

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**FATORES ABIÓTICOS E INFESTAÇÃO DE *Anthonomus grandis grandis*
BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM DUAS DATAS DE
PLANTIO DE ALGODÃO NO DISTRITO FEDERAL**

IGOR DE SOUSA ALMEIDA

**BRASÍLIA, DF
SETEMBRO - 2022**

IGOR DE SOUSA ALMEIDA

**FATORES ABIÓTICOS E INFESTAÇÃO DE *Anthonomus grandis grandis*
BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM DUAS DATAS DE
PLANTIO DE ALGODÃO NO DISTRITO FEDERAL**

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

Orientador(a): PROF^a. DR^a. CRISTINA SCHETINO
BASTOS

**BRASÍLIA, DF
SETEMBRO - 2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

A447f Almeida, Igor de Sousa
Fatores abióticos e infestação de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (coleoptera: curculionidae) em duas datas de plantio de algodão no Distrito Federal / Igor de Sousa Almeida; orientador Cristina Schetino Bastos. -- Brasília, 2022.
27 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2022.

1. *Gossypium hirsutum*. 2. fatores de mortalidade. 3. clima. I. Bastos, Cristina Schetino, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, I. de S. **Fatores abióticos e infestação de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) em duas datas de plantio de algodão no Distrito Federal.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2022, 27p. Monografia de Graduação.

Cessão de direitos

Nome do Autor: Igor de Sousa Almeida

Título: Fatores abióticos e infestação de *Anthonomus grandis grandis* BOH. (Coleoptera: Curculionidae) em duas datas de plantio de algodão no Distrito Federal.

Ano: 2022

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

IGOR DE SOUSA ALMEIDA

Fatores abióticos e infestação de *Anthonomus grandis grandis* Boh.

(Coleoptera: Curculionidae) em duas datas de plantio de algodão no

Distrito Federal.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO POR:

CRISTINA SCHETINO BASTOS, DSc. Fitotecnia – Entomologia/ Universidade de Brasília/ ORIENTADORA/ E-mail: cschetino@unb.br

ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, PhD. Produção Vegetal/ Universidade de Brasília/ AVALIADORA INTERNA/ E-mail: anamaria@unb.br

JORGE BRAZ TORRES, PhD., Entomologia/Universidade Federal Rural do Pernambuco/ AVALIADOR EXTERNO/ E-mail: jorge.torres@ufrpe.br

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me conceder esta conquista e pelo propósito que a mim foi concedido.

Em seguida eu agradeço ao meu pai Odon Cardoso de Almeida, que foi a minha inspiração e sempre batalhou para que eu pudesse estudar e conseguisse o meu diploma. Agradeço também à minha mãe Rose Meire Silva de Sousa, por me incentivar e sempre acreditar que eu pudesse vencer este desafio.

À minha professora e orientadora, Cristina Schetino Bastos quem me deu a primeira oportunidade lá em 2016 e sempre acreditou na minha capacidade.

À minha companheira Renata Suzan de Almeida Aguiar que me ajudou bastante nos momentos mais difíceis da graduação e pela compreensão durante todo esse tempo.

À Letícia Alves Mariano que juntamente aos seus pais Neiton e Silvânia me ajudaram bastante no início da graduação me fazendo sentir que estava em casa com a minha família.

Aos amigos que fiz no Laboratório de Proteção de plantas-LPP desde quando entrei em 2016 até 2022, por deixar as atividades mais animadas e sempre tornar o ambiente mais descontraído.

Além do Laboratório tem os que fizeram parte de momentos memoráveis dentro e fora da faculdade e que de alguma forma contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

O algodoeiro é infestado por diversas pragas incluindo *Anthonomus grandis grandis*, que é praga-chave por se alimentar e se reproduzir sobre as estruturas reprodutivas da planta resultando em perdas diretas de produtividade. O controle do bicudo-do-algodoeiro é realizado primordialmente com pulverizações inseticidas, algo que não evita o acúmulo de perdas decorrente das perdas das partes reprodutivas da planta. Esse trabalho avaliou o efeito de fatores do clima (temperatura, umidade relativa e precipitação) sobre a ocorrência e ataque do bicudo-do-algodoeiro em duas épocas de cultivo (primeira e segunda safras ou estação das águas e seca). Em cada área, durante as avaliações foram amostradas 50 plantas ao acaso localizadas em cinco linhas centrais das parcelas. O número de estruturas reprodutivas infestadas (botões florais, flores e maçãs contendo sinais de oviposição, alimentação ou ambos, capulhos com lóculos danificados e carimãs) e sem infestação ou normais, além da densidade de adultos do bicudo encontrados sobre as plantas foram anotados. Adicionalmente, em cada data de amostragem foram coletadas as estruturas reprodutivas caídas no solo das entrelinhas cujas plantas foram amostradas, sendo contabilizados o número de estruturas infestadas e não infestadas, assim como a emergência de adultos. Durante a experimentação, as variáveis climáticas precipitação, umidade relativa e temperatura foram registradas por uma estação climatológica no local. Os dados foram analisados por variáveis canônicas e agrupados de acordo com o método do vizinho mais próximo, submetidos à ANOVA seguida de teste de comparação múltipla e análise de correlação de *Pearson* entre as variáveis do inseto e as variáveis climáticas. A análise por variáveis canônicas aplicada apenas às variáveis estruturas danificadas e aos adultos do bicudo amostrados nas plantas e nas estruturas reprodutivas coletadas no solo possibilitou a formação de três grupos no espaço bidimensional formado pelos eixos canônicos 1 e 2, sendo um composto pelas variáveis avaliadas na parte aérea das plantas cultivadas nas estação chuvosa e seca, outro pelas variáveis provenientes do solo na estação seca e um terceiro formado pelas variáveis provenientes do solo na estação chuvosa. A média de adultos do bicudo-do-algodoeiro emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo na estação chuvosa foi $\approx 2,3X$ maior que os emergidos das estruturas coletadas da estação seca. Correlações significativas e positivas foram detectadas entre o número de adultos do bicudo emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo das duas épocas de cultivo e a precipitação total e a temperatura média. Esses resultados podem explicar a dificuldade de supressão populacional do bicudo-do-algodoeiro na primeira época de plantio, que coincide com a época predominante de cultivo do algodoeiro.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, fatores de mortalidade, clima.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO	2
3.	REVISÃO DE LITERATURA:	2
3.1	O algodão.....	2
3.2	O bicudo-do-algodoeiro.....	4
3.3	Fatores abióticos e a ocorrência do bicudo-do-algodoeiro	5
4.	MATERIAL E MÉTODOS	8
5.	RESULTADOS	10
6.	DISCUSSÃO	17
7.	CONCLUSÕES	20
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

A principal espécie de algodoeiro cultivada no mundo, *Gossypium hirsutum* L. Malvaceae, cujo cultivo está distribuído em áreas tropicais ou subtropicais (IKISAN, 2022), é também a principal fornecedora de fibra natural para os produtos têxteis, respondendo por um terço do total de fibras manufaturadas mundialmente (VOORA et al., 2020). Dentre os maiores produtores mundiais, o Brasil ocupa a quarta posição, sendo ainda o segundo país em volume de fibra exportada (STATISTA, 2022). Apesar da grande relevância no cenário mundial, o Brasil ocupa a quinta posição em relação às produtividades obtidas (INDEX MUNDI, 2022).

Dentre os fatores que contribuem para aumentar as perdas de produção tem-se o ataque de pragas e, no caso do algodoeiro, o inseto conhecido vulgarmente como bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis grandis* Boh. Coleoptera: Curculionidae) é praga-chave da cultura (BASTOS et al., 2005). Trata-se de um besouro que, apesar de ser capaz de alimentar de outras espécies (PIRES et al., 2017), no período em que o algodão não está disponível a campo, o inseto entra em dormência reprodutiva (PIMENTA et al., 2016). Tão logo a cultura esteja disponível, o inseto migra das áreas de refúgio e começa a atacar as estruturas reprodutivas da planta causando perda total, mediante a queda da estrutura atacada, ou perda parcial quando a estrutura atacada permanece retida na planta e o ataque deprecia a qualidade da fibra (SILVA et al., 2017). Toda a fase imatura da praga se desenvolve no interior das estruturas reprodutivas atacadas o que limita seu controle com os inseticidas disponíveis para esse propósito (BARROS et al., 2019). Desta forma, medidas alternativas que reduzam a necessidade de intervenção via controle químico ou que tornem as medidas empregadas mais efetivas devem ser buscadas.

No Cerrado brasileiro mais especificamente no Distrito Federal, o algodoeiro pode ser cultivado em duas épocas bem contrastantes no que tange as características ambientais (BRASIL, 2022a), sendo essas épocas denominadas primeira e segunda épocas de plantio e correspondentes ao período chuvoso e àquele na qual a precipitação pluviométrica é menor. Essas diferentes épocas de cultivo podem impactar as pragas de maneira distinta.

