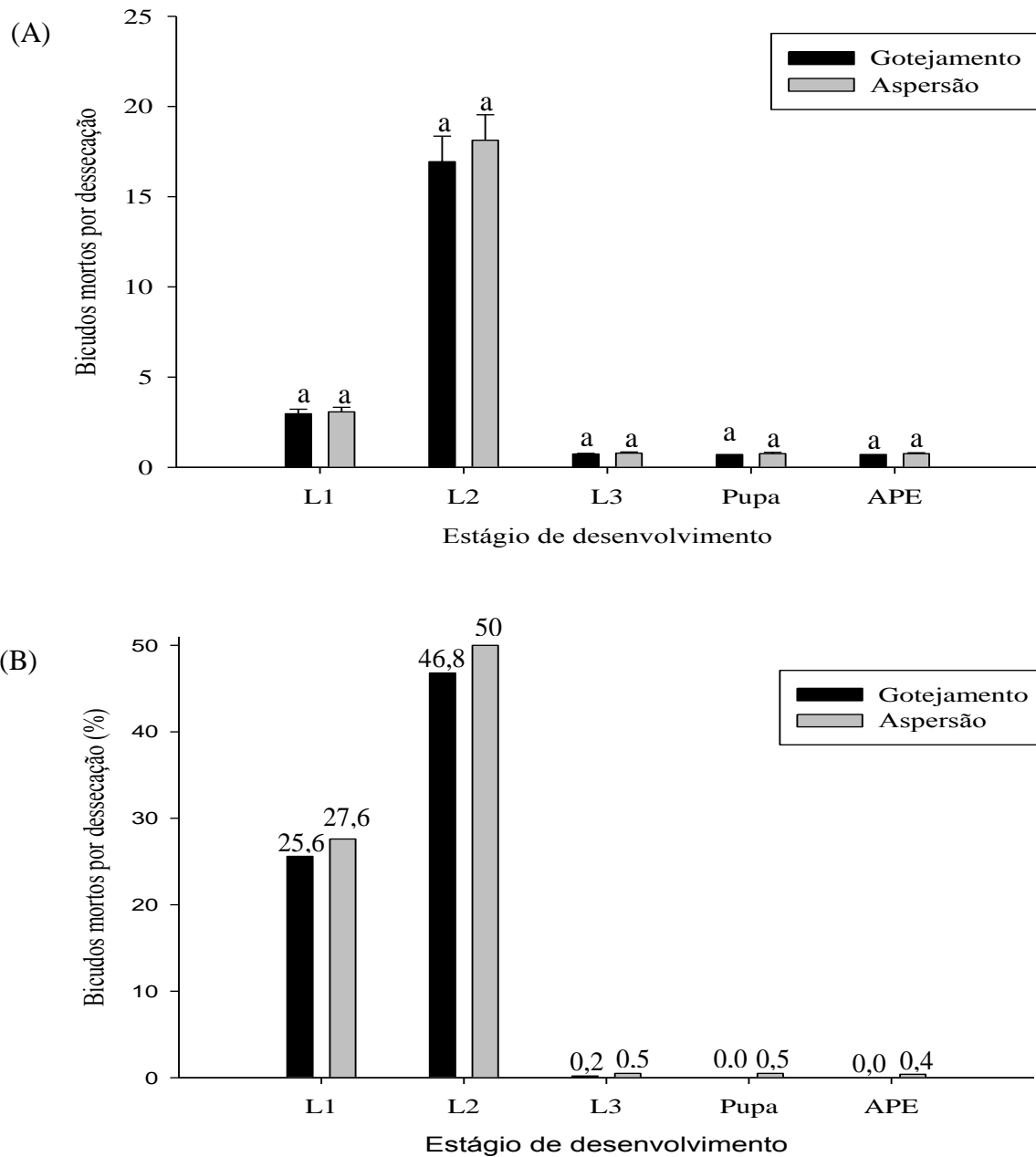


Figura 4. Número médio de estágios imaturos pós-embrionários (L1= larva de primeiro instar, L2= larva de segundo instar, L3= larva de terceiro instar, pupa e APE= adulto pré-emergido) do bicudo, mortos por dessecação no interior de botões florais caídos sobre o solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão.

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas por causa de mortalidade não são diferentes pelo teste de LSD de Fisher à 5% de probabilidade. Médias transformadas em raiz de $x + 0,5$ para fins de análise estatística.

