



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BICUDO-DO-
ALGODOEIRO, *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)**

ANDRÉA APARECIDA SANTOS OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO

DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

JUNHO/2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BICUDO-DO-
ALGODOEIRO, *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)**

ANDRÉA APARECIDA SANTOS OLIVEIRA

ORIENTADORA: CRISTINA SCHEPINO BASTOS

CO-ORIENTADOR: FLÁVIO LEMES FERNANDES

DISSERTAÇÃO

DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

JUNHO/2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BICUDO-DO-
ALGODOEIRO, *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)**

ANDRÉA APARECIDA SANTOS OLIVEIRA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADO POR:

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

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

TAMÍRIS ALVES DE ARAÚJO, DSc. Entomologia/Universidade Federal de São Carlos/EXAMINADOR EXTERNO/e-mail: tamiris.araujo@ufscar.br

BRASÍLIA/DF, 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, Andréa Aparecida Santos

“Dinâmica populacional e distribuição espacial do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae)”.

Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília 2021. 45p.

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. Bicudo-do-algodoeiro, flutuação populacional, distribuição espaço-temporal.

Bastos, C.S. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, A. A. S. Dinâmica populacional e distribuição espacial do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 45p. Dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos;

Ao meu companheiro Eduardo, por todo amor, apoio e compreensão;

À professora e orientadora Cristina, por todo aprendizado e por contribuir para minha formação;

A minha família, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos;

Aos colegas do laboratório, por todo esforço e pelo ambiente proporcionado;

Aos meus amigos, por todo incentivo;

À Capes pelo apoio financeiro.

RESUMO

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis*, se alimenta e reproduz predominantemente nas estruturas reprodutivas do algodoeiro, podendo acarretar perdas de produção acima de 80%. A principal forma curativa de controle desta praga são as pulverizações com inseticidas sintéticos. A tomada de decisão de controle é bastante variável entre as regiões produtoras. A ampla disseminação da agricultura de precisão no país possibilita a adoção de controle localizado de pragas e para isso faz-se necessário conhecer a dinâmica de colonização e dispersão espacial do bicudo nas lavouras. Assim o objetivo dessa dissertação foi: estudar a dinâmica de colonização e distribuição espaço temporal de *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae) em cultivos de algodão durante duas estações (seca e chuvosa). Os ensaios foram realizados em áreas sob manejo convencional localizadas no Distrito Federal. As plantas utilizadas para os estudos de colonização e distribuição espacial da praga foram demarcadas e as características avaliadas foram: i) o número de estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs) normais (sem sinais de ataque) e atacadas (contendo sinais de alimentação, oviposição ou ambos os sinais) em cada planta; ii) o número de adultos do bicudo sobre as plantas. Através dos dados obtidos foram elaborados os gráficos de variação sazonal de *A. grandis grandis*, porcentagem de ataque nas lavouras e observou-se a flutuação populacional de *A. grandis grandis*. Em seguida, realizou-se a modelagem dos semivariogramas e a partir dos modelos ajustados (linear, gaussiano, esférico e exponencial) foram obtidos os parâmetros (efeito pepita, patamar e alcance) que foram utilizados para determinação do grau de dependência espacial (GDE). Foram gerados mapas digitalizados por meio da krigagem para melhor visualização do ataque do inseto e sua colonização nas lavouras. Todos os modelos foram isotrópicos, o GDE indicou forte dependência em 24 modelos e moderada em 4. Os alcances estimados para cada estágio fenológico foram botão floral 7,70 m, florescimento 408,90 m e abertura de capulhos 13,80 m. Os mapas de distribuição espacial mostraram que a colonização de *A. grandis grandis* iniciou-se pelas bordas dos campos e distribuiu-se, com o passar do tempo, ao longo da área e que o inseto possuiu um padrão agregado e prefere atacar botões quando comparados às maçãs.

Palavras-chave: Bicudo-do-algodoeiro, flutuação populacional, distribuição espaço-temporal.

ABSTRACT

The cotton boll weevil, *Anthonomus grandis grandis*, feeds and breeds mainly on cotton reproductive structures, leading to up to 80% of yield losses. The main curative control measure used against the pest is sprays with synthetic insecticides. Decision making to control the pest is highly variable among cotton producing regions. The widespread of precision agriculture within Brazil allows localized control of pests and in order to achieve that it is necessary to know the colonization dynamic and spatial dispersion of the boll weevil within cotton fields. Therefore, this dissertation aimed at studying the colonization dynamic and spatio-temporal distribution of *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in cotton fields, during two seasons (dry and wet season). The trials were run in fields under conventional management. Plants used for colonization and spatial distribution studies were marked and the same plants were evaluated across each season (dry and wet). The following characteristics were evaluated: i) number of non-infested and infested cotton reproductive structures (buds, flowers and bolls); ii) number of boll weevil's adults. The data obtained were used to build graphs on the seasonal and population density variations of *A. grandis grandis*, and on the reproductive structures infestation across seasons. Also, semi-variograms were modelled (linear, Gaussian, spherical, and exponential) and the parameters nugget effect, sill, and range were estimated and used to calculate the spatial dependence (SD) among samples. The maps were obtained by the kriging technique as to better see the insect infestation on the fields. The models obtained were all isotropic, and SD indicated strong spatial dependence in 24 models and moderate SD in 4 models. The estimated range for each cotton phenological stage was 7.70 m for buds, 408.9 m for flowering, and 13.8 m for open bolls stage. Maps showed that *A. grandis grandis* colonization starts on the borders of the fields and spreads across cotton fields as time passes, and that the pest possesses an aggregated distribution in space and prefers to infest buds compared to bolls.

Key-Words: Cotton boll weevil, population fluctuation, spatio-temporal distribution.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 O algodoeiro	3
3.2 Bicudo-do-algodoeiro.....	5
3.3 Geoestatística.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1 Caracterização da área experimental.....	10
4.2 Manejo e condução do experimento.....	10
4.3 Coleta de dados	11
4.3 Análise dos dados	12
5. RESULTADOS	14
6. DISCUSSÃO.....	16
7. CONCLUSÕES	20
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro pertence à família Malvaceae, sendo *Gossypium hirsutum* L. a espécie mais cultivada em todo o mundo (ZHANG et al., 2008; FAROOQ et al., 2018). É uma planta de fácil adaptação, podendo ser encontrada em diferentes locais e cultivada em condições de grande diversidade de solo e clima (VIDAL NETO et al., 2013). A principal parte da planta explorada é a fibra, a qual é usada na fabricação de diversos produtos têxteis, apesar de outras partes da planta também possuírem destinações distintas (ZHANG et al., 2008; FAROOQ et al., 2018).

O Brasil figurou como o quarto maior produtor de algodão no ranking mundial, na safra de 2019, sendo superado pela Índia, China e Estados Unidos (STATISTA, 2020). A região Centro-Oeste, é a principal produtora nacional dessa *commoditie*, com destaque para o estado do Mato Grosso que juntamente com o estado da Bahia, localizado na região Nordeste, responderam por aproximadamente 90% da produção em caroço obtida na safra 2020/21 (BRASIL, 2021).

Assim como em relação à maioria das culturas, um dos fatores que limitam o processo produtivo do algodoeiro é a suscetibilidade ao ataque de diversos artrópodes-praga (BASTOS et al., 2005). Das espécies que atacam essa cultura, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), vulgarmente conhecido como bicudo-do-algodoeiro, é nativa da América Central e apresenta importância demasiadamente elevada sendo, portanto, considerada praga-chave da cultura, devido ao seu grande potencial causador de prejuízo econômico. Quando não são adotadas medidas para o controle dessa praga, podem ser acumuladas perdas de 58-84% da produção (GONDIM et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2013).

Em locais de clima temperado, o inseto passa o período do inverno em um estado de dormência relacionado às baixas temperaturas no qual ele reduz seu metabolismo e locomoção (SHOWLER, 2010). Apesar deste fato, alguns autores advertem para a ocorrência de diapausa, sendo essa resposta modulada pelo período de alimentação dos adultos e pelo tamanho dos botões florais que os adultos se alimentaram (SPURGEON et al., 2018). Em condições tropicais, como as que prevalecem nas áreas de cultivo no Brasil, os insetos entram em uma dormência reprodutiva facultativa ao final do ciclo de crescimento das plantas de algodão, sendo essa condição encontrada prevalentemente entre fêmeas do inseto no período de entressafra, em que não há disponibilidade de plantas de algodão a

campo (PAULA et al., 2013). Apesar deste fato, a maioria dos adultos, que deixa as estruturas reprodutivas ao final da estação de cultivo, usa fontes alimentares alternativas para sobreviver até que haja possibilidade de reinfestação dos cultivos de algodão (PIRES et al., 2017).

O local preferido para infestação das estruturas reprodutivas por *A. grandis grandis* é o terço mediano das plantas e, em algumas, situações o terço superior (GRIGOLLI et al., 2013). Esse hábito pode impactar seriamente a produção, tendo em vista que cerca de 80% da produção do algodão é proveniente das estruturas reprodutivas oriundas do dossel basal e mediano das plantas (SOARES et al., 1999). Além disso, muitas cultivares comerciais concentram a produção de estruturas reprodutivas próximo da haste principal (SILVA et al., 2017). Esse fato, somado ao hábito do inseto de localizar-se nas estruturas reprodutivas protegidas pelas brácteas (LLOYD et al. 1967; SORIA et al., 2013), e apresentar baixa dispersão dentro da planta, tornando seu controle dificultoso e desafiador (ARRUDA et al., 2021).

Apesar de existirem diferentes táticas de controle que compõem o plano de manejo do bicudo-do-algodoeiro o qual inclui controle cultural, controle comportamental e controle legislativo (BASTOS et al., 2005), o controle químico ainda é a principal tática de manejo empregada para o convívio com o inseto (PAPA & CELOTO, 2015). Entretanto, mesmo mediante o uso intensivo de inseticidas para o convívio com essa praga, perdas anuais da ordem de 51 a 74 milhões de dólares são acumuladas no Brasil (OLIVEIRA et al., 2013). Dentre as razões condicionantes desta situação estão a pouca precisão na tomada de decisão de controle da praga, uso de tecnologia de aplicação inapropriada, não permitindo que os produtos atinjam a praga nos principais locais de infestação e ataque, além de informação restrita sobre o comportamento adotado para o início e evolução da infestação a campo. A disponibilização dessas informações pode melhorar a eficácia proporcionada pelo controle químico e reduzir a frequência com que é empregado.

Para tanto, faz-se necessário conhecer sobre padrões de distribuição temporal e espacial do inseto em campo.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Estudar a dinâmica de colonização e distribuição espacial e temporal de *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae) em cultivos de algodão.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar a dinâmica temporal de *A. grandis grandis*.
- ✓ Determinar a distribuição espaço temporal de *A. grandis grandis* nas áreas de cultivo;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O algodoeiro

Algodoeiro é o nome vulgar conferido à espécie de planta herbácea pertencente ao gênero *Gossypium*, tribo Gossypieae e família das malváceas. A sua origem foi a partir de ancestrais africanos há, aproximadamente, 12 a 25 milhões de anos (WENDEL & ALBERT, 1992; SEELANAN et al., 1997; WENDEL et al., 2010). Essa espécie possui sementes tolerantes às condições salinas do solo, entre outras características, que possibilitou sua difusão por todo o mundo (STEPHENS, 1966; SEELANAN et al., 1997).

O gênero *Gossypium* possui 50 espécies, as quais estão disseminadas nas regiões áridas e semiáridas da África, Austrália, Américas, Índia, Arábia, Galápagos e Havaí. Dessas espécies, 45 são diploides ($2n = 2x = 26$) e cinco são alotetraploides ($2n = 4x = 52$) (FRYXELL, 1992; ENDRIZZI et al., 1985).

De todas as espécies existentes, somente quatro são cultivadas para a produção do algodão em todo o mundo, dentre elas: *Gossypium hirsutum* L., que representa a maior proporção do algodão produzido, contribuindo com 90% da produção mundial, *G. barbadense* L., *G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L., respondendo por 8%, 2% e 2% da produção mundial respectivamente (PENNA et al., 2005; ZHANG et al., 2008).

