



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESPAÇAMENTO DO ALGODOEIRO, MANEJO DE *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E INFLUÊNCIA SOBRE O PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL

ELCIO ANTONIO PAIM

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA-DF
NOVEMBRO/2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESPAÇAMENTO DO ALGODOEIRO, MANEJO DE *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E INFLUÊNCIA SOBRE O PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL

ELCIO ANTONIO PAIM

ORIENTADORA: CRISTINA SCHETINO BASTOS
CO-ORIENTADOR: JORGE BRAZ TORRES

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: N° ___/2021

BRASÍLIA-DF
NOVEMBRO/2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESPAÇAMENTO DO ALGODOEIRO, MANEJO DE *Anthonomus grandis grandis* BOH. (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E INFLUÊNCIA SOBRE O PLANO DE AMOSTRAGEM CONVENCIONAL

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

APROVADA POR:

CRISTINA SCHETINO BASTOS, DSc. Fitotecnia – Entomologia Agrícola/Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/cschetino@unb.br /Orientadora.

ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, PhD./Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/anamaria@unb.br /Examinador interno.

FLÁVIO LEMES FERNANDES, DSc. Entomologia/Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba/flaviofernandes@ufv.br/ Examinador externo.

TAMÍRIS ALVES DE ARAÚJO, DSc. Entomologia/Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino/tamiris.araujo@ufscar.br/Examinador Externo

Brasília-DF, 25 de novembro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Paim, Elcio Antonio

Espaçamento do algodoeiro, manejo de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) e influência sobre o plano de amostragem convencional. Elcio Antonio Paim; Orientadora Cristina Schetino Bastos. Co-Orientador Jorge Braz Torres - Brasília, 2021. 90p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Agronomia) --Universidade de Brasília, 2021.

1.*Gossypium hirsutum*, 2.controle cultural, 3.densidade de plantas, 4.espaçamento entre linhas, 5.unidade amostral, 6.plano de amostragem convencional I. Schetino Bastos, Cristina, Orient. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Paim, E. A. **Espaçamento do algodoeiro, manejo de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) e influência sobre o plano de amostragem convencional.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 90p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: ELCIO ANTONIO PAIM

TÍTULO DA TESE: Espaçamento do algodoeiro, manejo de *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) e influência sobre o plano de amostragem convencional.

GRAU: DOUTOR

ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Tese de Doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Nome: Elcio Antonio Paim

(61) 98185-0340 / elciopaim@gmail.com

OFEREÇO,

A minha querida e amada irmã ANA PEDROLINA PAIM KOEHLER (*In memoriam*)

DEDICO

À minha esposa Ledir Terezinha Grigol Paim e meus filhos Marina e Pedro.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela proteção, saúde e fé de continuar estudando a cada dia para compartilhar o conhecimento com meus alunos.

Aos meus pais Alcides Remo Paim e Esther Stella Lorenzoni Paim (*in memoriam*) pela dedicação, amor e esforço na minha formação, transmitindo valores e ensinamentos que hoje repasso aos meus filhos e alunos.

À minha esposa Ledir Terezinha Grigol Paim, pelo amor, carinho, paciência e companheirismo.

Aos meus filhos Marina Grigol Paim e Pedro Grigol Paim pela compreensão, incentivo e amor.

À minha irmã Ana Pedrolina Paim Koehler (*In memoriam*) pelo carinho, incentivo, apoio, força e exemplo de perseverança.

As minhas outras irmãs Ida Maria Paim Janner e Norma Regina Paim e demais familiares pelo incentivo, carinho e apoio.

À Universidade Federal de Brasília pela oportunidade de aprender e me qualificar numa instituição reconhecida, com estrutura e os melhores e mais qualificados professores.

Ao Instituto Federal de Brasília, onde trabalho como professor, pelo apoio, incentivo e oportunidade de me qualificar.

À professora Cristina Schetino Bastos, pela oportunidade de trabalhar na sua equipe, pela orientação e ensinamentos transmitidos e principalmente pelo exemplo de dedicação ao ensino e a pesquisa.

Aos professores Jorge Braz Torres, Marcelo Picanço e Flávio Lemes Fernandes pelo apoio, orientação e conhecimentos compartilhados.

A todos os professores e servidores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UnB pela dedicação, profissionalismo e amizade.

Aos servidores da Fazenda Água Limpa e aos servidores, estagiários e bolsistas do Laboratório de Proteção de Plantas pelo companheirismo, colaboração e amizade.

Ao engenheiro agrônomo Walter Buzatti (*In memoriam*) pela amizade, apoio e inspiração profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa.

E a todos os demais amigos e colegas que de alguma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À todos vocês, de todo meu coração, muito obrigado!