0,74 ± 0,03, 0,71 ± 0,00 e 0,71 ± 0,00, respectivamente; e na aspersão, de 3,07 ± 0,26; 18,13 ± 1,41, 0,79 ± 0,06, 0,76 ± 0,07 e 0,76 ± 0,05, respectivamente. Por outro lado, as maiores porcentagens de mortalidade por dessecação desses estágios imaturos pós-embrionários do bicudo ocorreram no estágio larval, e os menores nos estágios de pupa e de adultos pré-emergidos em ambos os sistemas de irrigação. As porcentagens de mortalidades de larvas de primeiro, segundo e terceiro instares, pupas e adultos pré-emergidos do bicudo no gotejamento foram de 25,6%, 46,8%, 0,2%, 0,0% e 0,0%, respectivamente; e na aspersão de 27,6%, 50,0%, 0,5%, 0,5% e 0,4%, respectivamente (Figura 4- B). Esses percentuais de mortalidade larval do bicudo foram superiores aos 8,9%, 25,0% e 18,0% de mortalidade de larvas, respectivamente, de primeiro, segundo e terceiro instares do bicudo obtidos por Greenberg et al. (2005), sendo, porém, inferior e igual aos 15% e 0,0% de mortalidade, respectivamente, de pupas e adultos pré-emergidos do bicudo obtidos por esse autor à temperatura de 35° C. Essas diferenças na porcentagem de mortalidade dos estágios imaturos pós-embrionários do bicudo entre experimentos podem ser atribuídos às temperaturas médias superiores registradas nesta pesquisa, tanto no gotejamento (41° C) como na aspersão (37° C).

4.2. Tabela de vida do *A. grandis*

Os resultados das tabelas de vida de terceiras gerações do bicudo, utilizando-se dados de mortalidade natural demonstraram que dos 585 e 588 botões florais atacados com orifícios de oviposição pelo bicudo, isto é, seis deram origem a adultos emergidos vivos do inseto no sistema de irrigação por aspersão e nenhum bicudo no gotejamento, ou seja, o número de adultos emergidos do bicudo foi significativamente maior, na aspersão (Tabela 1). Os resultados obtidos mostram que a emergência de adultos do bicudo está relacionada com a luz, a temperatura e umidade.

As mortalidades reais totais do bicudo, dentro dos botões florais sob a superfície do solo foram de 100% e 99% nos algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão, respectivamente (Tabela 1). Em ambos os sistemas de irrigação, as maiores mortalidades reais (%Dxc) e aparentes (100Qxc) do bicudo ocorreram por dessecação do estágio de larva, seguido pelo estágio de ovo. Isto se deve, provavelmente, ao fato desses estágios imaturos dos bicudos serem mais vulneráveis a essa causa de mortalidade natural. A dessecação, como já

mencionado, ocorre pela ação deletéria da combinação entre altas temperaturas e baixas umidades do solo (Figura 2)

Tabela 1. Tabelas de vida do bicudo do algodoeiro, usando-se dados de mortalidade natural deste inseto no interior de botões florais caídos ao solo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão. Campina Grande, Paraíba, Brasil.

GOTEJAMENTO										
X	Lx	C	Dxc	%Dxc	100Qxc	MSxc	MIxc	Lxc	Log10Lxc	Kxc
Ovo	585	Inviabilidade	159	27,179	4,65	0,272	0,000	585	2,767	0,138
larva	426	Dessecação	420	71,795	16,85	0,986	0,000	426	2,629	1,851
	0	Parasitismo	1	0,171	0,04	0,002	0,000	6	0,778	0,079
	0	Predação	5	0,855	0,20	0,009	0,000	5	0,699	0,699
Pupa	0	Dessecação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
	0	Parasitismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
	0	Predação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
Ape	0	Dessecação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
	0	Parasitismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
	0	Predação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000
Adulto	0							0	0,000	
Total			585	100,000						
ASPERSÃO										
X	Lx	C	Dxc	%Dxc	100Qxc	MSxc	MIxc	Lxc	Log10Lxc	Kxc
Ovo	588	Inviabilidade	122	20,748	20,748	0,207	1,245	588	2,768	0,101
larva	466	Dessecação	453	77,041	97,630	0,972	5,833	464	2,667	1,625
	0	Parasitismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	11	1,041	0,000
	0	Predação	2	0,340	0,429	0,004	0,026	11	1,041	0,087
Pupa	11	Dessecação	3	0,510	27,273	0,273	1,638	9	0,954	0,176
	0	Parasitismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	6	0,778	0,000
	0	Predação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	6	0,778	0,000
Ape	8	Dessecação	2	0,340	25,000	0,250	1,500	6	0,778	0,176
	0	Parasitismo	0	0,000	0,000	0,000	0,000	4	0,602	0,000
	0	Predação	0	0,000	0,000	0,000	0,000	4	0,602	0,000