A espécie *G. hirsutum*, foi a que deu origem à grande parte das variedades de algodão produzidas e é representada no Brasil pelas raças: *G. hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch (algodoeiro herbáceo) e *G. hirsutum* var. *marie-galante* (Watt) Hutch (algodoeiro-mocó) (FREIRE, 2000).

O ciclo do algodão pode variar de 110 a 180 dias, de acordo com as cultivares que podem apresentar ciclo precoce, médio ou tardio. Essa planta possui ciclo anual, e hábito de crescimento indeterminado (RICHETTI & MELO FILHO, 1998; BAFFES, 2020). As condições de temperaturas adequadas para o crescimento da planta variam entre 18 a 30°C, considerando que as temperaturas entre 25 e 30°C são as mais benéficas ao florescimento e desenvolvimento dos capulhos. A precipitação requerida é de 700 a 1.300 mm e o período crítico situa-se entre a floração e a formação dos capulhos (LAZZAROTTO et al., 1998).

As recomendações para densidade de plantio variam entre populações adensadas, superadensadas ou convencionais, oscilando de 0,38 a 0,95 m entre linhas e de 5-14 plantas por metro linear e aproximadamente 19.000 a 133.000 plantas por hectare (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2011, PAIM et al., 2021).

Atualmente, o algodão é produzido em mais de 60 países, com aproximadamente 35 milhões de hectares plantados, sendo o Brasil o quarto país em volume produzido ficando atrás apenas da Índia, Estados Unidos e China (STATISTA, 2020). Anualmente, a cultura movimenta o equivalente a US\$ 12 bilhões no comércio mundial, envolvendo mais de 350 milhões de pessoas desde o início do processo produtivo até a comercialização dos produtos. (ABRAPA, 2020; FAO, 2020). A fibra é considerada o principal produto da cotonicultura, representando de 35% a 45% da produção total e é considerada a fibra natural mais consumida em todo o mundo (SANTOS et al., 2008).

No Brasil, a região Centro-Oeste é a principal produtora nacional de algodão, e os estados do Mato Grosso e da Bahia respondem por aproximadamente 88% da estimativa de produção em pluma para a safra 2019/20 (BRASIL, 2020).

A área plantada de algodão no Brasil cresce a cada ano: os dados da safra 2019/20 estimam que o plantio será de aproximadamente 1.665,7 mil hectares, indicando incremento de ~5% em relação à safra passada. A estimativa de área plantada da região Centro-Oeste é de 1.233,5 mil hectares, seguida da região Nordeste (365,4 mil hectares), região Sudeste (49,1 mil hectares), região Norte (16,5 mil hectares) e região Sul (1,2 mil hectares) (BRASIL, 2020).

3.2 Bicudo-do-algodoeiro

Durante todo o seu ciclo, o algodoeiro é atacado por uma grande diversidade de artrópodes pragas. Dentre esses artrópodes *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae), conhecido popularmente como bicudo-do-algodoeiro, é considerado praga-chave, pois apresenta enorme potencial em causar prejuízo econômico, atacando as estruturas reprodutivas da planta. Os prejuízos acumulados quando não são adotadas medidas para controle dessa praga, podem variar de 58-84% da produção (GONDIM et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2013).

O bicudo-do-algodoeiro foi encontrado no México primeiramente, há mais de mil anos e sua identificação foi realizada por Boheman em 1843 (BASTOS et al., 2005). Em fevereiro de 1983, o inseto foi constatado no Brasil, no estado de São Paulo, em uma região próxima à cidade de Campinas (BARBOSA et al., 1983).

É um inseto que pertence à ordem dos besouros, denominada Coleoptera, família Curculionidae, e os adultos são caracterizados por apresentar um par de espinhos no fêmur das pernas anteriores. Essa característica junto a outras como tamanho e coloração, permitem diferenciar esses insetos de outros indivíduos da mesma família (GONDIM et al., 1999). Apresenta metamorfose completa durante o seu desenvolvimento, que ocorre em quatro estágios (ovo, larva, pupa e adulto) (JEGER et al., 2017).

A fase referente a incubação dos ovos tem duração de 3 a 5 dias. Os ovos apresentam 0,8 mm de comprimento por 0,5 mm de diâmetro (DEGRANDE, 1998), e cada fêmea pode colocar até 6 ovos por dia, os quais são depositados preferencialmente em botões florais, flores e maçãs. Durante a oviposição as fêmeas abrem um orifício onde é depositado o ovo, o qual é coberto posteriormente por uma substância cerosa/gelatinosa cuja finalidade é a proteção contra os inimigos naturais e desidratação do ovo. A presença dessa substância cerosa permite diferenciar os orifícios de alimentação dos de oviposição (NAKANO et al., 1992; GONDIM et al., 1999; SILVIE et al., 2001). A oviposição é realizada na base do botão floral e as perfurações de alimentação são mais profundas, largas e apresentam ao redor grãos de pólen de coloração amarelada (RAMIRO et al., 1992). No interior da estrutura reprodutiva da planta, o ovo eclode e a larva forma uma câmara a qual utiliza para alimentação, transformando-se em pupa ao final do

período larval e de onde vai ocorrer a emergência do adulto (ZUCCHI et al., 1993; LEIGH et al., 1996).

Após a oviposição nos botões florais, as brácteas adquirem aspecto amarelado, se abrem e os botões sofrem abscisão. As flores atacadas apresentam formato de “balão”, em virtude da não abertura das pétalas (GONDIM et al., 1999). Em relação às maçãs, quando atacadas ainda pequenas, podem tanto cair ao chão quanto permanecerem ligadas às plantas. Essas apresentarão alterações e/ou abrirão irregularmente dando origem às estruturas denominadas carimãs (BASTOS et al., 2005).

O estágio larval tem duração aproximada de 7 a 12 dias. As larvas possuem forma de “C”, coloração branca, cabeça marrom-clara, não possuem pernas e medem aproximadamente de 5 a 10 mm de comprimento. (SOBRINHO & LUKEFHAR, 1983; LEIGH, et al., 1996; BASTOS et al., 2005). O estágio pupal tem duração de 3 a 5 dias e a pupa é de coloração branca (JEGER et al., 2017). Os adultos alcançam longevidade de 20 a 40 dias, possuem comprimento variável de 4 a 9 mm e 7 mm de envergadura, coloração castanho-ferruginosa quando jovem e acinzentada à medida que vão se tornando mais velhos (SOBRINHO & LUKEFHAR, 1983). Sua cabeça é alongada para frente, possui rostro fino e recurvado alcançando metade do comprimento da cabeça (GONDIM et al., 1999; SILVIE et al., 2001). A disponibilidade de alimento durante o estágio larval influenciará no tamanho do adulto do bicudo (BUSOLI et al., 2004). Levando-se em consideração a duração total do ciclo e as condições climáticas, o ciclo do bicudo pode variar de 11 a 67 dias, podendo ocorrer até sete gerações por safra (BASTOS et al., 2005).

Em regiões tropicais e subtropicais, quando a época de cultivo do algodão chega ao fim, as populações de *A. grandis grandis* migram para outras áreas, permanecendo ativas e se alimentam de outras espécies de plantas (GONDIM et al., 1999, CUADRADO, 2002; SHOWLER & ABRIGO, 2007; RIBEIRO et al., 2010). Na inexistência de algodoeiro, o uso dessas plantas para abrigo e alimentação possui relação com a dormência reprodutiva facultativa dos insetos, aumentando sucessivamente à medida que o desenvolvimento fenológico do algodoeiro evolui, podendo chegar a 90% ao término da estação de cultivo (PAULA et al., 2013).

A partir do aparecimento dos primeiros botões florais, em aproximadamente 50 a 90 dias após o plantio, o algodoeiro torna-se suscetível ao bicudo-do-algodoeiro

(SILVIE et al., 2001). A localização da planta hospedeira é auxiliada pela produção e emissão de voláteis, os quais possibilitam o inseto diferenciar a fase vegetativa da reprodutiva (MAGALHÃES et al., 2016).

Os botões florais maiores, com aproximadamente 5,5 a 8 mm de diâmetro, são os mais atacados, sendo os mais preferidos pelo bicudo-do-algodoeiro (SHOWLER, 2005). Quando as maçãs são predominantes no campo, tem-se que as mais atacadas são as mais jovens (de até dois dias de idade) (BUSOLI et al., 2004). Há uma relação entre o tamanho dos botões e a razão sexual da prole, sendo o número de fêmeas em relação ao de machos maior quando as fêmeas parentais se alimentam de botões maiores (SHOWLER, 2004)

Anthonomus grandis grandis concentra seu ataque nos terços médio e superior das plantas, sendo que no terço superior apresenta maior porcentagem de oviposição. Contudo, não há diferenças em relação à preferência alimentar entre essas porções das plantas (GRIGOLLI et al., 2017). As condições consideradas favoráveis para aumentar a população do inseto, abrangem desde plantios que são realizados fora do período recomendado, o monocultivo contínuo de algodão, até a não destruição dos restos culturais (MIRANDA, 2004; RIBEIRO et al., 2015).

O bicudo-do-algodoeiro sofre influência da temperatura e do fotoperíodo em seu desenvolvimento reprodutivo, sobrevivência e ataque. O desenvolvimento e a reprodução são inibidos em temperaturas extremas abaixo de 13°C e acima de 35°C. Já o fotoperíodo de 14:10 e 12:12 (L: E) favorecem o aumento populacional de *A. grandis grandis* (SPURGEON & RAULSTON, 1998; GREENBERG et al., 2008).

As características citadas anteriormente como o alto potencial reprodutivo e a fenologia do algodoeiro oferecendo alimento e sítios de reprodução por longo período de tempo, determinam o status de praga do bicudo-do-algodoeiro. Assim, o potencial destrutivo do inseto somado à sua capacidade em entrar em dormência reprodutiva/fisiológica quando as condições climáticas, de alimentação e de abrigo são desfavoráveis, e o fato dele estar associado aos restos culturais como as rebrotas, podendo infestá-los mesmo após a colheita, tornam seu controle é desafiador (RAMALHO & WANDERLEY, 1996; BASTOS et al., 2005).

As medidas que fazem parte do plano de manejo da praga incluem o controle legislativo (determinação do vazio sanitário), o controle cultural, o controle químico e o controle comportamental (RAMALHO & WANDERLEY, 1996; BASTOS et al.,

2005). O principal método de controle utilizado é o controle químico com inseticidas organossintéticos, principalmente aqueles pertencentes aos grupos dos organofosforados e piretróides (SHOWLER, 2007). O Malathion[®], que é o inseticida mais usado para o controle da praga, é também o que apresenta a maior toxicidade quando comparado aos piretróides (OLIVEIRA-MARRA et al., 2019).

Em razão do bicudo-do-algodoeiro ser considerado uma praga-chave com grande importância, vários autores discutem sobre o momento em que se deve adotar medidas de controle, influenciando na determinação do nível de dano econômico. Sendo assim, faz-se necessário conhecer sobre os padrões de distribuição temporal e espacial a campo e condições climáticas favoráveis ao inseto nas lavouras de algodão, tendo em vista que esses fatores poderão auxiliar no planejamento das medidas de controle, no desenvolvimento de planos de monitoramento eficientes e na melhoria do controle, gerenciando locais e épocas específicos em que há alta infestação desse inseto (DIAS et al., 2018).

3.3 Geoestatística

A distribuição espacial dos insetos é a maneira pela qual os indivíduos de uma população se dispersam em seu habitat e por meio da sua compreensão, torna-se possível conhecer o padrão de dispersão e colonização desses insetos nas áreas cultivadas. Esse conhecimento permite implementar um plano de amostragem e programa de manejo mais efetivos, direcionando os esforços de amostragem e de controle em diferentes épocas e para locais específicos da lavoura, de tal forma a reduzir custos, possibilitar maiores retornos econômicos, aumentar a eficiência e agilidade da amostragem e reduzir os impactos ambientais, uma vez que esses insetos são responsáveis por causar danos às plantas, ocasionando a queda de produtividade e dano econômico (ROSADO et al., 2015; LOPES et al., 2019a, LOPES et al., 2019b).

Alguns estudos determinaram o padrão de distribuição dos insetos e já foram realizados para o bicudo-do-algodoeiro, tendo por base a relação entre a média e a variância (FONSECA et al., 2013; GRIGOLI et al., 2017). Apesar de válidos, esses esforços não consideram a distribuição espacial da praga no plano, que utiliza a posição da amostra nos pontos de amostragem. Nesse aspecto, a única iniciativa já

realizada mapeou a distribuição espacial de *A. grandis grandis* tendo por base a amostragem através de armadilhas contendo feromônio (ARRUDA et al., 2020).