Nesse aspecto, as populações de insetos são influenciadas pelos fatores climáticos, incluindo a temperatura, a chuva ou precipitação e a umidade relativa, que podem influenciar as espécies de maneira direta (fatores fisiológicos e comportamentais) ou indireta (afetando o hospedeiro ou os agentes bióticos de controle) (KINGSOLVER, 1989; KHALIQ et al., 2014; PATEL & SHEKH, 2006; GONÇALVES, 2021).

Informações acerca de como os fatores climáticos influenciam a abundância e a distribuição de insetos-praga são fundamentais para o desenvolvimento de programas efetivos de manejo de pragas, especialmente no planejamento de medidas preventivas de manejo que visam evitar a ocorrência dos surtos populacionais com consequente redução da necessidade de intervenção (PATEL & SHEKH, 2006). Além disso, os fatores climáticos podem interferir na efetividade do controle químico, dado que podem afetar a degradação, a sorção, a lixiviação, a deriva, a volatilização (TUDI et al., 2021), e a persistência (ARMBRUST & WILSON, 1970) dos pesticidas, dentre outras características.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito dos fatores do clima (temperatura, umidade relativa e precipitação) sobre a ocorrência e ataque do bicudo-do-algodoeiro em duas épocas de cultivo (primeira e segunda safra correspondentes à estação das chuvas e seca).

3. REVISÃO DE LITERATURA:

3.1 O algodão

O algodoeiro é uma planta pertencente ao Gênero *Gossypium* que faz parte da família Malvaceae e compreende quatro espécies que foram domesticadas de maneira independente no Novo e no Velho Mundo: *G. arboreum*, *G. barbadense*, *G. herbaceum* e *G. hirsutum* (BRUBAKER et al., 1999). Sua história foi iniciada mediante a evolução do gênero 10-20 milhões de anos atrás e, durante o milênio subsequente, essa entidade original irradiou para vários centros geográficos de diversidade incluindo a África, a Arábia, a Austrália e a Mesoamérica (BRUBAKER et al., 1999). As duas espécies do velho mundo, isto é, *G. arboreum* e *G. herbaceum* surgiram a partir do *pool* gênico Africano-Árabe e as espécies *G. barbadense* e *G. hirsutum* evoluíram no Novo Mundo (BRUBAKER et al., 1999). A espécie que responde por cerca de 90% do cultivo e comércio mundial, isto é, *G. hirsutum* ou *Upland cotton*, apresenta uma grande variedade morfológica distribuída entre plantas selvagens e domesticadas, é anual e derivada de ancestrais subtropicais e perenes (WENDEL et al., 1992).

Da planta de algodão são colhidas a fibra e as sementes de onde se obtém o óleo (usado na alimentação humana e como ingrediente de cosméticos, fármacos e outros produtos) e subprodutos usados na alimentação animal (VOORA et al., 2020). A cultura representa a principal fonte de renda para mais de um bilhão de pessoas das quais 250 milhões trabalham no processamento industrial do algodão e mais 100 milhões de produtores cultivam a planta (VOORA et al., 2020).

O algodão é uma planta de clima tropical ou subtropical, desenvolvendo-se bem em climas úmidos e quentes, com temperaturas entre 21 a 37°C e precipitação entre 850-1.100 mm (IKISAN, 2022). As temperaturas ideais para o florescimento e formação de capulhos entre 18 e 30°C, sendo que o ideal está entre 25 e 30°C e, nesta fase, a planta utiliza de 50% a 60% da água recebida durante o seu ciclo (LAZZAROTTO et al. 1998). No Cerrado brasileiro, onde se encontra o Distrito Federal, o algodoeiro pode ser cultivado tanto no cultivo de primeira safra ou safra, com o plantio se estendendo de novembro até o final de dezembro, enquanto o cultivo de segunda safra, que normalmente é realizado após a colheita da soja ou do feijão, o plantio se estende até o final de janeiro (EMBRAPA, 2022). Em algumas situações regionais, a semeadura pode se prolongar até meados de fevereiro. Contudo, o risco de redução da produtividade é grande, tendo em vista que existe uma alta probabilidade de interrupção das chuvas no período de formação de maçãs (EMBRAPA, 2022).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) fornece dados para o zoneamento de risco climático estabelecendo faixas de risco para o cultivo de algodão herbáceo em cada município (BRASIL, 2022b). Para o Distrito Federal é recomendado o plantio de cultivares do Grupo II (mais precoces) e Grupo III (de ciclo médio a tardio) que têm risco de cultivo variável entre 20 a 40% dependendo do tipo de solo em que são cultivadas e da época de plantio (BRASIL, 2022b). Nesse sentido, cultivares do Grupo II devem ser plantadas entre 1/10 a 31/01, 1/10 a 10/2 e 1/10 a 20/2 e as do Grupo III entre 1/10 a 10/01, 1/10 a 31/01 e 1/10 a 10/2 para solos arenosos, de textura média ou argilosos, respectivamente (BRASIL, 2022a).

Na conjuntura internacional, o Brasil é hoje o quarto maior produtor mundial de algodão, ficando atrás dos Estados Unidos, Índia e China e tendo alcançado uma produção em pluma de 2,7 milhões de toneladas na safra 2021/22 (STATISTA, 2021). No Brasil, a região Centro-Oeste é a maior produtora, sendo o maior produtor brasileiro o estado do Mato Grosso, apesar das maiores produtividades serem provenientes do Piauí, Bahia, Mato Grosso do Sul, Maranhão e Goiás (BRASIL, 2022c).

3.2 O bicudo-do-algodoeiro

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae), é considerado uma das pragas chaves mais prejudiciais ao algodoeiro, onde causa prejuízos em decorrência do ataque às estruturas reprodutivas (BASTOS et al., 2005). Os adultos do inseto iniciam a colonização de novas áreas a partir dos ambientes usados como refúgio ou de cultivos subjacentes por meio de migração (ARRUDA et al., 2020). A partir da colonização inicial, os adultos atacam as estruturas reprodutivas das plantas de algodão (botão floral, flores e maçãs), que utilizam tanto para alimentação quanto para oviposição (SHOWLER, 2008). As fases de ovo, larva e pupa ocorrem no interior das estruturas reprodutivas infestadas, que em alguns casos podem cair após o ataque, sendo totalmente perdidas (SILVA et al., 2017).

O bicudo-do-algodoeiro é um inseto de metamorfose completa, sendo a diferenciação entre machos e fêmeas feita por meio do formato do rostró que nas fêmeas é mais longo e apresenta uma carena dorsal bem desenvolvida (SAPPINGTON & SPURGEON, 2000). Além dessa característica, a distinção entre machos e fêmeas pode ser feita através da verificação da presença de um nó no último tergito dos machos que está ausente nas fêmeas (SAPPINGTON & SPURGEON, 2000). Os ovos possuem formato elíptico, coloração branca brilhante e medem cerca de 0,8 mm de comprimento por 0,5 mm de largura. As larvas apresentam entre 5 e 7 mm de comprimento, são brancas e em formato de C, ápodas e possuem cabeça marrom-clara (JEGER et al., 2017).

Os indivíduos na fase adulta medem em torno de 3,8 mm a 8,0 mm de comprimento (JEGER et al., 2017) podendo apresentar uma coloração que vai do marrom-avermelhado ao cinza-escuro, sendo que essa coloração varia conforme a idade e alimentação do inseto (BASTOS et al., 2005). Os insetos possuem cabeça típica de Curculionidae, com um rostró prolongado, que tem metade do comprimento do corpo (BASTOS et al., 2005). As antenas são genículo-clavadas e estão inseridas na metade do rostró, ao passo que suas peças bucais encontram-se no extremo distal deste (BASTOS et al., 2005). Uma das características para identificação da espécie é a presença de um par de espinhos em cada fêmur do primeiro par de pernas dos adultos (BASTOS et al., 2005; TORRES et al., 2009).

O ciclo biológico completo pode variar entre 11 a 67 dias, com até sete gerações por safra, dependendo da temperatura ambiental e dos cultivos disponíveis para infestação (BROGLIO-MICHELETTI, 1991; JEGER et al., 2017). O período de incubação dos ovos

varia de 3 a 5 dias, enquanto o estágio larval tem duração de 7 a 12 dias, a fase de pupa varia de 3 a 5 dias e os adultos vivem aproximadamente de 20 a 40 dias (JEGER et al., 2017; BROGLIO-MICHELETTI, 1991).

Os adultos se alimentam preferencialmente dos botões florais, mas em casos de altas densidades populacionais e ausência destes, as maçãs também são atacadas (BARBOSA et al., 1986; BUSOLI et al., 2004). As fêmeas do bicudo-do-algodoeiro depositam seus ovos em orifícios abertos, principalmente nos botões florais, flores e maçãs jovens, sendo que esses orifícios são recobertos com uma substância gelatinosa translúcida após a oviposição (JEGER et al., 2017). Os botões florais, flores e maçãs jovens contendo oviposição são abortados pela planta 5 a 7 dias após o ataque e a larva e a pupa completam seu desenvolvimento no interior da estrutura atacada e caída no solo (SHOWLER & CANTÚ, 2005).