Adulto	6		4	0,602
Total		582	98,976	

e sua importância como agente físico regulador de populações do bicudo é relatada por diversos autores (HUNTER e HINDS, 1905; SANDERSON, 1907; PIERCE, 1911; ISELY, 1932; SMITH, 1936; FYE e BONHAM, 1970; STERLING e ADKISSON, 1971; FYE, 1972; BACHELER e BRADLEY JUNIOR, 1975; BACHELER et al., 1975; DEMICHELE et al., 1976; CURRY et al., 1982; SCHOOFIELD, 1983; STURM e STERLING, 1986; STERLING et al., 1990; RAMALHO et al., 1993; RAMALHO e SILVA, 1993; SUMMY et al., 1993; RAMALHO, 1994; GREENBERG et al., 2004).

A mortalidade indispensável (M_{lxc}) dos estágios imaturos do bicudo somente foi completamente estimada nos algodoeiros irrigados por aspersão. Nos algodoeiros irrigados por gotejamento essa mortalidade não foi finalizada, porque todas as formas imaturas do bicudo morreram. Portanto, como não se conhece todas as causas de mortalidade dos diferentes estágios de desenvolvimento do bicudo no gotejamento, então não é possível estimar a importância relativa desses fatores na determinação das densidades populacionais subsequentes desse inseto (BESS, 1945; SOUTHWOOD, 1966).

Os poder letal (K_{xc}) de cada causa de mortalidade, atuando nos estágios de desenvolvimento do bicudo (Tabela 1), demonstrou que a dessecação apresentou os maiores valores para essa variável. Os poderes letais do parasitismo e predação de larvas do bicudo foram bastante reduzidos e, como mencionado anteriormente pode estar relacionado à baixa densidade populacional desses inimigos naturais e/ou as suas menores preferências por estágios imaturos do bicudo mortos por dessecação.

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram que a escolha do sistema de irrigação é essencial não somente para maximizar os rendimentos dos cultivos de algodoeiros para um nível de abastecimento de água compatível as pequenas propriedades rurais da região semiárida, mas também para controlar o bicudo do algodoeiro. O sistema de irrigação por gotejamento é capaz de reduzir consideravelmente e/ou eliminar as populações do bicudo por dessecação porque a água é aplicada de forma pontual, através de gotas, diretamente na zona radicular das plantas, reduzindo a superfície molhada do solo, principalmente entre as fileiras de algodão, onde a maioria dos botões florais com orifícios de oviposição pelo bicudo cai e as temperaturas e umidades relativas do solo são maiores e menores, respectivamente. Isto é

importante porque pode viabilizar economicamente a produção do algodoeiro em bases orgânicas e/ou agroecológicas com a presença do bicudo, nas principais regiões cotonicultoras do semiárido brasileiro e, assim, contribuir para impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região.

5. CONCLUSÕES

5.1. Não houve emergência de adultos do bicudo dos botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo no gotejamento;

5.2. O número de bicudos adultos emergidos dos botões florais com orifício de oviposição na superfície do solo por gaiola na aspersão foi maior que aqueles emergidos dessas estruturas vegetais no gotejamento;

5.3. A maior contribuição para as causas de mortalidade natural do bicudo foi devido à dessecação em ambos os sistemas de irrigação, seguido pelo número de ovos inviáveis;

5.4. A combinação de elevadas temperaturas e baixas umidades relativas do solo registradas em ambos os tratamentos é responsável pelas elevadas taxas de mortalidade por dessecação de ovos e larvas do bicudo do algodoeiro;

5.5. A mortalidade por dessecação apresentou o maior poder letal (K_{xc}) dentre as causas de mortalidade dos estágios imaturos do bicudo no interior dos botões florais em ambos os sistemas de irrigação.