A geoestatística é um recurso importante para auxiliar a agricultura sustentável e vem sendo utilizada com a finalidade de analisar essa variabilidade espacial e temporal de diversos fatores que afetam a produção agrícola, dentre eles a variabilidade espacial de insetos (SCIARRETTA & ATREMATERRA, 2014; BUTTAFUOCO et al., 2017; CASTRIGNANÒ et al., 2018). O conhecimento da distribuição espacial da praga permite estabelecer a menor distância entre amostras necessária para obter amostras independentes, possibilitando melhorias no manejo da resistência a inseticidas e a conservação de agentes de controle biológico, por permitir a adoção de medidas de controle localizadas (SHRESTHA et al., 2020).

A autocorrelação espacial é a correlação de uma determinada variável (z) em um ponto com os valores dessa mesma variável (z) em pontos vizinhos e possibilita analisar se há dependência espacial entre as amostras. A dependência espacial se baseia no princípio segundo o qual a discrepância no valor de uma determinada variável, em dois pontos, depende da distância entre elas. Desta forma seu uso associado aos métodos utilizados para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço e/ou no tempo permite caracterizar o início e a evolução de uma infestação, possibilitando aprimorar as ferramentas de controle (BINNS et al., 2000; GARCÍA, 2006; RAMOS et al., 2019; SHRESTHA et al., 2020).

Dentre as técnicas de geoestatística disponíveis, a krigagem é considerada como um procedimento geoestatístico avançado, pois é um método de interpolação baseado em modelos estatísticos que leva em conta a autocorrelação, isto é, a relação estatística entre os pontos medidos, permitindo maior acurácia das predições obtidas. Assim, para implementação da krigagem um série de etapas devem ser seguidas e estas incluem: i) a realização de análises estatísticas exploratórias no conjunto de dados; ii) a modelagem dos variogramas e funções de covariância para estimar os valores da dependência estatística (autocorrelação espacial) que, por sua vez, são dependentes dos modelos de autocorrelação (modelos ajustados); iii) a geração dos mapas. Os modelos empíricos de semi-variograma testados são: circular, esférico, exponencial, gaussiano e linear. As variáveis usadas para descrever esses modelos são o alcance (*range*), o patamar (*sill*) e o efeito pepita (*nugget*). O alcance é estabelecido como sendo o início da

ausência de variação no modelo ajustado aos dados (onde ele se torna linear); o patamar corresponde ao valor no eixo y no qual o modelo de semi-variograma ajustado atinge o alcance; o efeito pepita é designado como sendo os erros decorrentes de: i) medição; ou ii) das fontes de variação espacial em distâncias menores que o intervalo de amostragem considerado, ou em ambos (ARCGIS for Desktop, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), localizada na Vargem Bonita, Brasília (DF), com altitude de 1.080 m e coordenadas 15°56'57,48" S e 47°56'06,4" O . O local onde o experimento foi conduzido possuía histórico de cultivo orgânico de hortaliças e culturas anuais (milho e trigo), sendo essas áreas circundadas por cultivos de hortaliças, milho, algodão, cana-de-açúcar, citros e vegetação nativa de cerrado (Figura 1). O local apresenta clima tropical de savana e possui precipitação anual média de 1.400 mm conforme a classificação de Köppen (PEEL et al., 2007).

Foram realizados plantios em diferentes épocas de semeadura, sendo o primeiro plantio realizado em 28 de agosto de 2020 (época seca) e o segundo plantio em 09 de novembro de 2020 (época chuvosa). As coordenadas geográficas correspondentes as épocas de seca e chuvosa são 15°57'01,33" S e 47°56'03,54" O e 15°57'05,09" S e 47°56'06,33" O, respectivamente (Figura 1).

As áreas correspondentes à época seca e chuvosa possuíam 91,1×35,6 m (44 linhas com 35,6 m de comprimento cada) e 85,5×108,8 m (141 linhas com 108,8 m de comprimento cada), respectivamente. Essas áreas estavam a uma distância de aproximadamente 30 m entre si e o solo foi classificado como latossolo vermelho-amarelo.

4.2 Manejo e condução do experimento

Nas áreas experimentais foram empregados os tratos culturais comuns utilizados para o preparo do solo do algodoeiro (aração e gradagem com grade

niveladora) e uso dos herbicidas Glifosato, MSMA e óleo mineral aplicados em um volume de calda de 200 litros/ha (Tabela 1).

As cultivares utilizadas nos plantios foram desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), sendo a BRS 371 para a época seca e a BRS 368 para a época chuvosa. Essas cultivares possuem tolerância ao herbicida glifosato, mas, não são resistentes a insetos (não expressam toxinas de *Bacillus thuringiensis*). As sementes foram deslintadas quimicamente e tratadas com Fipronil e Carbendazim (Tabela 1). A densidade de semeadura utilizada foi de seis plantas por metro linear e espaçamento entre linhas de cultivo foi de 0,7 m. Foi realizado o replantio do algodão em alguns pontos onde ocorreram falhas na área correspondente a época chuvosa no dia 20/11/2020.

A adubação de plantio foi realizada com a formulação NPK 4-30-16 (Tabela 1). Na lavoura correspondente a época seca, realizou-se uma pulverização foliar com aminoácidos aos 42 dias após o plantio (DAP) e duas adubações de cobertura (49 DAP e 84 DAP) com ureia (Tabela 1). Já na época chuvosa realizou-se apenas uma adubação de cobertura aos 39 DAP com uréia (Tabela 1).

O manejo de plantas daninhas durante o cultivo na época seca foi realizado por meio de duas aplicações do herbicida glifosato e duas capinas. Já na época chuvosa, foram realizadas duas aplicações do herbicida glifosato (Tabela 1) e uma capina. Em ambas as estações experimentais não foram adotadas medidas de controle de insetos com inseticidas.

4.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada nas duas áreas. Em cada talhão foram demarcados 200 pontos (plantas) que foram identificados numericamente para que durante todo o intervalo de amostragem, as mesmas plantas fossem avaliadas. Os pontos de amostragem ficaram distanciados a aproximadamente 5 m entre si, cobrindo toda a área experimental.

As avaliações foram realizadas semanalmente durante três meses e foram iniciadas durante a fase de botão floral (70 e 60 DAP para a época seca e chuvosa, respectivamente) e mantidas até a fase de abertura dos capulhos.

Em cada planta de algodão amostrada foram avaliados, por meio de contagem direta, todas as estruturas reprodutivas com ou sem ataque de *A. grandis grandis*,

ou seja, botões florais, flores, maçãs e capulhos normais e com sinais de oviposição, alimentação ou ambos (alimentação e oviposição), além do número de adultos de *A. grandis grandis* encontrados. A coleta diária dos dados climáticos (fotoperíodo, intensidade do vento, precipitação, temperatura, umidade relativa e direção do vento) foi realizada através da estação meteorológica disponível na Fazenda Água Limpa.

4.4 Análise dos dados

A partir dos dados obtidos de densidade de *A. grandis grandis* e porcentagens de ataque nas lavouras durante o período de coleta de dados, calculou-se a média e o erro para cada data de avaliação estimando a densidade de *A. grandis grandis* por planta e as porcentagens de cada variável (z), botões atacados (B.AT), maçãs atacadas (M.AT), estruturas reprodutivas atacadas (E.AT), conforme equação abaixo.

$$\% \text{ de infestação} = \frac{N^{\circ} (z)}{N^{\circ} (\text{Estruturas totais})} \times 100$$

Essas variáveis foram selecionadas tendo em vista que são utilizadas para o monitoramento e tomada de decisão de controle de *A. grandis grandis* (BASTOS et al., 2005).

O software Microsoft Excel 2016 foi utilizado para a formação do banco de dados para as análises da distribuição espacial, confecção de gráficos e tabelas.

O gráfico das condições climáticas foi elaborado a partir do monitoramento diário do fotoperíodo, intensidade do vento, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar ao longo do período experimental. A partir desses dados, tornou-se possível elaborar gráficos de variação sazonal de *A. grandis grandis*, porcentagem de ataque nas lavouras e observar a flutuação populacional de *A. grandis grandis*. Para a elaboração dos gráficos utilizou-se o programa Sigma Plot (SYSTAT, 2006).

Para determinação da distribuição espacial e colonização do inseto nas áreas realizou-se primeiramente a modelagem dos semivariogramas experimentais para cada data de avaliação. A partir da distância obtida foi possível quantificar e representar a dependência espacial entre os valores (SOARES, 2000). Os modelos de semivariograma foram ajustados usando a fórmula do semivariograma proposto por Matheron (1965):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde, $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$: é a diferença entre um par de pontos a uma distância igual a h ; $N(h)$: é o número de pares de pontos a uma distância igual a h ; e $\gamma(h)$: é a semivariância correspondente à distância h .

Os modelos de semivariogramas testados foram o linear, esférico, exponencial e gaussiano (VIEIRA et al., 1983; ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989, GALDINO et al., 2017). O modelo que melhor se ajustou foi selecionado pelo coeficiente de determinação (R^2) próximo de um, pela validação cruzada (β_0) mais próxima de zero e pelo coeficiente de inclinação da curva (β_1) mais próximo de 1 (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989; LIEBHOLD et al., 1993; LIMA et al., 2018; MARTINS et al., 2018). Utilizou-se o programa Gs+ Versão 7, para realizar as análises dos semivariogramas, conforme recomendado por Vieira et al. (1983) (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004).

A partir dos modelos ajustados foram obtidos os parâmetros denominados efeito pepita (C_0), patamar (C_{0+c}) e alcance (A), que foram usados para o cálculo do grau de dependência espacial (GDE), de acordo com a equação abaixo.

$$GDE = \frac{C_0}{C_{0+c}}$$

A dependência espacial foi classificada conforme recomendado por Cambardella et al. (1994), sendo forte se $GDE \leq 25\%$, moderado se $25\% < GDE \leq 75\%$ e fraco se $GDE > 75\%$.

Através da distância entre dois pontos foram gerados mapas digitalizados por meio da krigagem, para melhor visualização do ataque de *A. grandis grandis* e sua colonização nas lavouras. A krigagem permitiu estimar, a partir dos pontos amostrais, valores desconhecidos das variáveis no espaço e/ou tempo, tendo como base a análise dos variogramas (VIEIRA et al., 1983; LIMA et al., 2018; MARTINS et al., 2018).

5. RESULTADOS

Os elementos climáticos prevalentes tais como fotoperíodo, vento, precipitação e temperatura caracterizam diferenças desses entre as épocas de cultivo. O maior fotoperíodo ocorreu nos estágios correspondentes às fases de botão floral para a época seca e fase vegetativa para a época chuvosa, indicando que nesses períodos as plantas receberam, em média, 13,03 horas de luz por dia (Figura 2A). Já em relação à intensidade do vento, a maior média registrada foi de 1,1 m/s no período correspondente ao estágio vegetativo da época seca e estágio de florescimento da época chuvosa (1,0 m/s) ao longo do período experimental (Figura 2B).

O maior volume de precipitação ocorreu durante a fase de abertura de capulhos na época seca e fase de florescimento na época chuvosa, com média de 15,08 mm. Já a menor precipitação foi verificada no estágio vegetativo da época seca (1,5 mm) e estágio de abertura de capulho na época chuvosa (0,2 mm) (Figura 2C).

Durante o experimento, as maiores temperaturas médias foram 22,4 e 21,7 °C e ocorreram durante o estágio vegetativo na época seca e chuvosa, respectivamente. A temperatura média mínima foi de 18,5 °C durante o estágio vegetativo da época seca e de 20,0 °C durante o estágio de abertura de capulhos da época chuvosa (Figura 2D). A umidade não sofreu grandes variações durante o período experimental, sendo que a menor umidade foi registrada no estágio vegetativo das plantas cultivadas na época de seca, porém não foi inferior a 56,0% (Figura 2E).