Tendo em vista o hábito críptico da praga, sua exposição ao controle químico, principal método empregado para o seu manejo, é restrita, tornando o adulto o principal alvo das aplicações e dificultando seu controle (PAPA & CELOTO, 2015). Para driblar essas dificuldades e evitar o dano econômico é necessário realizar o monitoramento constante da praga e das estruturas infestadas (DEGRANDE, 1991). Para o controle são usadas entre 18 a 23 aplicações por ciclo de cultivo, podendo mesmo assim ocorrer perdas (MIRANDA & RODRIGUES, 2016). No Brasil, são estimados gastos de aproximadamente U\$ 389,89/ha com o controle do bicudo-do-algodoeiro (PAPA & CELOTO, 2015). Estima-se que 50% dos gastos com inseticidas sejam destinados ao controle dos adultos de *A. grandis grandis* (PAPA & CELOTO, 2015).

Atualmente o MAPA tem registrado 136 produtos fitossanitários para o controle do bicudo-do-algodoeiro (BRASIL, 2022d). Embora a quantidade de produtos seja elevada o controle não é efetivo pois a maioria desses produtos registrados são pertencentes ao mesmo grupo químico ou possuem o mesmo modo de ação, dificultando o manejo da resistência (CROSARIOL NETTO et al., 2017). Por isso é importante adotar outras formas de controle que venham a agregar ao manejo integrado de *A. grandis grandis*.

3.3 Fatores abióticos e a ocorrência do bicudo-do-algodoeiro

As populações de insetos são influenciadas pelos fatores climáticos, incluindo a temperatura, a chuva ou precipitação e a umidade relativa, que podem influenciar as

espécies de maneira direta (fatores fisiológicos e comportamentais) ou indireta (afetando o hospedeiro ou agentes bióticos de controle) (KINGSOLVER, 1989; KHALIQ et al., 2014; PATEL & SHEKH, 2006; GONÇALVES, 2021). Informações acerca de como os fatores climáticos influenciam a abundância e a distribuição de insetos-praga são fundamentais para o desenvolvimento de programas efetivos de manejo de pragas, especialmente no planejamento de medidas preventivas de manejo que visam evitar a ocorrência dos surtos populacionais com consequente redução da necessidade de intervenção (PATEL & SHEKH, 2006). Desta forma, os fatores climáticos podem inibir ou favorecer o desenvolvimento das espécies contribuindo para o seu controle ou disseminação (GONÇALVES, 2021), algo que pode e deve ser usado no contexto do manejo de pragas.

A temperatura ambiental regula a temperatura interna do inseto, tendo em vista que são animais pecilotérmicos, interferindo em sua taxa metabólica e, em consequência, alterando características do seu ciclo de vida (duração das fases de ovo, larva e pupa), assim como o seu comportamento. Todos os organismos vivos têm uma faixa favorável de temperatura na qual vivem e se multiplicam (KINGSOLVER, 1989; PATEL & SHEKH, 2006), sendo que a faixa ideal de temperatura para a maioria dos insetos se situa entre 15 e 38°C (GONÇALVES, 2021). Assim, temperaturas extremas – muito baixas ou muito altas – podem levar os insetos à morte (KHALIQ et al., 2014; GONÇALVES, 2021), determinar sua migração ou dispersão (PATEL & SHEKH, 2006) ou desencadear alterações fisiológicas ou morfológicas que reduzem sua atividade (SPURGEON & SUH, 2017). Além disso extremos de temperatura podem alterar o desenvolvimento do hospedeiro (KINGSOLVER, 1989; LUO, 2011; FAROOQ et al., 2015) e de agentes bióticos de controle (KINGSOLVER, 1989; MORALES-RAMOS & CATE, 1993; RAMALHO et al., 2009) apresentando desdobramentos sobre a dinâmica populacional da espécie em questão.

A quantidade de água contida no corpo de um inseto varia entre 70 a 90% dependendo do alimento que consomem e do ambiente em que vivem (GONÇALVES, 2021). A umidade relativa ambiental está diretamente relacionada à exposição do inseto ou à sua proteção, podendo afetar sua fisiologia, longevidade, desenvolvimento e fecundidade, assim como seu sistema imunológico (KHALIQ et al., 2014; GONÇALVES, 2021). A maioria dos insetos emigra ou dispersa de ambientes extremamente úmidos ou secos, para aqueles onde a faixa ideal de umidade, que permite crescimento normal e reprodução, pode ser encontrada (PATEL & SHEKH, 2006). A

faixa ideal de umidade para a maioria dos insetos está entre 40 a 80% (GONÇALVES, 2021). Além disso, esse fator pode influenciar o crescimento e desenvolvimento da planta hospedeira (SAWAN, 2017), influenciando indiretamente o desenvolvimento dos demais níveis tróficos associados a ele.

A chuva ou precipitação interfere diretamente com as populações de insetos determinando sua sazonalidade (GONÇALVES, 2021) assim como interfere na disponibilidade do recurso alimentar (PANDYA et al., 2020). A chuva pode ainda influenciar na sobrevivência dos insetos, especialmente daqueles que passam parte do seu ciclo de vida no solo ou em estruturas que estejam sobre o solo (PATEL & SHEKH, 2006). Alguns sistemas de predição da ocorrência de pragas e doenças do algodoeiro com base nos elementos climáticos observaram que temperatura, umidade relativa e chuva moderadas favoreciam e determinavam a ocorrência desses organismos e que essa informação foi crucial para prever a ocorrência de surtos populacionais e de infecção (XIAO et al., 2019).

No caso específico do bicudo-do-algodoeiro, grande proporção da mortalidade causada por fatores abióticos é atribuída à associação entre o calor devido às temperaturas elevadas (entre 30° e 40° C) e à baixa precipitação (menos que 40 mm) que contribuem para a dessecação de estruturas reprodutivas caídas no solo (MEINKE & SLOSSER, 1982). Apesar de ter sido provado que a praga é capaz de completar o seu desenvolvimento em estruturas reprodutivas dessecadas, em muitas ocasiões a emergência da praga dessas estruturas é comprometida, permanecendo aprisionada nessas estruturas reprodutivas dessecadas (SUMMY et al., 1993). Essa característica foi confirmada em experimentos em que se testou o efeito da irrigação por gotejamento e aspersão do algodoeiro sobre a mortalidade do bicudo e verificou-se que o sistema de irrigação por gotejamento aumentou a mortalidade da praga desenvolvendo-se nas estruturas reprodutivas caídas no solo que, nesta condição, era mais seco e quente (FAUSTINO et al., 2021). Além disso, estudos anteriores observaram que a longevidade de adultos do bicudo após a emergência das estruturas reprodutivas aumentou quando os níveis de umidade das maçãs e ambiental ficaram acima de 0,5 e 0,044 g de água/grama de maçã e recipiente teste, respectivamente. Vale destacar que a sobrevivência do inseto não aumentou significativamente após o nível de umidade ter atingido determinado limiar (LEGGET & FYE, 1969), o que significa que o excesso também pode ser prejudicial ao inseto.

A temperatura pode ainda interferir na condição fisiológica do bicudo, determinando a paralisação total ou parcial das suas atividades em função da indução de diapausa, especialmente em regiões de clima temperado, onde existe um período em que os limiares de temperatura podem chegar abaixo de 0° C (PFRIMMER & MERKL, 1981; SPURGEON & SUH, 2017). No que pese esse fato, há autores que questionam a existência de diapausa no bicudo, atribuindo a suposta condição à redução na atividade locomotora e metabólica e procura por abrigo adequado em tal situação, algo que justificaria apenas a dormência ou quiescência da espécie durante as estações frias (SHOWLER, 2010). Além disso, muitas das evidências para a existência do fenômeno da diapausa em *A. grandis grandis* são baseadas exclusivamente em características morfológicas do inseto (WAGNER & VILLAVASO, 1999).

Avaliações anteriores que consideraram o efeito de variáveis do clima sobre espécies-praga do algodoeiro, observaram que a temperatura, assim como a umidade relativa apresentaram correlações positivas e significativas com a ocorrência de cigarrinhas, moscas-brancas e percevejos e que a precipitação apresentou correlação negativa e significativa com percevejos e lagartas pragas do algodoeiro (HALDER & NIHAL, 2021). Semelhantemente, enquanto a temperatura e a precipitação exibiram correlação positiva e significativa com a população de cigarrinhas, a umidade relativa não apresentou correlação positiva com a população da praga ou de tripes e mosca branca (ARIF et al., 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, localizada no Núcleo Rural da Vargem Bonita, Brasília, DF. Os ensaios foram conduzidos em duas épocas: das chuvas (primeira época) em que a semeadura ocorreu em 12/12/2019 e seca (segunda época) em que a semeadura ocorreu em 16/01/2020. As áreas cultivadas na estação das chuvas (primeira época) e seca (segunda época) apresentavam, respectivamente, as seguintes dimensões 1.344 m² e 1.500 m². No plantio, as áreas foram fertilizadas com 2,7 e 3 toneladas de esterco bovino + ovino e 101 e 112,5 kg de yoorin, durante a estação das chuvas e seca, respectivamente. A adubação de cobertura, realizada 30 e 60 dias após o plantio durante a estação das chuvas e seca, respectivamente, foi feita com a mesma proporção de esterco bovino + ovino usada no plantio. Em ambas as épocas

de plantio, adotou-se espaçamento entre plantas de 0,9 m, densidade linear de 8 plantas m⁻¹ e utilizou-se a cultivar BRS 293 (Embrapa) de fibra branca.