5.6. O sistema de irrigação por gotejamento pode ser utilizado em áreas cultivadas com algodão no semiárido brasileiro para controlar o bicudo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. **Canal Rural**: Apesar de poucas vendas, baixa oferta sustenta valor do algodão. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias/algodao/>. Acesso em: 02 de abril de 2019.
- 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^a ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica. v. 2, 2008.
- ALVAREZ, G. A. Bases técnicas para el cultivo de algodón em Colômbia. Boletim Nacional Departamento del Experimentación 2, p. 5-63. 1990.
- BACHELER, J. S.; BRADLEY JUNIOR, J. R. Effect of temperature on development and mortality of boll weevil egg stage. **Environmental Entomology**, v.4, p. 319-320, 1975.
- BACHELER, J. S.; JONES, J. W.; BRADLEY JUNIOR, J. R. BOWEN, H. D. The effect of temperature on development and mortality of boll weevil immature stages. **Environmental Entomology**, v. 4, p. 808-810, 1975.
- BAFFES, J. **Markets for cotton by-products**: global trends and implications for African cotton producers. Disponível em: <http://econ.worldbank.org>. Acesso em: 02 de novembro de 2017.
- 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, 31p. (Circular Técnica, 79). 2005.
- BECKHAM, C. M. Time of day boll weevils emerge From fallen cotton squares. Georgia: Agricultural Experimental Station, 1963. 12p. (Mimeograph Serie NS, 174).
- BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E. **Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica., 2004. 265p.
- BESS, H.A. A Measure of the influence of natural mortality factors on insect survival. **Annal softhe Entomological Society of America**, v. 38, p.472-481, 1945.
- BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2012.
- BHATTI, G.H.; PATEL, H.M. Irrigation scheduling strategies for cotton crop in semi-arid climate using weap model. **Journal of Indian Water Resources Society**, v. 35, p. 7-15, 2015.

BHUIYAN, S. I.; and B. M. SHEPPARD. 1987. Modern rice technology and its relationships to disease vector propagation. Joint WHO/FAO/UNEP Panel of Experts on Environmental Management for Vector Control. Rome, 7-11 September 1987. PEEM/7/WP/87.3.

BRAGA SOBRINHO, R.; LUKEFAHR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843) nova ameaça a cotonicultura brasileira: biologia e controle**. Campina Grande, EMBRAPA, CNPA. p.32. (EMBRAP-CNPA, Documentos, 22), 1983.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Primeiro Boletim da Safra de Grãos – janeiro 2019**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 07 de janeiro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas: (1961-1990)**. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia. 84p. 1992.

BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J.; LARA, F. M. **O bicudo-do-algodoeiro e seu manejo**. Jaboticabal, Funep, 32 p. 1994.

CASTRO, C.N. Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política. In: DA MATA, D.; FREITAS, R.E.; RESENDE, G.M. (Orgs.). Avaliação de políticas públicas no Brasil: uma análise do semiárido. Brasília: Ipea, 2018. 56p.

CHANDLER, L. D.; ARCHER, T.L.; WARD, C. R.; LYLE, W. M. Influences of irrigation practices on spider mite densities on field corn. **Environmental Entomology**, v.8, p.196-201, 1979.

COOPEL, H. C.; MERTINS, J. W. Environmental manipulations and cultural practices. p. 182-197. In: THOMAS, G.W.; SABEY, L. B. R.; VAADIA, F. C.Y.; BET-DAGAN, L.D.; ITHACA, V.V. (Eds.). Biological insect suppression, Berlin: Springer-Verlag, 315p. 1977.

CROSS, W.H. Biology, control and eradication of the boll weevil. **Annual Review of Entomology**, v.18, p. 17-46, 1973.

CROSS, W.H.; CHESNUT, T.L. Arthropod parasites of the boll weevil, *Anthonomus grandis*: 1. An annotated list. **Annals of the Entomological Society of America**, v.64, p. 516-527, 1971.

CURRY, G.L.; CATE, J.R.; SHARPE, P.J.H. Cotton bud drying: contribution to boll weevil mortality. **Environmental Entomology**, v.11, p. 345-350, 1982.

DAGDELEN, N.; BASAL, H.; YILMAZ, E.; GÜRBÜZ, T.; AKÇAY, S. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. **Agricultural water management**, v.96, p. 11-120, 2009.