A densidade populacional de adultos de *Anthonous grandis grandis*, em ambas as épocas de cultivo, aumentou à medida que os estágios fenológicos do algodoeiro foram evoluindo e novas estruturas reprodutivas foram emitidas. Entretanto, ao final do ciclo na época chuvosa, antecedendo a colheita, houve uma redução na densidade de adultos. Na época seca, a densidade média de adultos de *A. grandis grandis* foi de $0,10 \pm 0,37$ e na época chuvosa foi de $0,13 \pm 0,52$, com maior quantificação de adultos durante a fase de abertura de capulhos (Figuras 3A e B).

O início da infestação coincidiu com o início da fase de botão floral, com ataque aos botões igual ao ataque às estruturas reprodutivas totais, em ambas as épocas. Entretanto, a proporção de botões florais atacados permaneceu superior à proporção de maçãs atacadas durante as avaliações nas duas épocas de cultivo. A média da porcentagem de ataque foi menor na época seca comparada à época chuvosa (Figura 4).

Na época seca, durante a fase de abertura de capulhos, houve maior porcentagem de ataque, correspondendo a $34,9 \pm 1,44\%$ das estruturas totais, $28,7 \pm 1,33\%$ dos botões e $5,0 \pm 0,56\%$ das maçãs (Figura 4A). Por outro lado, na época chuvosa, observou-se maior porcentagem de botões atacados na fase final do florescimento com $17,0 \pm 0,93\%$ e maior porcentagem de ataque às maçãs e estruturas totais na fase de abertura de capulhos, com $51,4 \pm 1,06\%$ e $65,8 \pm 1,97\%$, respectivamente (Figura 4B).

A partir dos dados, foram gerados 69 modelos, sendo 33 para a época seca e 36 para a época chuvosa. Desses modelos, 14 foram selecionados para cada período, sendo esses os que apresentaram os valores de interceptação da curva (β_0) mais próximos a zero, coeficiente de inclinação da curva (β_1) e coeficiente de determinação (R^2) próximos a um. Todos os modelos foram isotrópicos, ou seja, a autocorrelação espacial foi a mesma em todas as direções.

Em ambas as épocas, não houve presença de maçãs e nem de *A. grandis grandis*, no estágio de botão floral e, desse modo, não foi gerado nenhum modelo para essas variáveis (Tabela 2). Na época seca, dos 14 modelos selecionados, sete se ajustaram ao modelo gaussiano, quatro ao exponencial e três ao esférico (Tabela 2). Já na época chuvosa, dez se ajustaram ao modelo exponencial e quatro ao esférico (Tabela 3).

Os ajustes dos modelos de semivariograma gaussiano, exponencial e esférico mostraram a existência de dependência espacial entre as plantas amostradas em relação à incidência e ao ataque de *A. grandis grandis*. Considerando os modelos testados nas duas épocas, os graus de dependência espacial (GDE) indicaram forte dependência em 24 modelos ($GDE < 0,25$) e moderada em 4 ($0,25 < GDE < 0,75$). Na época seca o GDE variou de 0,05 a 35,91%, enquanto na época chuvosa, essa variação foi de 0,04 a 48,34% (Tabelas 1 e 2).

Os alcances variaram entre 2,28 e 44,07 m para a época seca, sendo os intervalos máximos de 5,63 m para a fase de botão floral, 44,07 m para a fase de florescimento (inicial e tardio) e 6,51 m para a fase de abertura de capulhos (Tabela 2). Já na época chuvosa essa variação ocorreu entre 3,30 e 408,90 m, com os maiores alcances de 7,70 m para o estágio de botão floral, 408,90 m para o estágio de florescimento (inicial e tardio) e 13,80 m para o estágio de abertura de capulho do algodoeiro (Tabela 3). Contudo, observou-se que os alcances superiores ocorreram

na fase de florescimento (inicial e tardio), enquanto os inferiores foram identificados no final do ciclo do algodoeiro correspondendo ao estágio de abertura de capulhos (Tabelas 2 e 3).

Foram gerados 21 mapas de distribuição espacial de *A. grandis grandis* e estruturas atacadas pelo inseto por meio da krigagem dos dados para as épocas seca e chuvosa, sendo 11 para a época seca e 10 para a época chuvosa. Do total de mapas gerados, foram selecionados quatro mapas que melhor representavam os dados para cada estágio de desenvolvimento das plantas de algodoeiro, isto é, botão floral, florescimento inicial, florescimento tardio e abertura de capulhos (Figura 5A e 5B). Desta forma, os mapas representados nas Figuras 5A e 5B para um mesmo estágio de desenvolvimento, não foram gerados necessariamente na mesma data de avaliação ou amostragem e daí existirem algumas divergências da porcentagem de estruturas parciais e totais atacadas.

Os mapas de distribuição espacial dos dados permitiram observar os padrões espaciais da ocorrência de *A. grandis grandis* e do ataque nas áreas correspondentes às épocas seca e chuvosa em diferentes estágios fenológicos. Verificou-se que durante o estágio de botão floral não se detectou a presença do inseto em ambas as épocas de cultivo. A colonização de *A. grandis grandis* iniciou-se pelas bordas do campo e, em seguida, distribuiu-se ao longo de todo o campo. Notou-se ainda que *A. grandis grandis* possuiu um padrão agregado e prefere atacar botões quando comparados às maçãs (Figura 5A e B).

Na época seca, durante as fases de florescimento (botões e estruturas atacadas) e fase de abertura de capulhos (maçãs e estruturas atacadas), alguns pontos de amostragem apresentaram 100% das estruturas atacadas, embora a porcentagem média tenha sido inferior (Figura 5A). O mesmo ocorreu na época chuvosa durante a fase de abertura de capulhos para maçãs atacadas e estruturas atacadas (Figura 5B).

6. DISCUSSÃO

A dinâmica populacional de insetos usualmente está associada a elementos climáticos como a temperatura por serem ectotérmicos (LI et al., 2015; PENG et al., 2016). Contudo, observou-se que a temperatura não sofreu variações intensas ao longo de todo o período experimental, com médias variando entre 18,5 a 22,4°C,

pouco abaixo da faixa de 25°C, considerada ideal para os insetos neotropicais. Dessa forma, a temperatura e precipitação não foram fatores que afetaram diretamente a flutuação populacional do bicudo-do-algodoeiro nas áreas em estudo. Para *A. grandis grandis*, as temperaturas entre 18,3 e 23,9°C foram consideradas adequadas, assegurando a sobrevivência entre as safras de algodão mesmo quando não havia hospedeiros alternativos (SPURGEON & SUH, 2019; FAND et al., 2015; PENG et al., 2016, NING et al., 2019).

Em relação à densidade populacional de *A. grandis grandis* notou-se que na época seca, a densidade populacional aumentou ao longo de todas as avaliações. Vale considerar que nessa época não foi realizado o controle do crescimento das plantas, que possuem hábito de crescimento indeterminado, e assim continuaram crescendo e emitindo estruturas favorecendo a multiplicação do bicudo na área (NEVES et al., 2012; LLANDRES, 2018). Por outro lado, na época chuvosa o aumento da densidade populacional de *A. grandis grandis* ocorreu até o momento final do florescimento, tendo em vista que na fase de abertura de capulhos percebeu-se uma redução da densidade desses insetos a campo, bem como não foi observado continuidade no crescimento e produção de estruturas reprodutivas, como na lavoura cultivada em período anterior. O mesmo foi verificado por outros autores, que observaram que ao final do ciclo de desenvolvimento do algodoeiro nesta mesma região, uma fração da população de *A. grandis grandis* migrou para outros locais como a vegetação nativa, onde passam a utilizar outras fontes de alimentação até encontrarem a possibilidade de reinfestação dos cultivos de algodão (PIMENTA et al., 2016; PIRES et al., 2017).

A porcentagem de infestação atingiu os níveis para tomada de decisão de controle de 5% e 10% de estruturas atacadas já na primeira e terceira semanas de avaliação para a época seca e na quarta e quinta semanas para a época chuvosa, (RAMALHO & JESUS, 1989; DEGRANDE, 1991; ALMEIDA & SILVA, 1999). Contudo, observou-se que as porcentagens de ataque foram maiores na época chuvosa para as variáveis observadas. Vale ressaltar que a época chuvosa foi plantada posteriormente e conforme verificado por alguns autores, as áreas plantadas subsequentemente tendem a ser mais atacadas que as áreas plantadas no início do período recomendado de cultivo, pois os plantios tardios ou de segunda

época, favoreceram a infestação devido a dispersão de *A. grandis grandis* de outras lavouras (MIRANDA, 2004; RIBEIRO et al., 2015).

Tendo por base as porcentagens de todas as estruturas atacadas nas lavouras, constatou-se que *A. grandis grandis* preferiu atacar botões florais, sendo o mesmo observado por outros autores os quais verificaram que o botões com maiores diâmetros foram os mais atacados e considerados os preferidos pelo inseto (SHOWLER, 2005; MICHELOTTO et al., 2007).

As variações na porcentagem de infestação foram relacionadas ao fato de que as plantas sofreram abscisão de estruturas reprodutivas à medida que foram atacadas (SHOWLER e CANTÚ, 2005; SHOWLER, 2008). Em contrapartida, no período chuvoso, após os botões atacados terem sofrido abscisão e na ausência de botões para serem atacados, o inseto passou a atacar maçãs jovens, estrutura reprodutiva para a qual o ataque foi direcionado quando não houve predomínio de botões florais nas plantas (BUSOLI et al., 2004).

Através do semivariograma foi possível verificar a variabilidade espacial das amostras. Em relação à semivariância, todos os modelos gerados foram considerados isotrópicos, indicando um grau de sincronismo. Isto indica que *A. grandis grandis* se distribuiu de forma similar nas quatro direções consideradas (0°, 45°, 90° e 135°). Comportamento similar a outro curculionídeo, *Hypocryphalus mangiferae* (GALDINO et al. 2017).

Observou-se ainda que os alcances para *A. grandis grandis* variaram conforme o estágio fenológico do algodoeiro. O maior alcance ocorreu no estágio de florescimento sendo de 44,07 m e 408,90 m para as épocas seca e chuvosa, respectivamente, indicando que nesta fase encontrou-se a maior distância na qual as amostras estavam correlacionadas espacialmente, sendo esses valores os intervalos que devem ser considerados na definição do plano de amostragem da praga. Isso equivale a dizer que para obtenção de estimativas (amostras) da densidade populacional de *A. grandis grandis* independentes com o propósito de determinar os níveis de infestação e direcionar as pulverizações com inseticidas, a distância a ser adotada entre as amostras deve ser maior que o alcance médio do variograma (SHRESTHA et al., 2020) para a fase em questão, algo que deve resultar em economia do esforço de amostragem vigente sem que contudo haja redução na precisão da estimativa.

A maioria dos modelos gerados indicou forte grau de dependência espacial, sendo o mesmo observado para outros coleópteros em diferentes culturas (FERNANDES et al., 2015; PEREIRA et al., 2018; SHRESTHA et al., 2020). Os mapas apresentados mostraram que durante o estágio de botão floral não houve presença do inseto em nenhuma das lavouras e as porcentagens de infestação foram baixas, pois os botões florais ainda estavam pequenos e *A. grandis grandis* prefere atacar botões maiores (SHOWLER, 2007).

Anthonomus grandis grandis iniciou a colonização pelas bordas dos campos durante a fase de botão floral. Este comportamento de colonização está associado tanto a fonte externa de insetos, quanto ao aumento da agregação pelo fato dos adultos ao alimentarem-se de botões florais e flores aumentarem a taxa de produção do feromônio de agregação (MAGALHAES et al., 2016; MAGALHAES et al., 2018; ARRUDA et al., 2020).

Posteriormente, os insetos distribuíram-se ao longo do campo como um todo com tendência de se localizar em determinadas regiões da lavoura adotando um padrão de distribuição agregado, conforme já verificado para outras espécies da família Curculionidae como, por exemplo, *Hypocryphalus mangiferae*, *Xyleborus affinis*, *Conotrachelus psidii* e *Hypera postica* (PEREIRA et al., 2018; PINCHAO & MUÑOZ, 2019; SHRESTHA et al., 2020).