As avaliações foram realizadas aos 118, 136, 149 e 157 DAP (entre os meses de abril a maio) e aos 91, 98, 104, 119, 126, 154, 167, 182, 196, 210 e 224 DAP (entre os meses de abril a agosto) na época das chuvas e da seca, respectivamente, correspondentes ao primeiro e segundo cultivo. Essas datas foram definidas em função da disponibilidade das pessoas que avaliavam as áreas no momento em que existia uma crise sanitária no Brasil, da pandemia de Covid. Entretanto, a prevalência do clima deu-se não apenas em relação à ação direta sobre o inseto, como também de maneira indireta, alterando o desenvolvimento da planta. Em cada avaliação, foram contabilizados o número de estruturas reprodutivas infestadas por *A. grandis grandis* (botões florais, flores e maçãs contendo sinais de oviposição, alimentação ou ambos, capulhos com lóculos danificados e carimãs) e sem infestação ou normais, além da densidade de adultos do inseto encontrados sobre as plantas. Durante as avaliações foram amostradas 50 plantas localizadas em cinco linhas centrais das áreas. Além disso, em cada data de amostragem foram coletadas as estruturas reprodutivas caídas no solo das linhas cujas plantas foram amostradas. Essas estruturas foram inicialmente submetidas à avaliação em relação ao número de estruturas normais e infestadas por *A. grandis grandis* (botões florais, flores e maçãs contendo sinais de oviposição, alimentação ou ambos e carimãs) e, em seguida, foram acondicionadas em recipientes plásticos transparentes de 20 L de capacidade contendo abertura vedada com organza de tal forma a permitir a ventilação. A emergência dos adultos de *A. grandis grandis* foi avaliada 21 dias após a coleta das estruturas no solo.

Durante todo o período da experimentação, as variáveis climáticas relativas à precipitação, umidade relativa e temperatura foram mensuradas através de estação climatológica disponível no local e composta de termohigrômetro modelo HMP155 (Vaisala®, Helsinki, Finlândia) e pluviômetro modelo TB4 (HyQuest®, New South Wales, Austrália). Os dados das variáveis climáticas foram usados em representações gráficas relativas às médias mensais. Os dados das médias mensais (temperatura e umidade relativa) ou total acumulado (precipitação) das variáveis climáticas prevalentes entre os meses de dezembro a abril foram usados para a estação chuvosa e os dados prevalentes entre abril a agosto foram usados para a estação seca, coincidindo com o período em que as respectivas amostragens ocorreram.

O número de estruturas reprodutivas infestadas, normais e totais avaliados na planta e coletados no solo foi calculado e esses dados além da densidade de adultos do

bicudo-do-algodoeiro encontrado sobre as plantas e emergidos das estruturas reprodutivas do solo foram reduzidos para a média por data de avaliação durante a estação das chuvas e seca. Os dados de porcentagem média de estruturas reprodutivas infestadas, normais e totais e da densidade de adultos do bicudo-do-algodoeiro encontrados sobre as plantas e emergidos das estruturas coletadas no solo nas duas épocas de cultivo foram empregados em análises por variáveis canônicas e agrupados de acordo com o método do vizinho mais próximo (CRUZ, 2016). Similarmente, os dados do número médio de estruturas reprodutivas normais, infestadas, totais e de adultos de *A. grandis grandis* encontrados sobre as plantas e emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo nas duas épocas de cultivo foram utilizados em análises por variáveis canônicas e agrupados de acordo com o método do vizinho mais próximo (CRUZ, 2016).

Os dados do número médio de botões florais, flores e maçãs normais e infestados por *A. grandis grandis*, carimãs, capulhos contendo lóculos danificados, capulhos normais, estruturas reprodutivas normais, infestadas e totais, adultos do bicudo-do-algodoeiro e porcentagem de infestação das estruturas reprodutivas amostradas na parte aérea das plantas foi comparado entre as duas épocas de cultivo através de análise de variância, empregando-se o Proc GLM do SAS (SAS, 2002). O mesmo procedimento foi adotado em relação aos dados das estruturas reprodutivas coletadas no solo. Além disso, os dados relativos ao número médio de estruturas reprodutivas infestadas por *A. grandis grandis*, normais, totais e de adultos de *A. grandis grandis* encontrados sobre as plantas ou emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo, além da porcentagem de ataque foram usados em correlações de Pearson ($P < 0,05$) com as variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade relativa) realizadas através do SAS (SAS, 2002).

5. RESULTADOS

Os dados relativos ao total acumulado de precipitação e dados médios da temperatura e umidade relativa na estação chuvosa variaram entre 73,2 a 311 mm, com total acumulado no período compreendido entre dezembro a maio, de 1.070,2 mm (Fig. 1A), temperatura média variando entre 21,3° a 21,8°C, com mínimas variando entre 11,1 a 17,7°C e máximas variando entre 26,1 a 29,5°C (Fig. 1B) e 69,7 a 80,3% (Fig. 1C), respectivamente. Já na estação seca, esses valores variaram entre 0,0 a 179,8 mm, com total acumulado de janeiro a agosto de 997 mm (Fig. 1A), temperatura média variando

entre 19,2° a 21,3°C, com média de mínimas de 8,1 a 17,7 e média de máximas de 26,1 a 28,6°C (Fig. 1B) e 50 a 73,5% (Fig. 1C) para a precipitação, temperatura e umidade relativa, respectivamente.

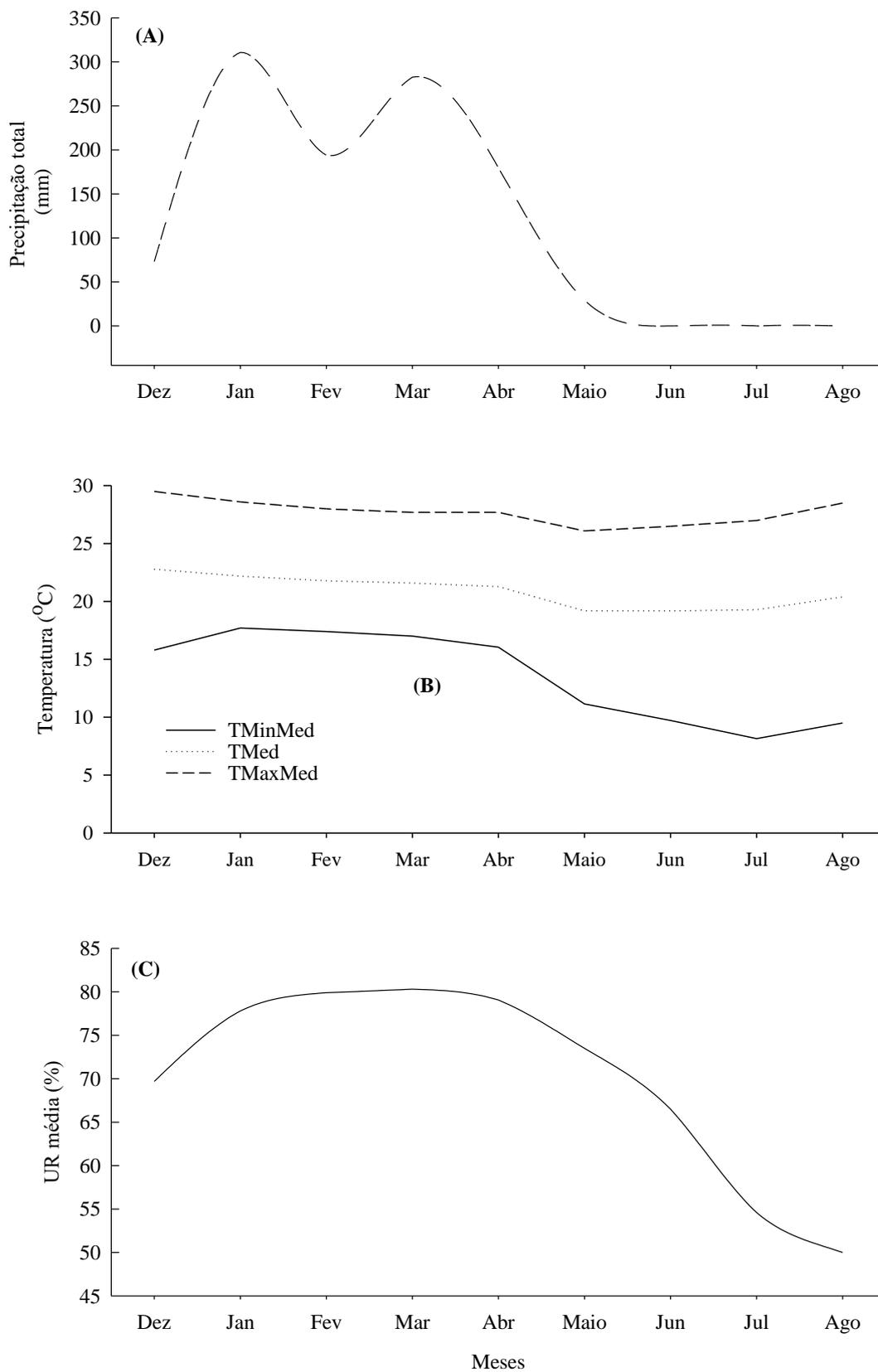


Figura 1. Variáveis climáticas prevalentes durante os períodos de experimentação.