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

DAMOS, P.T.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Temperature-driven models for insect development and vital thermal requirements. *Psyche*, vol. 2012, p. 1-13, 2011. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/123405>

DEMICHELE, D.W.; CURRY, G.L.; SHARPE, P.J.H.; BARFIELD, C.S. Cotton bud drying: a theoretical model. **Environmental Entomology**, v.5, p. 1011-1116, 1976.

DUQUE, G. O. O nordeste e as lavouras xerófilas. Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, Ceara. 2004. 330p.

ESTEVES, B.S.; SILVA, D.G.; PAES, H.M.F.; SOUS, E.F. **Irrigação por gotejamento**. Manual Técnico, 32. Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura e Pecuária. Niterói-RJ, 2012. 18p.

FLINT, H. M.; S. E. NARANJO; J. E. LEGGETT; AND T. J. HENNEBERRY. Cotton water stress, arthropod dynamics and management of *Bemisiatabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 89, p. 1288–1300, 1996.

FYE, R. E.; BONHAM, C. D. Summer temperatures of the soil surface and their effect on survival of boll weevils in fallen cotton squares. **Journal of Economic Entomology**, v.63, p. 1599-1602, 1970.

FYE, R.E. Relationships of temperature to boll weevil complex populations in Arizona. Washington, D.C.: ARS Production Research Report USDA, 1972.

GIBBS, A. G. Evolution of water conservation mechanisms in *Drosophila*. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 1183–1192, 2003.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. João Pessoa: Universitária/UFPB, 344p. 1994.

GREENBERG, S. M.; SÉTAMOU, M.; SAPPINGTON, T.W.; LIU, T-X.; COLEMAN, R.J.; ARMSTRONG, J. S. Temperature-dependent development and reproduction of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Insect Science**, v. 12, p. 449-459, 2005.

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.

HARRISON, J. F.; WOODS, H. A.; ROBERTS, S. P. Ecological and environmental physiology of insects. Oxford University Press, New York. 2012.

HINDS, W. E. Proliferation as a factor in the natural control of the Mexican cotton boll weevil. USDA Bureau of Entomology, 1907. (USDA Bureau of Entomology.Bulletin, 74).

- HINDS, W. E. Some factors in the natural control of the Mexican cotton boll weevil. USDA Bureau of Entomology, 1906. (USDA Bureau of Entomology. Bulletin, 59).
- HUNTER, W. D.; HINDS, W. E. The Mexican cotton boll weevil. Washington, D. C.: USDA Bureau of Entomology, 1905. (USDA Bureau of Entomology. Bulletin, 51).
- HUNTER, W. D.; PIERCE, W. D. The Mexican boll weevil; a summary of the investigations of this insect up to Dec., 31, 1911. Washington, D. C.: USDA Bureau of Entomology, 1912. (USDA Bureau of Entomology, 1912. (USDA Bureau of Entomology. Bulletin, 114).
- ISELY, D. Abundance of the cotton boll weevil in relation to summer weather and food. Arkansas: Agricultural Experimentation Station, 1932. (Agricultural Experimentation Station, Bulletin, 271).
- JONES, D.; STERLING, W. L. Manipulation of red imported fire ants in a trap crop for boll weevil suppression. **Environmental Entomology**, v.8, p. 1073-1077, 1979.
- 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.
- LAWS, B. **50 plantas que mudaram o rumo da história**. Rio de Janeiro: Sextante, 2013. 224 p.
- LEIGH, T.F.; ROACH, S.H.; WATSON, T.F. Biology and ecology of important insect and mite pests of cotton. In: KING, E.G.; PHILLIPS, J.R.; COLEMAN, R.J. (Ed.). **Cotton insects and mites: characterization and management**. Memphis: The Cotton Foundation, 1996. p.16- 86. (The Cotton Foundation. Reference Book Series, 3).
- LEMOS, W. P.; RAMALHO, F. S.; ZANUNCIO, J. C. Age-dependent fecundity and life-fertility tables of *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) a cotton boll weevil predator in laboratory studies with an artificial diet. **Environmental Entomology**, v.32, p. 592-602, 2003.
- LLOYD, E. P.; MCMEANS, J.J.; MERKL, M. E. Preferred feeding and egg laying sites of the boll weevil and the effect of weevil damage on cotton plant. **Journal of Economic Entomology**, v.54, p.979-987, 1986.
- LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A.C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 14, p. 151-179, 2006.
- MACWILLIAMS, D., 2004. Drought Strategies for Cotton. Cooperative Extension Service Circular 582 College of Agriculture and Home Economics. Available: <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/irculars>.
- MANESSI, O. G. *Anthonomus grandis* Boh. **El picudo mexicano del algodonoero: La super plaga**. Argentina: Imprenta Macagno S.R.L., 1997.