Apesar do ataque do inseto ter se iniciado pelas bordas, percebeu-se que conforme o algodoeiro desenvolveu-se, as maiores porcentagens de infestação da praga foram detectadas no centro das áreas. A partir do conhecimento desses padrões de distribuição espacial torna-se possível gerar um plano de amostragem mais eficiente, direcionando os esforços de amostragem e de controle em diferentes épocas e para locais específicos da lavoura (ARIAS et al., 2019; RIBEIRO et al., 2020). Além disso, a adoção da distância sob a qual as amostras se mostram independentes nas estimativas para tomada de decisão de controle da praga deve resultar em economia significativa do esforço de amostragem, fomentando a maior adoção do manejo de pragas para uma cultura tão relevante quanto o algodoeiro.

Estudos subsequentes devem considerar também a distribuição espacial de inimigos naturais e atualização do nível de dano econômico de maneira a contribuir para um melhor manejo da praga.

7. CONCLUSÕES

Esse trabalho foi o primeiro estudo realizado com a finalidade de conhecer a distribuição de *Anthonomus grandis grandis* simultaneamente no tempo e no espaço através da geoestatística. Observou-se que o inseto apresenta um padrão de distribuição agregada, iniciando o seu ataque pelas bordas. Em cada estágio fenológico do algodoeiro para as variáveis observadas tem-se diferentes alcances os quais devem ser considerados em futuros planos de amostragem do inseto. Diante disso, o monitoramento inicial de populações de *A. grandis grandis* deve ser localizado nas bordas da lavoura, local onde o inseto iniciou a sua colonização, possibilitando que medidas de controle imediatas sejam tomadas quando ainda não houver nenhum dano econômico. Inicialmente, o caminhamento recomendado para realização da amostragem é do tipo U. Em seguida, após o inseto se distribuir pela lavoura, faz-se necessário modificar o tipo de caminhamento, passando a adotar o caminhamento do tipo x ou z para amostragem das plantas, com distância entre os pontos de amostragem estabelecida a partir dos valores de alcance em cada estágio fenológico sendo estágio de botão floral de ~8m, no estágio de florescimento de ~410 m e no estágio de abertura de capulhos de ~14 m.

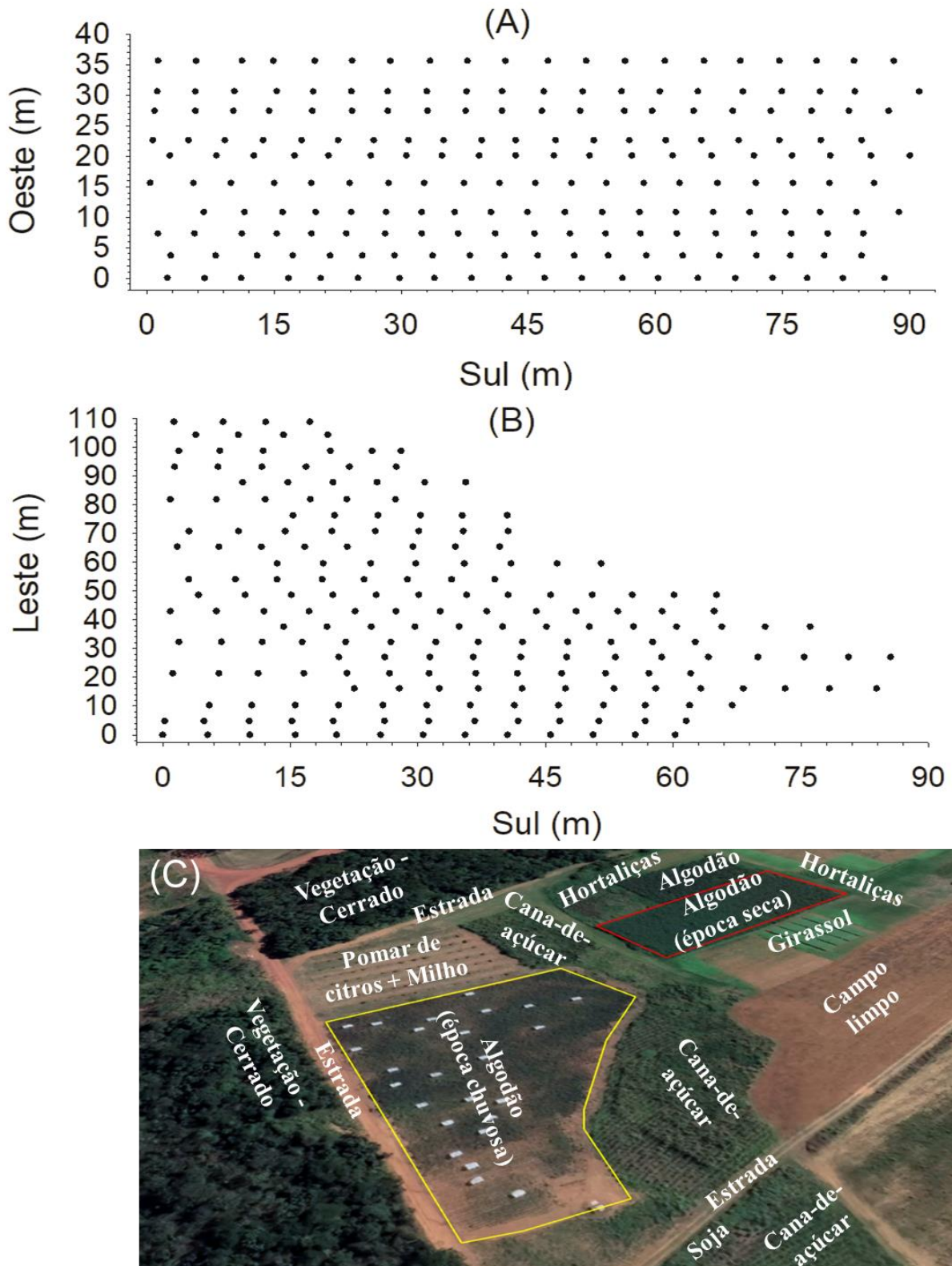


Figura 1. Pontos de amostragem de *Anthonomus grandis grandis* na época seca (A) e chuvosa (B) e fotografia aérea (C) das áreas experimentais delimitadas por linhas amarela (época seca) e vermelha (época chuvosa). Cada ponto corresponde a uma planta de algodão.

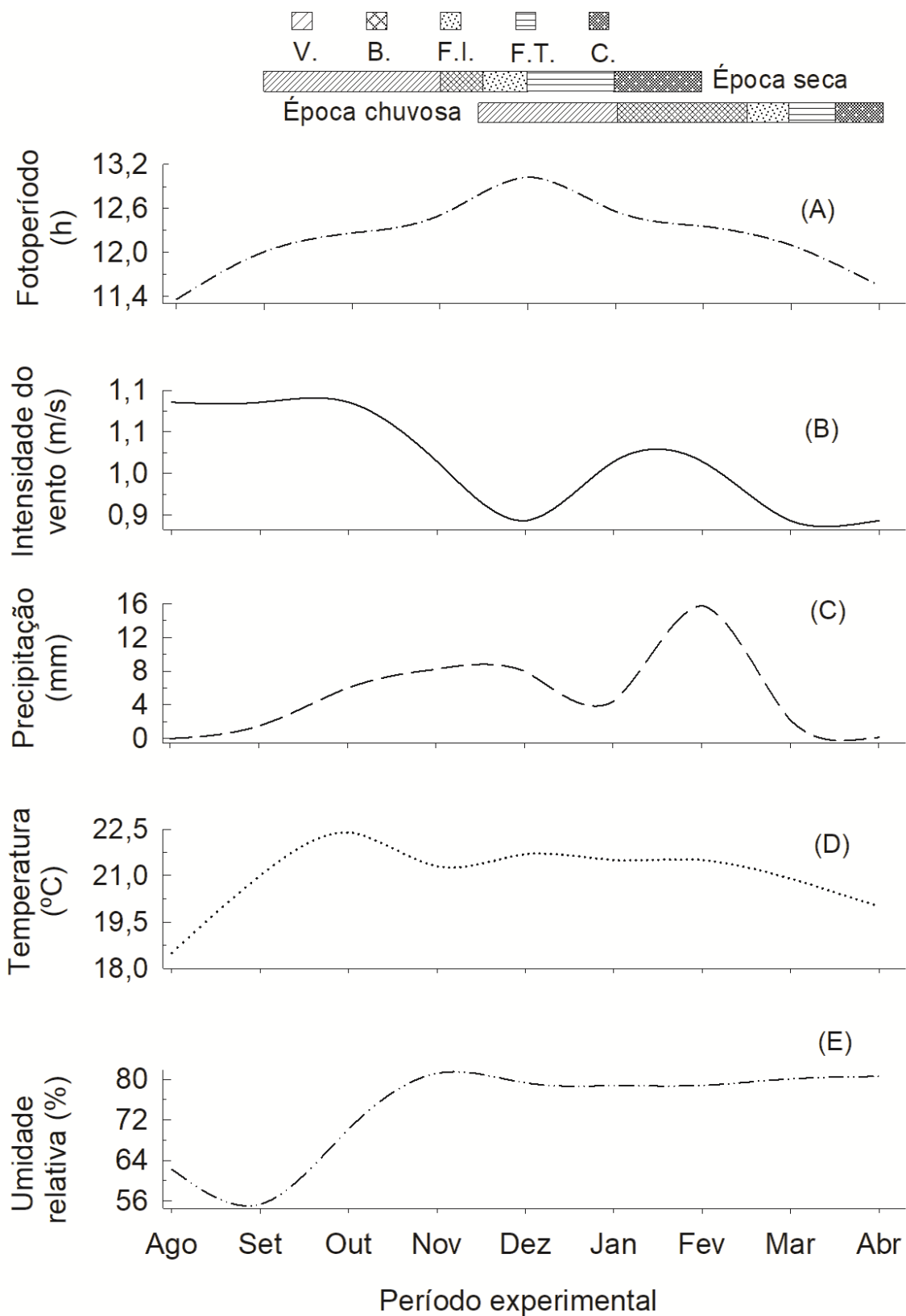


Figura 2. Elementos climáticos prevalentes durante o período experimental. (A) = Fotoperíodo; (B) = Intensidade do Vento; (C) = Precipitação; (D) = Temperatura; (E) = Umidade Relativa; Estágios V = Vegetativo; B = Botão foral, F.I = Florescimento Inicial; F.T = Florescimento Tardio; A = Abertura de Capulhos;