A análise por variáveis canônicas aplicadas à média do número de adultos de *A. grandis grandis* e de estruturas reprodutivas infestadas por *A. grandis grandis*, normais e totais amostradas nas plantas de algodoeiro e coletadas no solo (Fig. 2) resultou no acúmulo de 99,66% da variância nos dois primeiros eixos canônicos. A variável que mais contribuiu para a dispersão dos tratamentos no espaço bidimensional representado pelos dois eixos canônicos (VC1 e VC2) foi a média do total de estruturas reprodutivas. Tendo em vista o método de agrupamento empregado (UPGMA), as duas épocas de cultivo correspondentes à estação chuvosa e seca foram agrupadas em um só grupo quando as avaliações foram realizadas na parte aérea das plantas, ao passo que formaram grupos isolados e à parte deste último grupo, quando se avaliaram as estruturas reprodutivas coletadas no solo (Fig. 2). As variáveis componentes dos eixos canônicos alcançaram os maiores escores quando provenientes do solo e da estação chuvosa, o que significa que as variáveis foram potencializadas nessa época de cultivo (Fig. 2).

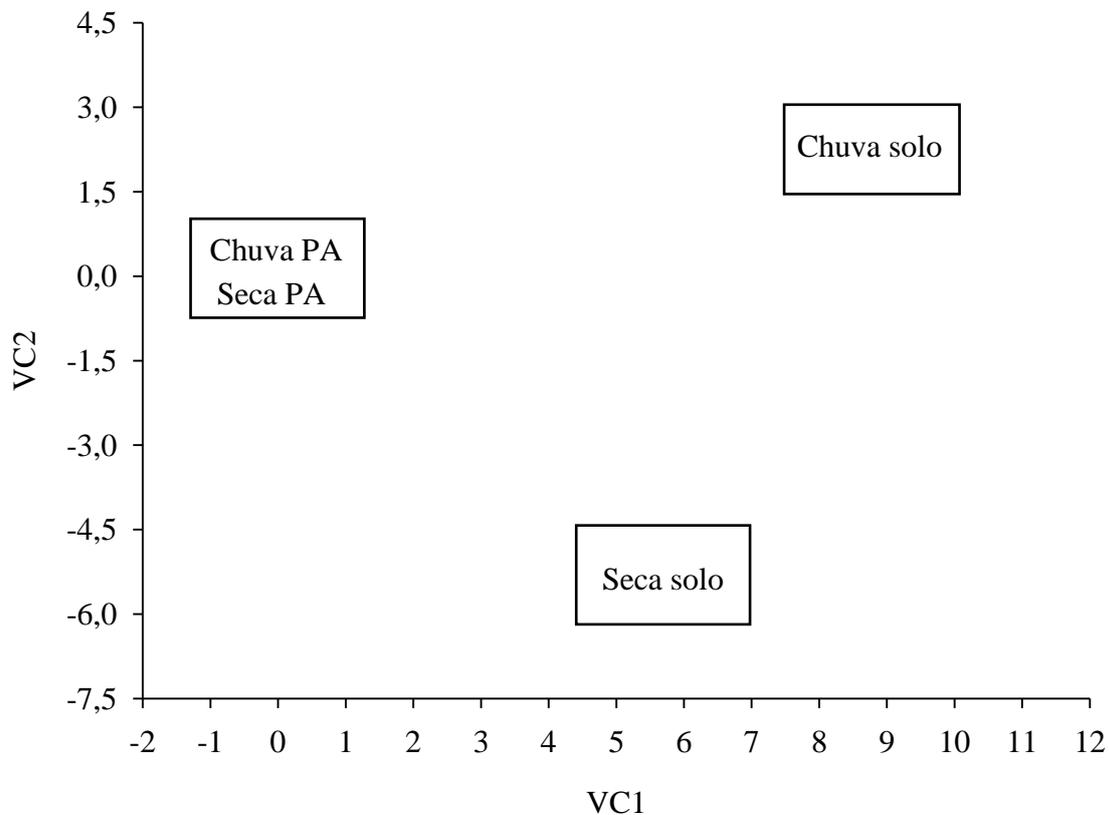


Figura 2. Eixos canônicos (VC1 e VC2) que absorveram a maior parte da variância dos dados correspondentes à densidade média de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), porcentagem média de estruturas reprodutivas normais, infestadas e totais amostradas em plantas de algodoeiro (PA) e em estruturas coletadas no solo (solo). Os tratamentos foram agrupados (retângulos) de acordo com o método do vizinho mais próximo (Método UPGMA) (CRUZ, 2016).

A análise por variáveis canônicas aplicadas apenas às variáveis danificadas e aos adultos de *A. grandis grandis* amostrados nas plantas e nas estruturas reprodutivas coletadas no solo (Fig. 3) resultou no acúmulo de 99,44% nos dois primeiros eixos canônicos. As variáveis mais relevantes para a dispersão formada pelos dois eixos canônicos (VC1 e VC2) foram a média do número de botões atacados (VC1) e de carimãs (VC2). Os tratamentos formaram três grupos no espaço bidimensional, sendo um composto pelas variáveis avaliadas na parte aérea das plantas cultivadas nas estação chuvosa e seca, outro pelas variáveis provenientes do solo na estação seca e um terceiro formado pelas variáveis provenientes do solo na estação chuvosa (Fig. 3). Os escores das

variáveis componentes dos dois eixos canônicos foram potencializados na estação chuvosa, quando as avaliações foram realizadas nas estruturas provenientes do solo (Fig. 3).

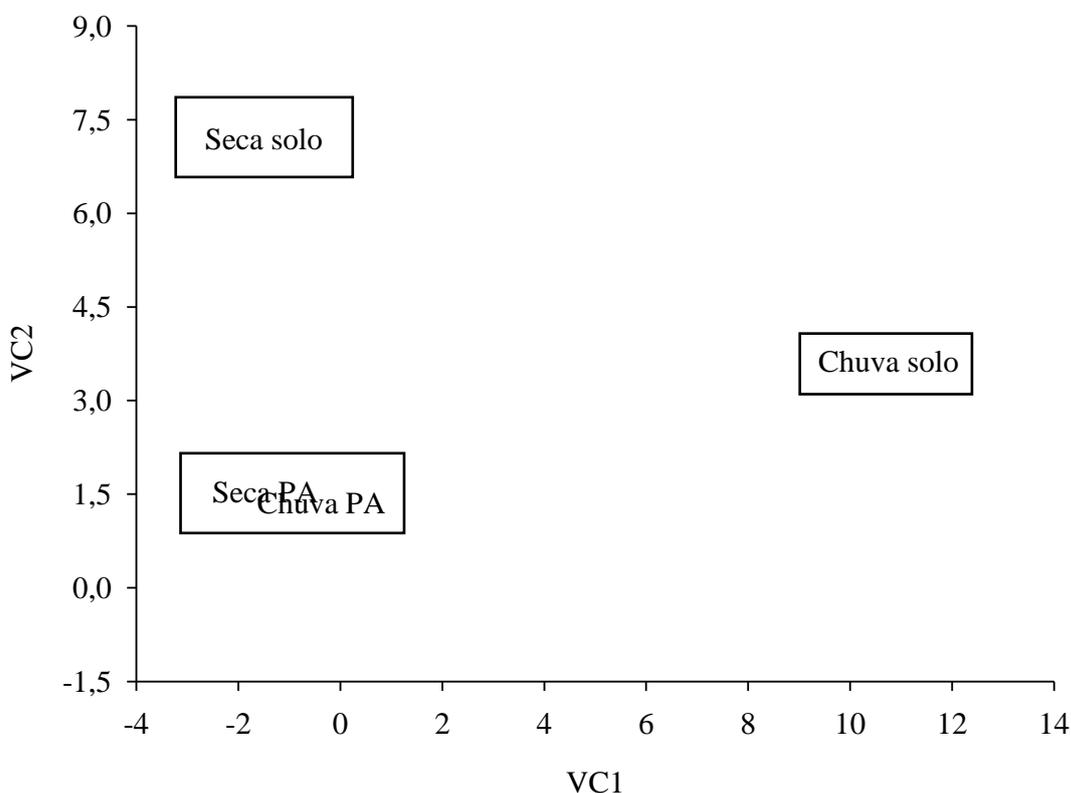


Figura 3. Eixos canônicos (VC1 e VC2) que absorveram a maior parte da variância dos dados correspondentes à densidade média de estruturas reprodutivas danificadas (botão, flor, maçã e capulho atacados e carimãs) e de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), amostrados em plantas de algodoeiro (PA) e em estruturas coletadas no solo (solo). Os tratamentos foram agrupados (retângulos) de acordo com o método do vizinho mais próximo (Método Upgma) (CRUZ, 2016).