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed. atual. Viçosa, MG: Ed. UFV, 355p. 2009.
- MARENCO, R. M. L.; ÁLVAREZ, L. A.; WHITCOMB, W. H. El picudo mejicano del algodonoero, *Anthonomus grandis* Boh.: El desafio para laproduccion algodonera enel Paraguay. Publicacion Micelanea n° 18. MAG do Paraguai, 1987.
- MARRON, M.T.; MARKOW, T.A.; KAIN, K.J.; GIBBS, A.G. Effects of starvation and desiccation on energy metabolism in desert and mesic *Drosophila*. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, p. 261–270, 2003. [http://doi.org/10.1016/S0022-1910\(02\)00287-1](http://doi.org/10.1016/S0022-1910(02)00287-1).
- 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.
- MEDEIROS, M. A.; SUJII, E. R.; MORAIS, H.C. Fatores de mortalidade na fase de ovo de *Tuta absoluta* em sistemas de produção orgânica e convencional de tomate. **Bragantia**, v. 70, p. 72-80, 2011.
- MEINKE, L. J.; SLOSSER, J. E. Fall mortality of the boll weevil in fallen cotton squares, with emphasis on parasite-induced mortality. **Environmental Entomology**, v.11, p. 318-323, 1982.
- MERT, M. Irrigation of cotton cultivars improves seed cotton yield, yield components and fibre properties in the Hatay region, Turkey. **Acta Agricultura e Scandinavica**. v. 55, p. 44–50, 2005.
- MORALES-RAMOS, J. A.; CATE, J. R. Rate of increase and adult longevity of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in the laboratory at four temperatures. **Environmental Entomology**, v. 21, p. 620-627, 1992.
- PARROTT, W. L.; JENKINS, J. N.; BUFORD, W. T. Instars and duration of stadia of boll weevil larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, v.63, p.1265-1267, 1970.
- PEREIRA. L. S.; PAREDES, P.; CHOLPANKULOV, E. D. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 723-735, 2009.
- PIERCE, W. D. Some factors influencing the development of the boll weevil. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v.13, p. 111-117, 1911.
- PIERCE, W. D.; CUSHMAN, R. A.; HOOD., C. E.; HUNTER, W. D. The insect enemies of the cotton boll weevil. Washington, D. C. USDA Bureau of Entomology, 1912. (USDA Bureau of Entomology. Bulletin, 100).
- 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, p. 149-160, 2017. <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000300002>.

- PYENSON, L. Notes on the biology of the cotton borer in Pernambuco. **Journal of Economic Entomology**, v.31, p.553-557, 1938.
- RAMALHO, F. S. Cotton pest management. Part 4. A Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 563-578, 1994.
- RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V.; SILVA, J. R. B. Método para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p.877-887, 1993.
- RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M. Distribution of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) Within cotton plants. **Tropical Agriculture**, v.65, p. 245-248, 1989.
- RAMALHO, F. S.; MEDEIROS, R. S.; LEMOS, W. P.; WANDERLEY, P. A.; DIAS, J. M.; ZANUNCIO, J. C. Evaluation of *Catolaccus grandis*(Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), as a biological control agent against cotton boll weevil. **Journal of Applied Entomology**, v.124, p. 359-364, 2000.
- RAMALHO, F. S.; SILVA J. R. B. Período de emergência e mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p.1221-1231, 1993.
- RAMALHO, F. S.; SILVA, A. M. C., ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Competition between *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of the boll weevil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 371-378, 2007.
- 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.
- RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A.; MALAQUIAS, J. B.; RODRIGUES, K. C. V.; SOUZA, J. V. S.; ZANUNCIO, J. C. Temperature-dependent development rates of *Bracon vulgaris*, a parasitoid of boll weevil. **Phytoparasitica**, v.37, p.17-25, 2009.
- RETAMIRO, W.; SILVA, J. L. G.; VIEIRA, E. T. A sustentabilidade na cadeia produtiva do algodão orgânico. **Latin American Journal of Business Management**, v. 4, p. 25-43, 2013.
- RITCHIE, G. L.; BEDNARZ, C. W.; JOST, P. H.; BROWN, S. M. Cotton growth and development. Cooperative Extension Service and The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Bulletin, 1252. 2004.
- RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no Desenvolvimento dos insetos. Info Insetos, v. 1, n. 4, p. 1-4. 2004. Disponível em: www.entomologistasbrasil.cjb.net. Acesso em 05/02/2020.
- RUMMEL, D. R.; JORDAN, L. B.; WHITE, J. R.; WADE, L. J. Seasonal variation in the height of boll weevil flight. **Environmental Entomology**, v.6, p.674-678, 1977.