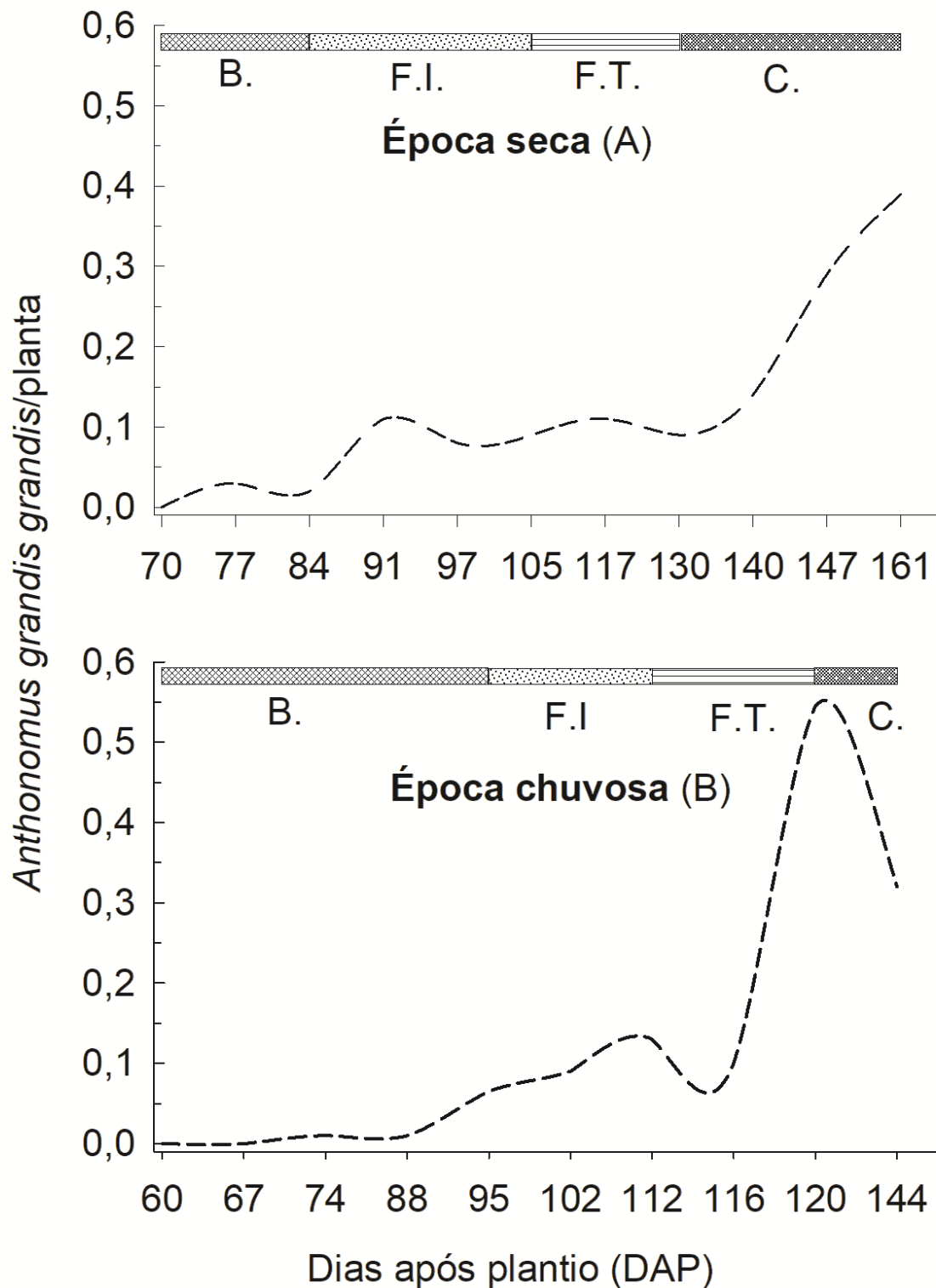


Figura 3. Variação sazonal na densidade média de *Anthonomus grandis grandis* por planta na período de seca (A) e chuvoso (B). Estágios B = Botão Floral; F.I = Florescimento Inicial; F.T = Florescimento Tardio; C = Abertura de capulhos.

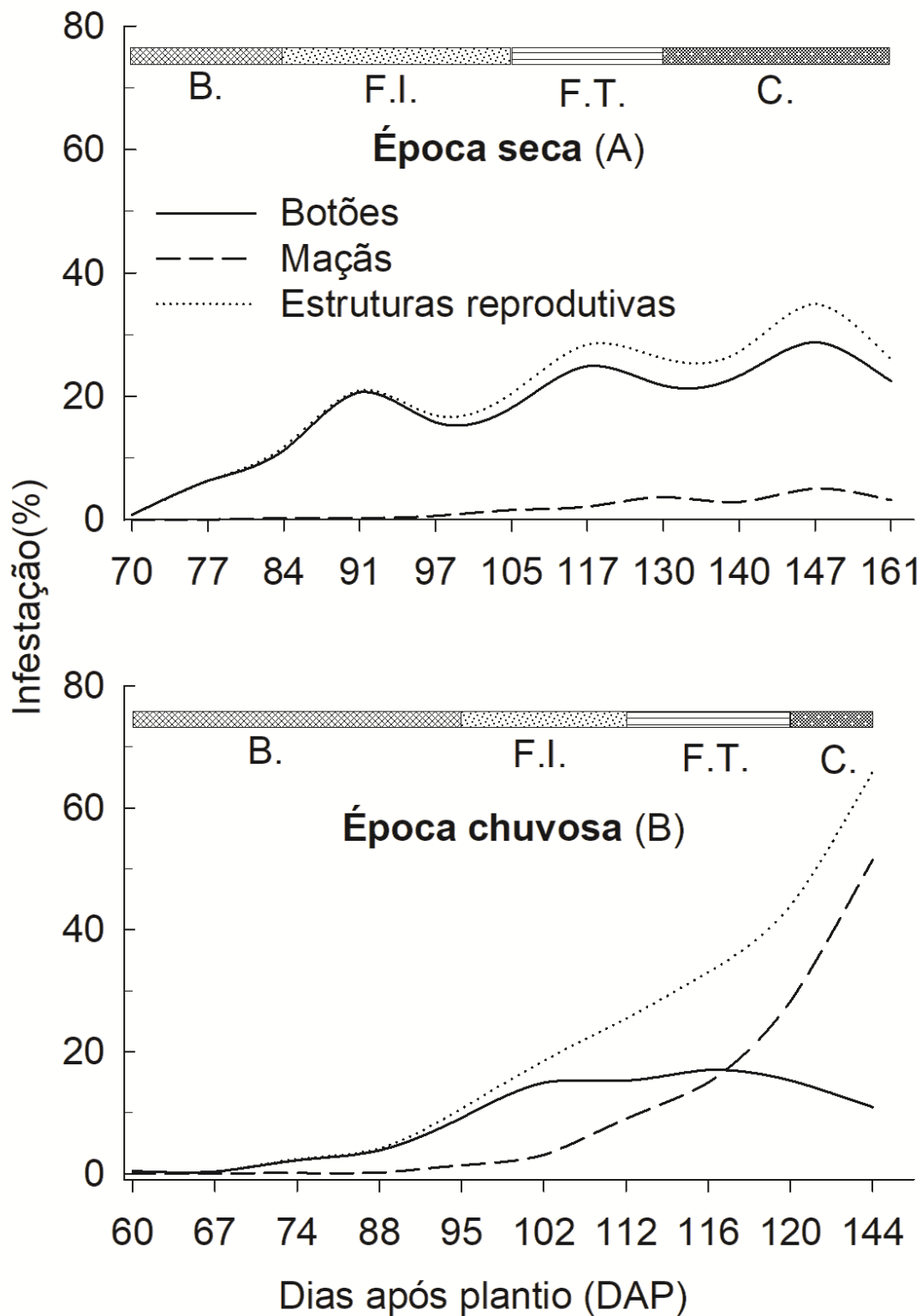


Figura 4. Variação sazonal da porcentagem de ataque de *A. grandis grandis* em botões, maçãs e estruturas reprodutivas totais na período de seca (A) e chuvoso (B). Estágios B = Botão Floral; F.I = Florescimento Inicial; F.T = Florescimento Tardio; C = Abertura de capulhos.

Tabela 1. Insumos empregados nas áreas utilizadas nos ensaios.

Tipo de tratamento	Nome comercial	i.a.	Concentração (g L ⁻¹)	Dose P.C.	Fabricante	Local
	Round Up Original Mais [®]	Glifosato	577	5 L ha ⁻¹	Monsanto	São Paulo, SP
		Equivalente ácido de glifosato	480			
	Volcane [®]	MSMA	790	3 L ha ⁻¹	Corteva	Paulínea, SP
	Pulverização terrestre	Assist [®]	Óleo mineral	756	0,1 L ha ⁻¹	Basf
	Naturamin [®] WSP	Aminoácidos livres	80% p/p	0,5 Kg ha ⁻¹	Daymsa	Zaragoza, Espanha
		Nitrogênio total	12,8% p/p			
		Nitrogênio orgânico	12,8% p/p			
Tratamento de sementes	Terra Forte [®]	Fipronil	250	0,3 L 100 Kg sementes ⁻¹	Ouro Fino	Uberaba, MG
	Derosal Plus [®]	Carbendazim	150	0,6 L 100	Bayer	Belford Roxo, RJ
		Tiram	350	Kg de sementes ⁻¹		
Adubação de plantio	4-30-16	Nitrogênio total	4%	217 Kg ha ⁻¹	Rifertil Fertilizantes	Rio Verde, GO
		P2O5	30%			
		K2O	16%			
		SO4	2,1%			
		Ca	4%			
Adubação de cobertura	Uréia Nitro Fértil	N	45%	120 Kg ha ⁻¹	Rifertil Fertilizantes	Rio Verde, GO

Tabela 2. Parâmetros e modelos teóricos ajustados aos padrões de distribuição espacial de *Anthonomus grandis grandis* em algodoeiro cultivado na época seca.

Estágios Fenológicos	Variáveis	Características dos Modelos de Distribuição Espacial							Validação cruzada		
		Modelo	C ₀	C _{0+C}	A	SQR	R ²	GDE	β ₀	β ₁	R ²
Botão (70 a 85 DAP)	BIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B.AT.	Gaussiano	0,01	22,08	5,63	289	0,607	0,0005	0,83	-0,08	0,002
	M.AT.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E.AT	Gaussiano	0,01	22,08	5,63	289	0,607	0,0005	0,83	-0,08	0,002
Florescimento inicial (86 a 105 DAP)	BIC	Exponencial	0,06	0,18	44,07	6,09 x 10 ⁻³	0,659	0,3591	0,04	0,66	0,095
	B.AT.	Gaussiano	1,00	415,10	6,77	28,28	0,829	0,0024	10,42	0,07	0,003
	M.AT.	Gaussiano	0,00	2,95	7,07	2,94	0,737	0,0003	0,23	-0,03	0,001
	E.AT	Gaussiano	1,00	433,30	6,65	30,27	0,835	0,0023	11,05	0,06	0,002
Florescimento tardio (106 a 130 DAP)	BIC	Exponencial	0,03	0,15	8,28	2,77 x 10 ⁻³	0,426	0,2383	0,02	0,81	0,092
	B.AT.	Exponencial	35,30	144,90	14,16	935	0,845	0,2436	4,72	0,81	0,204
	M.AT.	Esférico	0,13	14,58	5,56	19,20	0,643	0,0089	2,21	-0,12	0,002
	E.AT	Exponencial	81,00	580,60	12,45	17,33	0,839	0,1395	5,83	0,73	0,138
Abertura de capulhos (131 a 161 DAP)	BIC	Esférico	0,03	0,40	4,87	0,02	0,679	0,0781	0,22	0,26	0,011
	B.AT.	Esférico	5,00	332,60	2,28	14,33	0,000	0,0150	8,87	0,70	0,080
	M.AT.	Gaussiano	0,10	85,20	5,82	2,81	0,645	0,0012	2,94	0,17	0,008
	E.AT	Esférico	9,00	457,20	6,51	4,62	0,903	0,0197	8,31	0,68	0,104

(*): β₀: Interceptação da curva; β₁: Inclinação da curva; SQR: Soma de quadrado dos resíduos; C₀ = efeito pepita; C_{0+C} = efeito patamar; A: Alcance; GDE = grau de dependência espacial; R² = Coeficiente de Determinação; B.AT= Botões atacados; M.AT= Maças atacadas; E.AT= Estruturas reprodutivas atacadas; BIC = Densidade média de *Anthonomus grandis grandis*; (-) Momentos em que não houve dados das variáveis para gerar o modelo.

Tabela 3. Parâmetros e modelos teóricos ajustados aos padrões de distribuição espacial de *Anthonomus grandis grandis* em algodoeiro cultivado na época chuvosa.