Não foram detectadas diferenças significativas entre a época chuvosa e da seca pela análise de variância para as variáveis avaliadas nas plantas ou no solo, com exceção do número de adultos do bicudo-do-algodoeiro emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo ($F_{1,8} = 33,51$; $P = 0,0004$). A média de adultos do bicudo-do-algodoeiro emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo das plantas cultivadas na estação

chuvosa foi cerca de 2,3x maior que a quantidade de bicudos emergidos das estruturas coletadas no solo da estação seca (Fig. 4).

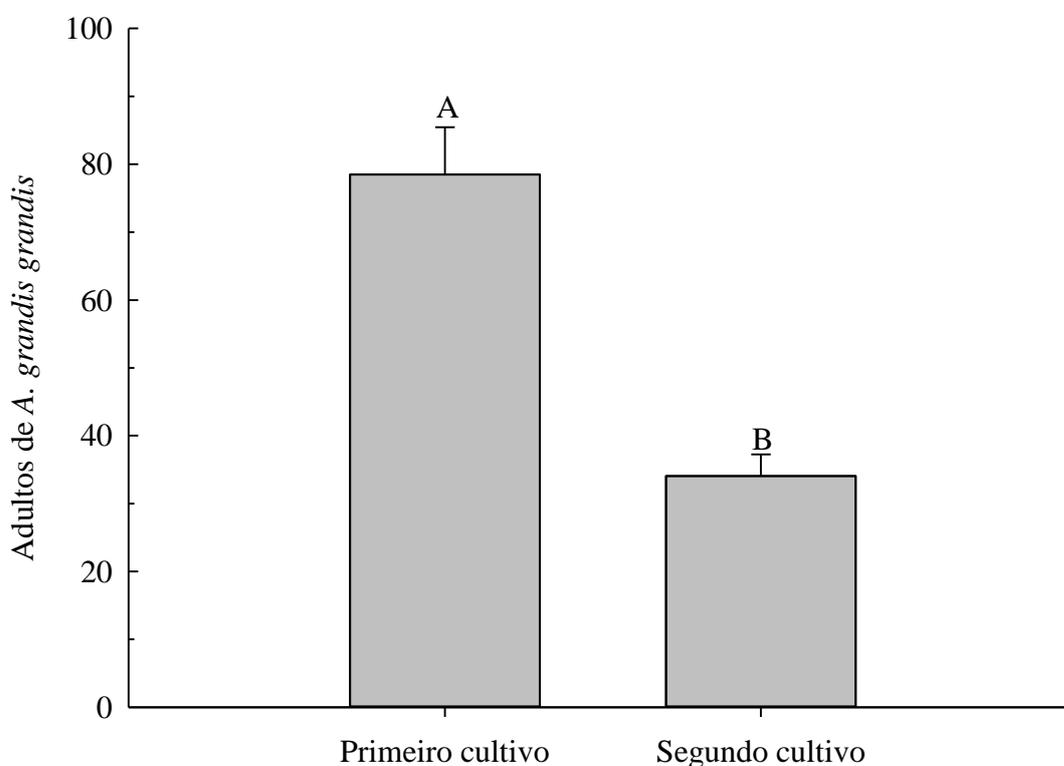


Figura 4. Média (\pm EPM) do número de adultos de *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae) emergidos de estruturas reprodutivas do algodoeiro coletadas no solo, durante duas épocas de cultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a $P > 0,05$.

As análises de correlações de Pearson realizadas entre as variáveis do inseto avaliadas na parte aérea das plantas e as variáveis climáticas nas duas épocas de cultivo não foram significativas (Tabela 1). Todavia, observou-se correlação significativa e positiva entre o número de adultos de *A. grandis grandis* emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo nas duas épocas de cultivo e a precipitação total e a temperatura média (Tabela 2), indicando que houve maior número de insetos emergidos quando a precipitação e a temperatura aumentaram.

Tabela 1. Resultados da correlação de Pearson entre as variáveis do inseto e as variáveis climáticas em duas épocas de cultivo (primeira época ou estação chuvosa e segunda época ou estação).

Variáveis do inseto	Variáveis climáticas		
	Precipitação total (mm)	Temperatura média (°C)	Umidade Relativa (%)
Parte aérea			
Número de estruturas reprodutivas atacadas	-0,34 ¹	0,33	-0,17
Número estruturas reprodutivas normais	0,34	0,35	0,64
Número estruturas reprodutivas normais	-0,20	0,44	-0,09
Número estruturas reprodutivas normais	0,57	0,20	0,81
Número estruturas reprodutivas totais	-0,26	0,40	-0,12
Número estruturas reprodutivas totais	0,46	0,25	0,73
Adultos de <i>A. grandis</i>	-0,09	0,51	0,03
<i>grandis</i>	0,79	0,13	0,93
Porcentagem de ataque	0,18	-0,15	0,06
Porcentagem de ataque	0,61	0,68	0,88
Solo			
Adultos de <i>A. grandis</i>	0,64	0,88	0,47
<i>grandis</i>	0,04	0,0009	0,17
Número de estruturas reprodutivas atacadas	-0,015	0,32	-0,13
Número de estruturas reprodutivas atacadas	0,97	0,37	0,71
Número estruturas reprodutivas normais	0,24	0,62	0,35
Número estruturas reprodutivas normais	0,51	0,06	0,31
Número de estruturas reprodutivas totais	-0,006	0,31	-0,06
Número de estruturas reprodutivas totais	0,99	0,38	0,86
Porcentagem de ataque	-0,070	0,058	-0,56
Porcentagem de ataque	0,85	0,87	0,09

¹Coefficiente de correlação (r) e probabilidade (P).

6. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em duas épocas de cultivo do algodoeiro permitiram observar que a infestação do bicudo-do-algodoeiro varia em função da época. Isso pode

ser explicado inicialmente pela variação nos fatores abióticos prevalentes nas duas épocas de cultivo, especialmente em relação à precipitação e à temperatura. Em alguns momentos durante a estação seca, a precipitação chegou a zero e a temperatura alcançou seu menor valor no período (19,2°C).

A alteração na precipitação possui um impacto significativo e direto na comunidade de plantas, que por sua vez irá afetar a composição da comunidade e a estrutura dos níveis tróficos superiores, incluindo herbívoros e predadores (ZHU et al., 2014). Além disso a precipitação pode ter impacto direto sobre a espécie herbívora através da ação mecânica de controle (KAAKEH & DUTCHER, 1993), disponibilidade de umidade aumentando a prevalência de entomopatógenos que exercem ação de controle sobre a praga como efeito *top-down* (BRUCK & LEWIS, 2002), ou aumentando o dano por prevenir a dessecação da estrutura sob ataque (PIERCE et al., 2001).

As temperaturas por sua vez podem afetar tanto o desenvolvimento das plantas (ROSOLEM, 2001) quanto o desenvolvimento dos herbívoros e, conseqüentemente, resultando em efeitos indiretos e diretos sobre a população de herbívoros. Temperaturas médias próximas ou abaixo do limiar de desenvolvimento do herbívoro podem retardar seu ciclo biológico ou aumentar sua mortalidade (SAVOPOULOU-SOULTANI et al., 2012). No caso do bicudo-do-algodoeiro, uma praga direta que se desenvolve no interior de estruturas que podem permanecer retidas pelas plantas (maçãs firmes) ou caírem no solo (botões e maçãs jovens), a precipitação e a temperatura podem alterar a sobrevivência da praga desenvolvendo-se no interior dessas estruturas. Isso foi constatado anteriormente por Pierce et al. (2001), que observaram que maior sobrevivência de *A. grandis grandis* em lavouras cultivadas sob espaçamentos mais adensados em comparação àquelas cultivadas sob espaçamentos mais amplos, algo associado às menores temperaturas do solo e maiores umidades relativas prevalentes sob o dossel das plantas cultivadas em espaçamento adensado. Os autores atribuíram maior sobrevivência do bicudo devido à redução na dessecação de estruturas infestadas que estavam no solo sob o dossel. Esse fato pode ser corroborado com os resultados obtidos no presente trabalho tendo em vista que na estação chuvosa, onde tanto a precipitação quanto as temperaturas foram mais elevadas, as estruturas reprodutivas coletadas no solo, bem como o número de adultos de *A. grandis grandis* contabilizados a partir das estruturas coletadas no solo, foram numericamente superiores em comparação à estação seca, o mesmo não ocorrendo em relação aos dados de parte aérea. Adicionalmente, as

correlações positivas e significativas entre os adultos de bicudo emergidos das estruturas reprodutivas coletadas no solo e a precipitação e a temperatura, reafirmam essa tendência.