RUNIA, W. T.; MOLENDIJK, L. P. G.; VAN DEN BERG, W.; STEVENS, L. H.; SCHILDER, M. T.; POSTMA, J. Inundation as tool for management of *Globodera pallida* and *Verticillium dahliae*. **Acta Horticulturae**, v. 1044, p. 195–201, 2014. DOI: 10.17660/ActaHortic. 1044. 22. 2014.

SANDERSON, E. D. Hibernation and development of the cotton boll weevil. Washington, D. C.: USDA Bureau of Entomology, 1907. (USDA Bureau of Entomology. Bulletin, 63).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema de classificação de solos. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, W. J. Monitoramento e controle das pragas do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, p. 134-179. 1999.

SCHOOFIELD, R. M. A PDE formulation and numerical solution for a boll weevil cotton crop model with soil water and light penetration. Texas: Texas A&M University, 1983. 120p. Tese PhD.

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

SHOWLER, A. T.; CANTÚ, R. V. Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. **Southwestern Entomologist**, v. 30, p. 161-164, 2005.

SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Pest Science**, v.86, p. 563-569, 2013.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; FUZZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. **Seja o doutor do seu algodoeiro**. Piracicaba, Potafós, 26p. 1995.

SILVEIRA-NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. & VILLA NOVA, N. 1976. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, Agronômica Ceres. 419p.

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

SMITH, C.W. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Chapter 6. In: SMITH, C.W. (Ed.). **Crop production: evolution, history, and technology**. New York: John Wiley and Sons, 1995. p. 287-349.

SMITH, G. L. Percentages and causes of mortality of boll weevil satages within the squares. **Journal of Economic Entomology**, v.29, p. 99-105, 1936.

SOARES, J. J.; LARA, F. M. Predação de *Anthonomus grandis* Boh. Por *Brachy gastrale cheguana* (Ltreille) (Hymenoptera: Vespidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.23, p. 135-136, 1994.

SOUTHWOOD, T. R. I. Ecological methods with particular reference to the study of insect population. London, Chapman e Hall, 391p. 1966.

STERLING, W. L. Fortuitous biological suppression of the boll weevil by red imported fire ant. **Environmental Entomology**, v.7, p. 564-568, 1978.

STERLING, W. L.; ADKISSON, P. L. Seasonal biology of the boll weevil in the High and Rolling plains of Texas as compared with previous biological studying of this insect. Texas: Texas Agricultural Experiment Station, 1971 (Texas Agricultural Experiment Station, Miscellaneous Publication. MP-993).

STERLING, W. L.; DEAN, A.; HARTSTACK, A.; WITZ, J. Partioning boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) mortality associated with high temperature, desiccation or thermal death. **Environmental Entomology**, v.19, p. 1457-1462, 1990.

STRACHAN, S. R.; CHESTER, E. T.; ROBSON, B. J. Freshwater invertebrate life history strategies for surviving desiccation. *Springer Science Review*, v. 3, p. 57-75, 2015. <http://doi.org/10.1007/s40362-015-0031-9>.

STURM, M. M.; STERLING W. L. Boll weevil mortality factors within flowers buds of cotton. *Bulletin of the Entomological Society of America*, v.32, p. 239-247, 1986.

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.

VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R. Populations models for the winten moth. In: SOUTHWOOD, T. R. E. *Insect abundance*. Scotland: Blackwell Scientific Publications, 1968. P. 50-60.

YAZAR, A.; SEZEN, S.M.; SESVEREN, S. LEPA and trickle irrigation of cotton in the southeast Anatolia project (GAP) area in Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 54, p. 189–203, 2002.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; PEREIRA, J. R.; SOFATTI, V. Manejo da irrigação do algodoeiro. Circular Técnica, 139. Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. 2016.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFATTI, V.; BRANDÃO, Z. N. Yield of cotton cultivar sunder different irrigation depths in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p. 748-754, 2015