Estágios Fenológicos	Variáveis	Características dos Modelos de Distribuição Espacial							Validação cruzada		
		Modelo	C ₀	C _{0+C}	A	SQR	R ²	GDE	β ₀	β ₁	R ²
Botão (60 a 95 DAP)	BIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B.AT.	Esférico	0,01	4,84	7,70	10,20	0,011	0,0021	0,16	0,49	0,046
	M.AT.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E.AT	Esférico	0,01	4,84	7,70	10,20	0,011	0,0021	0,16	0,49	0,046
Florescimento inicial (96 a 113 DAP)	BIC	Exponencial	0,03	0,16	12,90	3,17 x 10 ⁻³	0,171	0,1656	0,10	0,19	0,006
	B.AT.	Esférico	71,30	147,50	142,10	551	0,792	0,4834	0,02	1,03	0,192
	M.AT.	Exponencial	9,98	25,91	20,40	34,70	0,478	0,3852	1,21	0,57	0,072
	E.AT	Exponencial	88,10	205,10	303,00	794	0,774	0,4295	-0,29	1,06	0,200
Florescimento tardio (114 a 121 DAP)	BIC	Exponencial	0,07	1,03	3,30	0,03	0,001	0,0658	0,38	0,32	0,007
	B.AT.	Exponencial	2,30	157,40	7,80	1.191	0,123	0,0146	5,79	0,66	0,070
	M.AT.	Exponencial	13,30	165,60	6,60	797	0,115	0,0803	5,33	0,63	0,043
	E.AT	Exponencial	166,60	425,20	408,90	2.597	0,770	0,3918	1,36	0,95	0,192
Abertura de capulhos (122 a 144 DAP)	BIC	Exponencial	0,14	0,99	13,80	0,15	0,177	0,1390	0,15	0,54	0,058
	B.AT.	Exponencial	3,80	233,10	6,30	1.159	0,104	0,0163	8,47	0,45	0,027
	M.AT.	Esférico	1,00	762,40	5,90	26.924	0,000	0,0013	34,25	0,33	0,010
	E.AT	Exponencial	13,00	493,20	3,90	10.783	0,001	0,0264	28,00	0,36	0,010

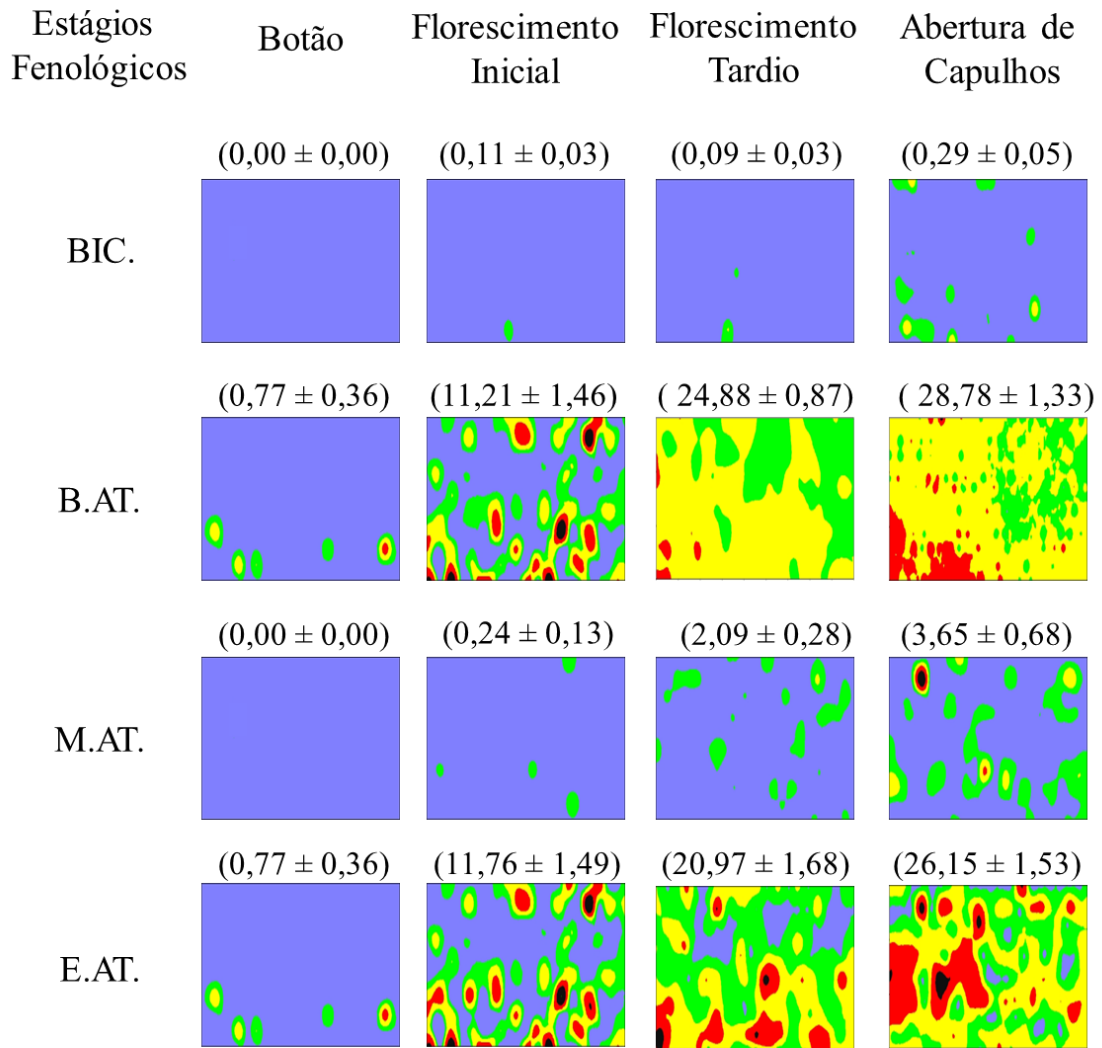
(*): β₀: Interceptação da curva; β₁: Inclinação da curva; SQR: Soma de quadrado dos resíduos; C₀ = efeito pepita; C₀+C = efeito patamar; A: Alcance; GDE = grau de dependência espacial; R² = Coeficiente de Determinação; B.AT= Botões atacados; M.AT= Maçãs atacadas; E.AT= Estruturas reprodutivas atacadas; BIC = Densidade média de *Anthonomus grandis grandis*; (-) Momentos em que não houve dados das variáveis para gerar o modelo.

(*Anthonomus grandis grandis*/planta)

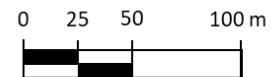
Infestação (%)



Época seca (A)



Dir. Vento



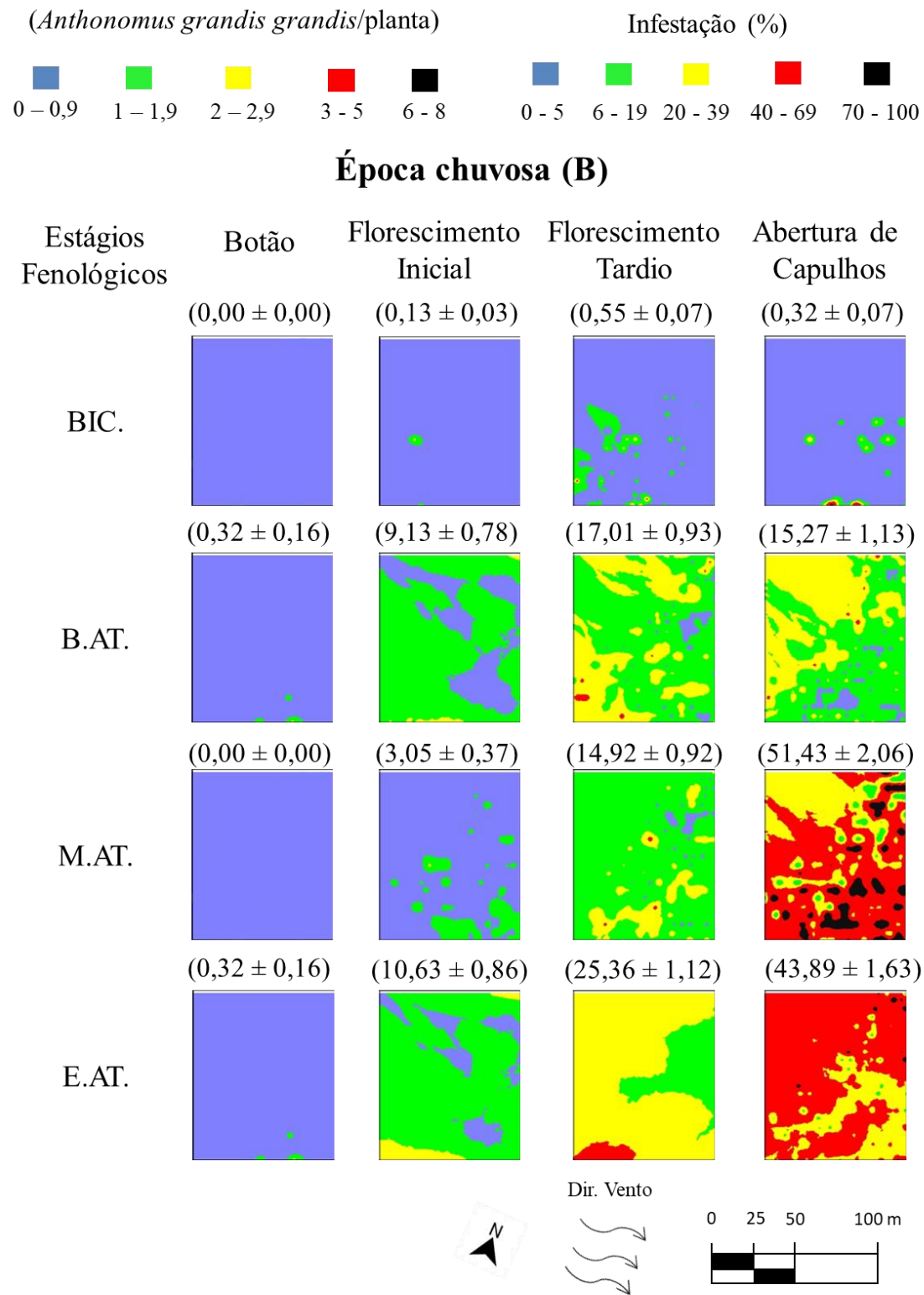


Figura 5. Mapas da distribuição espacial de *Anthonomus grandis grandis* e estruturas reprodutivas atacadas em diferentes fases fenológicas do algodoeiro na período de seca (A) e chuvoso (B).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. P.; SILVA, C. A. D. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In: BELTRÃO, N.E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.2 Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 753-820.

ARCGIS for Desktop. **Raster Interpolation toolset concepts**. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>. Acesso em: 23 de junho de 2021

ARIAS, V. C.; OSORIO, M. A.; OSORIO, M. J. G.; RAMÍREZ-GIL, J. G. Spatial Analysis of Presence, Injury, and Economic Impact of the Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) Complex in Avocado Crops. **Neotrop Entomol**, v. 48, p. 583-593, 2019.

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. **Neotrop Entomol**, v. 49, p. 901–915, 2020.

ARRUDA, L. S.; TORRES, J. B.; ROLIM, G. G.; SILVA-TORRES, C. S. Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. **Pest Manag Sci**, v. 77, p. 1339-1347, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO (ABRAPA). **Algodão no mundo**. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

BAFFES, J. **Markets for cotton by-products**: global trends and implications for African cotton producers. Disponível em: <http://documents.worldbank.org>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

BARBOSA, J. C. A. amostragem seqüencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B. de; BORTOLI, S. A. (Ed.). **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 205-211.

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

BINNS, M. R.; NYROP, J. P.; VAN DER WERF, W. **Sampling and monitoring for crop protection decision making**. Wallingford: CABI Press, 2000. 284 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Normas e exigências para execução de testes de produtos químicos para fins de registro no MAPA**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), 1995.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Boletim de Safra de Grãos** – janeiro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 13 de janeiro de 2021.

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

BUTTAFUOCO, G. et al. Geostatistical modelling of within-field soil and yield variability for management zones delineation: a case study in a durum wheat field. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 37-58, 2017.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CASTRIGNANÒ, A. et al. A geostatistical sensor data fusion approach for delineating homogeneous management zones. **Precision Agriculture**, v. 167, p. 293-394, 2018.

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

DEGRANDE, P. E. **Bicudo do algodoeiro**: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul. Dourados: UFMS/NCA. 16 p, 1991.

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

DIAS, N. P.; ZOTTI, M. J.; MONTROYA, P.; CARVALHO, I. R.; NAVA, D. E. Fruit fly management research: a systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protect**, v. 112, p. 187–200, 2018.

ENDRIZZI, J. E.; TURCOTTE, E. L.; KOHEL, R. J. Genetics, cytology, and evolution of *Gossypium*. **Advances in Genetics**, New York, v. 23, p. 271–375, 1985.

FAND, B. B.; SUL, N. T.; BAL, S. K. Minhas, P.S. Temperature impacts the development and survival of common cutworm (*Spodoptera litura*): Simulation and visualization of potential population growth in india under warmer temperatures through life cycle modelling and spatial mapping. **PLoS ONE** 10, v. 10, 2015.

FAROOQ, U. et al. A review on hereditary qualities assorted variety of american cotton. **Agricultural Sciences**, v. 9, p. 587-608, 2018.

FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; FERNANDES, M.E.S. et al. A new and highly effective sampling plan using attractant-baited traps for the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **J Pest Sci**, v. 88, p. 289–299, 2015.

FONSECA, P. R. B.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; MOTA, T. A.; KASSAB, S. O. Spatial distribution of adult *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and buds with feeding punctures on conventional and Bt cotton. **Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1129-1138, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Statistics division. Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities_by_regions/E e. Acesso em: 02 de maio de 2021.