A flutuação populacional de insetos no tempo e espaço é determinada por quatro componentes: as taxas de nascimento e mortalidade e de imigração e emigração, sendo cada um desses componentes influenciados por fatores bióticos e abióticos de mortalidade (NARANJO et al., 2010; SAVOPOULOU-SOULTANI et al., 2012). Dentre os fatores bióticos que podem alterar esses componentes tem-se os inimigos naturais (parasitoides, predadores ou microorganismos entomopatogênicos) e o hospedeiro (cultivar, estado nutricional, idade, sanidade). Os fatores abióticos compreendem aqueles relacionados ao clima, ou seja, temperatura, precipitação, umidade relativa, vento, ou estação de crescimento (ALALOUNI et al., 2013; MARCHIORO & FOERSTER, 2016). A literatura científica demanda que estudos realizados a campo sejam desenvolvidos ao menos em duas safras, a fim de assegurar consistência dos resultados obtidos devido a condições contrastantes de desenvolvimento do organismo. Entretanto, nem sempre as condições mais contrastantes são observadas em duas safras distintas e em uma mesma época de plantio, especialmente para cultivos anuais, a exemplo do algodoeiro, que podem ter mais de um cultivo ou cultivos de época ou primeira safra (safra) e fora de época ou segunda safra (FERREIRA et al., 2015). Nesse sentido, os herbívoros podem ter seu comportamento alterado entre as épocas de plantio de uma mesma safra, em virtude de alterações nos recursos alimentares que podem ser grandemente afetados pelas condições ambientais (ação indireta) (HELLMANN, 2002), ou em função da ação direta dos fatores ambientais sobre os indivíduos (SAVOPOULOU-SOULTANI et al., 2012).

Desta forma, mesmo que a dinâmica populacional da praga não tenha sido significativamente alterada na parte aérea das plantas entre as épocas de cultivo, o mesmo não ocorreu em relação às estruturas coletadas no solo. Em cultivos comerciais, estruturas infestadas caídas no solo não são eliminadas e, conseqüentemente, constituem-se em importantes fontes de reinfestação (AZAMBUJA & DEGRANDE, 2014). Portanto, isto deve demandar esforço adicional de controle da praga em plantas cultivadas em situação de maior precipitação e temperaturas mais elevadas. Vale destacar, que o principal inseticida empregado para o controle do bicudo-do-algodoeiro, o malatim, é um organofosforado não sistêmico e, portanto, as pulverizações da superfície foliar são passíveis de serem lavadas pela água da chuva (WARMUND, 2012). Por fim, destaca-se ainda que a maior parte da área cultivada com algodoeiro no país é implantada durante o período chuvoso (SLC AGRICOLA, 2022), algo que também contribui para que as

populações da praga possam alcançar maiores densidades. Todos esses fatores devem ser levados em consideração no momento do planejamento dos plantios e para o manejo global do bicudo-do-algodoeiro. Além disso, estudos com a praga podem ser realizados nas duas épocas de cultivo e têm maiores chances de apresentar maiores discrepâncias desejáveis no planejamento de estudos científicos, a fim de assegurar variabilidade e robustez ao conjunto de dados obtidos.

7. CONCLUSÕES

- ✓ O cultivo do algodoeiro no período denominado safra, desenvolvimento predominantemente durante a estação chuvosa, favorece o bicudo-do-algodoeiro e seu potencial de ocasionar perdas nas estruturas reprodutivas.
- ✓ Maior emergência de bicudo-do-algodoeiro de estruturas coletadas no solo correlacionou com a precipitação e temperatura, condições ambientais que são de maior magnitude nos cultivos de primeira safra em comparação aos de segunda safra.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALALOUNI, U.; SCHÄDLER, M.; BRANDL, R. Natural enemies and environmental factors affecting the population dynamics of the gypsy moth. *Journal of Applied Entomology*, 137: 721-738, 2013.
- ARIF, M.J.; GOGI, M.D.; MIRZA, M.; ZIA, K.; HAFEEZ, F. Impact of plant spacing and abiotic factors on population dynamics of sucking insect pests of cotton. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 9: 1364-1369, 2006.
- ARMBRUST, E.J.; WILSON, C.M. Effect of Weather on the Toxicity and Persistence of Some Insecticides on Alfalfa Foliage. *Journal of Economic Entomology*, 63: 189-192, 1970.
- ARRUDA, L.S.; ROLIM, G.G.; BARROS, E.M.; PEREIRA, F.F.; TORRES, J.B. Colonization and spatial distribution of boll weevil in commercial cotton fields. *Neotropical Entomology*, 49: 901-915, 2020.

- AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *Arquivos Instituto Biológico*, 81: 377-410, 2014.
- BARBOSA, S.; BRAGA SOBRINHO, R.; CAMPANHOLA, C. O bicudo do algodoeiro no Brasil: ocorrência, distribuição geográfica e medidas de erradicação propostas. In BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M. J.; BRAGA SOBRINHO, R. (Eds.). *O Bicudo do Algodoeiro*. Brasília: EMBRAPA, 1986. p. 7-30.
- BARROS, E.M.; RODRIGUES, A.R.S.; BATISTA, F.C.; MACHADO, A.V.A.; TORRES, J.B. Susceptibility of boll weevil to ready-to-use insecticide mixtures. *Arquivos do Instituto Biológico*, 86: 1-9, 2019.
- BASTOS, C. S.; PEREIRA, M.J.B.; TAKIZAWA, E.K.; OHL, G.; AQUINO, V.R. Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 79).
- BROGLIO-MICHELETTI, S.M.F. Bioecologia de *Anthonomus grandis* Boheman, 1943 (Coleoptera: Curculionidae), em laboratório e campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13. E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, II ENCONTRO SOBRE “COCHONILHA” DA PALMA FORRAGEIRA, III ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 1991. Recife, PE. Resumos. Londrina: SEB, 1991. p.575.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Disponível: <https://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>. Acesso em: 09 de setembro de 2022a.
- BRASIL. Secretaria de Política Agrícola (SPA). Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria no. 154, de 16 de maio de 2022b. 3p.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Série histórica das safras. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 14 de agosto de 2022c.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 11 de maio de 2022d.

- BRUBAKER, C.L.; BOURLAND, F.M.; WENDEL, J.F. The origin and domestication of cotton. In: SMITH, C.W.; COTHREN, J.T. (Eds.). Cotton: origin, history, technology, and production. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. p.3-31.
- BRUCK, D.J.; LEWIS, L.C. Rainfall and crop residue effects on soil dispersion and *Beauveria bassiana* spread to corn. *Applied Soil Ecology*, 20: 183-190, 2002.
- BUSOLI, A.C.; PEREIRA, F.F.; LOPEZ, V.A.G.; SOARES, J.J.; MELO, R. de S.; ALMEIDA, C.A. de. Preferência alimentar do bicudo-do-algodoeiro por frutos de diferentes cultivares e idades. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 101-104, 2004.
- CROSARIOL NETTO, J.; ROLIM, G.G.; ARRUDA, L.S.; Mortalidade do bicudo-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes moléculas inseticidas utilizadas na cultura do algodoeiro – Safra 2016/17. Cuiabá: IMAmt, 2017. Circular Técnica, 2017. 8p. (IMAmt. Circular Técnica, 31.).
- CRUZ, C.D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 38:547-52, 2016.
- DEGRANDE, P. E. Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul. Dourados: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/ Núcleo de Ciências Agrárias, 1991. 16p.
- EMBRAPA. Cultura do algodão no Cerrado. Plantio e manejo cultural. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaPRODUCAOLF6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7718&p_r_p_-996514994_topicoId=. Acesso em: 08 de setembro de 2022.
- FAROOQ, J; MAHMOOD, K.; WASEEM AKRAM, M.; REHMAN, A.U.; JAVAID, M.I.; PETRESCU-MAG, I.V.; BILAL, N. Extreme Life, Biospeology & Astrobiology *International Journal of the Bioflux Society*, 7: 34-44, 2015.
- FAUSTINO, R.S.; SILVA, C.A.D.; ZANUNCIO, J.C.; PEREIRA, J.R.; PEREIRA, A.I.A. Mortality of the cotton boll weevil in drip and sprinkler irrigated cotton crops. *Brazilian Journal of Biology*, 83: e248154, 2021.
- FERREIRA, A.C. de B.; COELHO, A.L.D.; BRITO, G.G. de; SILVA FILHO, J.L. da; BOGIANI, J.C. Épocas de semeadura, cultivares e densidades de plantas para algodão adensado em segunda safra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45: 397-405, 2015.