FREIRE, E. C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 22 p. Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 78).

FRYXELL, P. A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Rheedea. Calicut**, v. 2, p. 108–165, 1992.

GALDINO, T. V. S.; FERREIRA, D. O.; SANTANA P. A. JR., ARCANJO, L. P.; QUEIROZ, E. A.; SARMENTO, R. A.; PICANÇO, M. C. The Role of the Beetle *Hypocryphalus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) in the Spatiotemporal Dynamics of Mango Wilt, **Journal of Economic Entomology**, v. 110, p. 865–874, 2017.

GARCÍA, F. J. M. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, v. 93, p. 253-259, 2006.

GONDIM, D. M. C. et al. **Manual de identificação das pragas, doenças, deficiências minerais e injúrias do algodoeiro no Brasil**. 3.ed. Cascavel: COODETEC, 1999. 120 p. (COODETEC. Boletim técnico, 33.).

GREENBERG, S. M. et al. Effects of photoperiod on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) development, survival, and reproduction. **Environmental Entomology**, v.37, p.1396-1402, 2008.

GRIGOLLI, J. F. J. et al. Within plant distribution of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition damages in cotton cultivars. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 78-84, 2013.

GRIGOLLI, J. F. J. et al. Sequential sampling plan of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in cotton plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, p. 763–769, 2017.

GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C. Spatial Distribution of Adult *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and Damage to Cotton Flower Buds Due to Feeding and Oviposition. **Neotrop Entomol**, v. 46, p. 442–451, 2017.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

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

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).

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).

LI, WX et al. Effects of Temperature on the Age-Stage, Two-Sex Life Table of *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). **J. Econ. Entomol**, v. 108, p. 126–134, 2015.

LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. **Annual Review Entomology**, v. 38, p. 303-327, 1993.

LIMA, C. H.; SARMENTO, R. A.; GALDINO, T. V.; PEREIRA, P. S.; SILVA, J.; SOUZA, D. J.; PICANÇO, M. C. Spatiotemporal dynamics of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in commercial watermelon crops. **J. Econ. Entomol**, v. 111, p. 1895–1903, 2018.

LLANDRES, A. L.; ALMOHAMAD, R.; BRÉVAULT, T.; RENOU, A.; TÉRÉTA, I.; JEAN, J.; GOEBEL, F. R. Plant training for induced defense against insect pests: a promising tool for integrated pest management in cotton. **Pest Manag Sci**, v. 74, p. 2004–2012, 2018.

LLOYD, E. P.; TINGLE, F. C.; GAST, R. T. Environmental stimuli inducing diapause in the boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, v. 60, p. 99-102, 1967.

LOPES, M. C.; FARIAS, E. S.; COSTA, T. L.; ARCANJO, L. P.; SANTOS, A. A.; RIBEIRO, A. V.; SANTOS, R. C.; PICANÇO, M. C. Economic injury level and sequential sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* management in tomato crops. **Crop Protection**, v. 124, 2019a.

LOPES, M. C.; RIBEIRO, A. V.; COSTA, T. L.; ARCANJO, L. P.; FARIAS, E. S.; SANTOS, A. A.; RAMOS, R. S.; ARAÚJO, T. A.; PICANÇO, M. C. Practical sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in tomato crops. **J. Econ. Entomol**, v. 112, p. 1946-1952, 2019b.

MAGALHÃES, D. M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; MORAES, M. C. B. Influence of two acyclic homoterpenes (tetranorterpenes) on the foraging behavior of *Anthonomus grandis* Boh. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, p. 305-313, 2016.

MARTINS J. C.; PIKANÇO M. C.; SILVA R. S.; GONRING A. H.; GALDINO T. V.; GUEDES R. N. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. **Pest. Manag. Sci**, v. 74, p. 30–36, 2018.

MATHERON, G. Les variables régionalisées et leur estimation: une application de la théorie des fonctions aléatoires aux sciences de la nature. **Masson et Cie**, Paris, France, 1965

MICHELOTTO, M. D. N.; FILHO, R. C.; SILVA, R. A.; BUSOLI, A. C. Effect of diameter of the cotton squares in the development of boll weevil. **Bragantia**, v. 66, p. 97– 100, 2007.

MIRANDA, J. E.; SUASSUNA, N. D. **Guia de identificação e controle das principais pragas e doenças do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004, 48 p. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 76).

NAKANO, O.; MARCHINI, L. C.; BATISTA, C. G. de. **Curso de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba: FEALQ, 1992. 760 p.

NEVES, R. C. S.; SHOWLER, A. T.; PINTO, E. S.; BASTOS, C. S.; TORRES, J. B. Reducing boll weevil populations by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. **Entomology Experimental et Applicata**, v. 146, p. 276-285, 2013.

NING, H.; DAI, L.; FU, D.; LIU, B.; WANG, H.; CHEN, H. Factors Influencing the Geographical Distribution of *Dendroctonus armandi* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) in China. **Forests**, v. 10, 2019.

OLIVEIRA, C. M. et al. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 1-15, 2013.

OLIVEIRA-MARRA, S. O. D.; GUEDES, R. N. C.; BASTOS, C. S.; MARRA, P. H. A.; VIVAN, L. M.; ZANINE, A. de. M. Insecticide resistance and control failure likelihood among populations of the boll weevil (*Anthonomus grandis*) from Mato Grosso (Brazil). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, p. 42714, 2019.

PAIM, E. A.; DIAS, A. M.; SHOWLER, A. T.; CAMPOS, K. L.; OLIVEIRA, A. A. S.; GRILLO, P. P. C.; BASTOS, C. S. Cotton row spacing for boll weevil management in low-input production systems. **Crop Protection**, v. 145, pp. 105614, 2021.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. Controle químico do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, Boheman (Coleoptera: Curculionidae). Cap. 5.3 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.).

PAULA, D. P. et al. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the midwest of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 86-96, 2013.

PENG, L.; MIAO, Y.; HOU, Y. Demographic comparison and population projection of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) reared on sugarcane at different temperatures. **Sci Rep** 6, n. 31659, 2016.

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

PEREIRA, R. M.; GALDINO, T. V. S.; RODRIGUES-SILVA, N.; SILVA, R. S.; SOUZA, T. C.; PIKANÇO, M. C. Spatial distribution of beetle attack and its association with mango sudden decline: an investigation using geostatistical tools. **J Pest Sci**, v. 75, p. 1346-1353, 2018.

PIMENTA, M. et al. Survival and preference of cotton boll weevil adults for alternative food sources. **Brazilian Journal of Biology** v. 76, p. 387-395, 2016.

PINCHAO, E. C.; MUÑOZ, A. C. Mapping the Spatial Distribution of *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculionidae): Factors Associated with the Aggregation of Damage. **Neotrop Entomol**, v. 48, p. 678-691, 2019.

PIRES, C. S. S. et al . Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 149-160, 2017.

RAMALHO, F. S.; JESUS, F. M. M. Avaliação de inseticidas para o controle do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, p. 273-276, 1989.

RAMALHO, F. S.; WANDERLEY, P. A. Ecology and management of the boll weevil in South America cotton. **American Entomologist**, v. 42, p. 41-47, 1996.

RAMIRO, Z. A.; NETTO, N. D.; NOVO, J. P. S.; PURGATO, G. L. S.; CORREIA, M. F. M.; SANTOS, R. C. Avaliação da eficiência de inseticidas em

função dos tipos de danos ocasionados pelo bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 21, p. 401-411, 1992.

RAMOS, Y. J.; COSTA, T. L.; SANTOS, A. A.; SILVA, R. S. DA, GALDINO, T. V. S.; PICANÇO, M. C. Geostatistical analysis as essential information for efficient decision making in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) control in apple orchards, **Crop Protection**, v. 120, p. 50-57, 2019.

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

RIBEIRO, B. E. et al. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 993-998, 2015.

RIBEIRO, A. V.; RAMOS, R. S.; ARAÚJO, T. A.; SOARES, J. R.; PAES, J. D. S.; ARAÚJO, V. C.; PICANÇO, M. C. Spatial distribution and colonization pattern of *Bemisia tabaci* in tropical tomato crops. **Pest. Manag. Sci**, v. 77, p. 2087–2096, 2020.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. **Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. herbáceo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 14 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 7).

ROSADO, J. F.; PICANÇO, M. C.; SARMENTO, R. A.; PEREIRA, R. M.; PEDRONETO, M.; GALDINO, T. V. S.; ERASMO, E.A.L. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological**

Research, v. 105, p. 381-389, 2015.

SANTOS, R. F. dos.; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2008. p. 31-60.

SAS. **Statistical analysis system**: getting started with the SAS learning. Cary: SAS Institute, 2002.

SCIARRETTA A.; TREMATERRA P. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. **Plant Protect. Sci.**, v. 50, p. 97–110, 2014.

SEELANAN, T.; SCHNABEL, A.; WENDEL, J. F. Congruence and consensus in the cotton tribe (Malvaceae). **Systematic Botany**, v. 22, p. 259-290, 1997.

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

SHOWLER, A. T. Relationships of different cotton square sizes to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition in field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 572-579, 2005.

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.

SHOWLER, A. T. Ecologia subtropical do gorgulho das cápsulas. **American Entomologist Journal**, v. 53, p. 240-249, 2007.

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

SHOWLER, A. T. Relationships of abscised cotton fruit to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding, oviposition, and developmen. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, p. 68-73, 2008.

SHOWLER, A. T. Do boll weevils really diapause?. **American Entomologist Journal**, v. 56, p. 100-105, 2010.

SHRESTHA, G.; RIJAL, J. P.; REDDY, G. V. Characterization of the spatial distribution of alfalfa weevil, *Hypera postica*, and its natural enemies, using geospatial models. **Pest. Manag. Sci**, v. 77, p. 906–918, 2020.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, v. 65, p. 407-411, 2006.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; FURLANI JR., E.; KONDO, J. I.; SALVATIERRA, D. K.; TISSELI, A. C. P. de C. Configurações de semeadura e produção e qualidade da fibra do algodoeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1709-1716, 2011.

SILVA, C. A. D. da. et al . 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**, v. 47, 2017.

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

SOARES, J. J. et al. Influência da posição do fruto na planta sobre a produção do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 34, p. 755-759, 1999.

SOARES, A. Geoestatística para as Ciências da Terra e do Ambiente, IST Press, Lisboa, 206 p. 2000.

SOBRINHO, R. Y; LUKEFHAR, M. J. **Bicudo (*Anthonomus grandis* Boh.)**: nova ameaça à cotonicultura Brasileira, biologia e controle. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1983. 32 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 22).

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

SPURGEON, D. W.; RAULSTON, J. R. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) reproductive development as a function of temperature. **Environmental Entomology**, v. 27, p. 675-681, 1998.

SPURGEON, D. W.; SUH, C. P.; ESQUIVEL, J. F. Diapause response of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) to feeding period duration and cotton square size. **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 1-9, 2018.

SPURGEON, D. W.; SUH, C. P. Diapause Response of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) to Selected Diets. **Journal of Entomological Science** v. 54, p. 61–78, 2019.

STATISTA. **Leading cotton producing countries worldwide in 2019/2020**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263055/cotton-production-worldwide-by-top-countries/>. Acesso em: 20 de março de 2020.

STEPHENS, S. G. The potentiality for long range oceanic dispersal of cotton seeds. **The American Naturalist**, v. 100, p. 199– 210, 1966.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for windows**. Version 10.0. Germany: Systat software, 2006.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. In VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds) **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 49-83.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, p. 1-75, 1983.

WENDEL, J. F.; ALBERT, V. A. Phylogenetics of the cotton genus (*Gossypium* L.): characterstate weighted parsimony analysis of chloroplast DNA restriction site data and its systematic and biogeographic implications. **Systematic Botany**, v. 17, p. 115-143, 1992.

WENDEL, J. F.; BRUBAKER, C. L.; SEELANAN, T. The origin and evolution of *Gossypium*. In: STEWART, J. M.; OOSTERHUIS, D.; HEITHOLT, J. J.; MAUNEY, JR. (Eds.). **Physiology of cotton**. The Netherlands: Springer, 2010. p. 3-22.

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

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA-NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. 139 p.