- GONÇALVES, M.P.G. Beetles and meteorological conditions: a case study. Chapter 13. In: MEENA, R.S. (Ed.). Agrometeorology. London: IntechOpen, 2021. 15p.
- HALDER, P.; NIHAL, R. Infestation levels and seasonal incidence of major pests of cotton and their natural enemies in West Bengal. *The Pharma Innovation Journal*, SP-10: 96-99, 2021.
- HELLMANN, J.J. The effect of environmental change on mobile butterfly larvae and the nutritional quality of their hosts. *Journal of Animal Ecology*, 71: 925-936, 2002.
- IKISAN. Cotton: soils and climate. Disponível em: <http://www.ikisan.com>. Acesso em: 08 de setembro de 2022.
- INDEX MUNDI. Cotton yield in kg/ha. Disponível: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=cotton&graph=yield>. Acesso em: 09 de setembro de 2022.
- JEGER, M.; BRAGARD, C.; CAFFIER, D.; CANDRESSE, T.; CHATZIVASSILIOU, E.; DEHNEN-SCHMUTZ, K.; GILIOLI, G.; GREGOIRE, J-C.; MIRET, J.A.J.; NAVARRO, M.N.; BJÖRN, N.; PARNELL, S.; POTTING, R.; RAFOSS, T.; ROSSI, V.; UREK, G.; VAN BRUGGEN, A.; VAN DER WERF, W.; WEST, J.; WINTER, S.; GARDI, C.; BERGERETTI, F.; MACLEOD, A. Pest categorisation of *Anthonomus grandis*. *European Food Safety Authority Journal*, 15: 50-74, 2017.
- KAAKEH, W.; DUTCHER, J.D. Effect of rainfall on population abundance of aphids (Homoptera: Aphididae) on pecan. *Journal of Entomological Science*, 28: 283-286, 1993.
- KHALIQ, A.; JAVED, M.; SAGHEER, M. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2: 1-7, 2014.
- LAZZAROTTO, C.; ARANTES, E. M.; LAMAS, F. M. Época de semeadura e zoneamento agrícola. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Algodão: informações técnicas. Dourados: Embrapa Algodão; Campina Grande: Embrapa Algodão, 1998. p.107-118 (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 7).
- KINGSOLVER, J.G. Weather and the population dynamics of insects: integrating physiological and population ecology. *Physiological Zoology*, 62: 314-334, 1989.
- LEGGET, J.E.; FYE, R.E. The role of moisture in the winter survival of the boll weevil complex in Arizona. *Journal of Economic Entomology*, 62: 147-149, 1969.
- LUO, Q. Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*, 109: 583-598, 2011.

- MARCHIORO, C.A.; FOERSTER, L.A. Biotic factors are more important than abiotic factors in regulating the abundance of *Plutella xylostella* L., in Southern Brazil. 60: 328-333, 2016.
- MEINKE, L.J.; SLOSSER, J.E. Fall Mortality of the boll weevil in fallen cotton squares, with emphasis on parasite-induced mortality. *Environmental Entomology*, 11: 318-323, 1982.
- MIRANDA, J.E.; RODRIGUES, S.M.M. Manejo do bicudo-do-algodoeiro em áreas de agricultura intensiva. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 18p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 140).
- MORALES-RAMOS, J.A.; CATE, J.R. Temperature-Dependent Developmental Rates of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environmental Entomology*, 22: 226-233, 1993.
- NARANJO, S.E.; CASTLE, S.J.; DE BARRO, P.J.; LIU, S.S. Population dynamics, demography, dispersal and spread of *Bemisia tabaci*. In: Stansly, P.; Naranjo, S. (Eds.) *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Dordrecht: Springer, 2009. p.185-226.
- PAPA, G.; CELOTO, F.J. Controle químico do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). In: BELOT, J.L. (Ed.). *O bicudo-do-algodoeiro (Anthonomus grandis BOH., 1843) nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle*. Cuiabá: IMAmt, 2015. p.140-150. (IMAmt. Boletim de P&D, 2.).
- PANDYA, P.A.; GHOSIYA, S.M.; PITHIYA, V.H.; DUDHATRA, S.P. Effect of rainfall on productivity of cotton. *Emergent Life Sciences Research*, 6: 56-63, 2020.
- PATEL, H.R.; SHEKH, A.M. Pest epidemics and role of meteorological services: an overview. *Journal of Agrometeorology*, 8: 104-113, 2006.
- PFRIMMER, T.R.; MERKL, M.E. Boll weevil: winter survival in surface wood trash in Mississippi. *Environmental Entomology*, 10: 419-42, 1981.
- PIERCE J.P.B.; YATES, P.E.; HAIR, C.J. Crop management and microclimate effects on immature boll weevil mortality in Chihuahuan desert cotton fields. *Southwestern Entomologist*, 26: 87-93, 2001.
- PIMENTA, M.; MATA, R.A.; VENZON, M.; CUNHA, D.N.C.; FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. Survival and preference of cotton boll weevil adults for alternative food sources. *Brazilian Journal of Biology*, 76: 387-395, 2016.

- PIRES, C.S.S.; PIMENTA, M.; MATA, R.A. da; SOUZA, L.M. de; 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*, 52: 149-160, 2017.
- 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*, 37: 17–25, 2009.
- ROSOLEM, C.A. *Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro*. Informações agronômicas no. 95. Piracicaba: Potafos, 2001. 9p.
- SAS. *The SAS system*. Version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.
- SAVOPOULOU-SOULTANI, M.; PAPADOPOULOS, N.T.; MILONAS, P.; MOYAL, P. Abiotic factors and insect abundance. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012: Article ID 167420, 2012.
- SAWAN, Z.M. Cotton production and climatic factors: Studying the nature of its relationship by different statistical methods. *Cogent Biology*, 3: 1292882, 2017.
- 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*, 93: 610-615, 2000.
- SHOWLER, A.T. CANTÚ, R.V. 2005. Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. *Southwestern Entomologist*, 30: 161-164.
- SHOWLER, A.T. Longevity and egg development of adult female boll weevils fed exclusively on different parts and stages of cotton fruiting bodies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 127: 125-132, 2008.
- SHOWLER, A.T. Do boll weevils really diapause? *American Entomologist*, 56: 100-105, 2010.
- SILVA, C.A.D.; DUARTE, M. de M. F.; GONÇALVES, S.G.; VASCONCELOS, E.D. Spatial and temporal distribution of cotton squares and small cotton bolls fallen on ground after damage by boll weevil and the efficiency of the equipment used to collect them. *Ciência Rural*, 47: e20160653, 2017.
- SLC Agrícola. Algodão. Disponível em:
<https://www.slcagricola.com.br/produtos/algodao/>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

- SPURGEON, D.W.; SUH, C.P.C. Temperature influences on diapause induction and survival in the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Insect Science*, 17: 1–7, 2017.
- STATISTA. Leading cotton producing countries worldwide in 2021/2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263055/cotton-production-worldwide-by-top-countries/>. Acesso em: 9 de setembro de 2022.
- SUMMY, K.R.; CATE, J.R.; BAR, D. Overwinter survival of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) in southern Texas: entrapment in desiccated bolls. *Journal of Economic Entomology*, 86: 421-426, 1993.
- TORRES, J.B., PONTES, I.A.V.F.; SANTOS, R.L.; NEVES, R.C.S. Principais pragas do algodoeiro em Pernambuco. *Informativo REDALGO: Pragas do Algodoeiro*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 6p.
- TUDI, M.; RUAN, H.D.; WANG, L.; LYU, J.; SADLER, R.; CONNEL, D.; CHU, C.; PHUNG, D.T. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18: 1112, 2021.
- VOORA, V.; LARREA, C.; BERMUDEZ, S. Global market report: cotton. International Institute for Sustainable Development, 2020. 17p. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep26555>. Acesso em: 08 de setembro de 2022.
- WAGNER, T.L.; VILLAVASO, E.J. Effects of temperature and adult diet on development of hypertrophied fat body in prediapausing boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Annals Of The Entomological Society Of America*, 92: 403-413, 1999.
- WARMUND, M. Spring rain-a blessing or a curse for fruit growers? Disponível em: <https://ipm.missouri.edu/MEG/2012/4/Spring-Rain-A-Blessing-or-a-Curse-for-Fruit-Growers/index.cfm>. Acesso em: 27 de abril de 2022.
- WENDEL, J.F.; BRUBAKER, C.L.; PERCIVAL, A.E. Genetic diversity in *Gossypium hirsutum* and the origin of upland cotton. *American Journal of Botany*, 79: 1291-1310, 1992.
- XIAO, Q.; LI, W.; KAI, Y.; CHEN, P.; ZHANG, J.; WANG, B. Occurrence prediction of pests and diseases in cotton on the basis of weather factors by long short term memory network. *BMC Bioinformatics* 20(Suppl 25): 688, 2019.

ZHU, H.; WANG, D.; WANG, L.; FANG, J.; SUN, W.; REN, B. Effects of altered precipitation on insect community composition and structure in a meadow steppe. *Ecological Entomology*, 39: 453-461, 2014.