RESUMO GERAL

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boh., é a principal praga do algodão, pelas perdas ocasionadas e dificuldade de controle em virtude de sua biologia e comportamento. A combinação desses fatores resulta na maioria das vezes em excessivas aplicações de inseticidas visando o seu controle, embora o controle efetivo nem sempre é atingido. Desta forma, o efeito do espaçamento entre linhas de plantas sobre a infestação do bicudo-do-algodoeiro e a geração de um plano de amostragem convencional, nessas condições, foram os objetivos desta tese. Assim, no primeiro experimento, a influência do espaçamento entre linhas sobre a infestação do bicudo, a produtividade e a qualidade da fibra, foram testados em três espaçamentos entre linhas (0,5, 0,75 e 1,0 m), em duas safras 2014 e 2017, sendo os três espaçamentos considerados como tratamentos e dispostos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições cada. Em ambas as safras, as plantas foram avaliadas por 23 semanas sucessivas e as estruturas reprodutivas caídas no solo foram coletadas por 17 ou 21 semanas e avaliadas. Foram determinados o número de estruturas reprodutivas infestadas e não infestadas e a produtividade das plantas, assim como os parâmetros tecnológicos da fibra. Observou-se que os espaçamentos maiores (0,75 e 1,0 m) adiaram o atingimento do nível de controle e resultaram em menor número de estruturas reprodutivas atacadas no início das safras. Adicionalmente, em maiores espaçamentos ocorreu emergência de menor número de bicudos, sem que a quantidade da fibra produzida fosse alterada com estimativa de maior retorno econômico em função da qualidade da fibra produzida. No Segundo experimento, um plano de amostragem convencional para o bicudo-do-algodoeiro foi gerado tendo por base a densidade de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes fases fenológicas do algodoeiro cultivado nos diferentes espaçamentos entre linhas. Em cada área e espaçamento 20 plantas foram inspecionadas e verificou-se a densidade de estruturas reprodutivas normais (sem infestação) e atacadas (botão floral, flores, maçãs com sinais de alimentação, oviposição ou ambos a cada 3-

4 dias). As avaliações foram divididas em cinco fases ao longo do desenvolvimento da cultura: 126-136, 140-150, 175-185, 189-199 e 203-213 dias após o plantio (DAP). Os dados se ajustaram à distribuição de frequência binomial negativa e foi possível calcular o parâmetro de agregação (K_{comum}) para as diferentes situações contempladas no estudo. De maneira geral, independente da fase de avaliação, o 13^o ramo pode ser usado como unidade amostral das plantas em espaçamentos de 0,5 e 0,75m entre linhas e o 9^o e 10^o ramos podem ser usados como unidade amostral das plantas cultivadas com 1,0 m de espaçamento entre linhas, sendo necessário a amostragem de 21 plantas por talhão homogêneo, admitindo-se um erro de amostragem de 15%. Os resultados obtidos permitirão o aprimoramento do manejo do bicudo-do-algodoeiro, reduzindo a necessidade e frequência de intervenção via controle químico e tornando o processo de tomada de decisão mais ágil.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Gossypium hirsutum*, controle cultural, densidade de plantas, espaçamento entre linhas, unidade amostral, plano de amostragem convencional.

ABSTRACT

The boll weevil, *Anthonomus grandis grandis* Boh., is the main pest of cotton, due to the loss of yields and difficulty control owing to its biology and behavior. The combining of these factors most often results in excessive insecticide applications aimed at its control, although effective control is not always achieved. Thus, the aim of this thesis was to evaluate the effect of cotton row spacing on boll weevil infestation and to develop a conventional sampling plan. In the first experiment, the influence of row spacing on boll weevil infestation, yield and fiber quality were tested in three row spacings (0.5, 0.75 and 1.0 m), in two seasons (2014 and 2017), with the three spacings considered as treatments and arranged in a randomized block design with four replications each. In both seasons, the plants were evaluated for 23 successive weeks and the reproductive structures on the ground were collected and evaluated for 17 or 21 weeks.

The number of infested and non-infested reproductive structures the yield of the plants were determined, as well as the technical parameters of the cotton fiber. The larger spacings (0.75 and 1.0 m) delayed the need of interventions and resulted in a smaller number of reproductive structures infested at the beginning of the seasons. Additionally, at larger spacings, a smaller number of boll weevils emerged, without altering the amount of fiber produced with an estimate of greater economic return due to the quality of the fiber produced. In the second experiment, a conventional sampling plan for the boll weevil was generated based on the density of reproductive structures infested in different phenological phases of the cotton cultivated in different row spacings. In each area and spacing, 20 plants were inspected and observed the density of normal (without infestation) and infested reproductive structures (bud, flowers and bolls showing signs of feeding, oviposition or both). The evaluations were carried out each 3-4 days and the cotton phenological phases were divided into five phases: 126-136, 140-150, 175-185, 189-199 and 203-213 days after planting (DAP). The data fit the negative binomial frequency distribution and it was possible to calculate the aggregation parameter (K_{common}) for the different situations covered in the study. In general, regardless of the evaluation phase, the 13th branch can be used as a sampling unit of plants in spacing of 0.5 and 0.75m between rows and the 9th and 10th branches can be used as sampling units of plants growing at 1.0 m of row spacing. It is necessary to sample 21 plants per homogeneous stand, admitting a sampling error of 15%. These results will allow the improvement of the boll weevil management, reducing the need and frequency of chemical control helping the decision-making process more quickly.

INDEXING TERMS: *Gossypium hirsutum*, cultural control, plants density, row spacings, sampling unit, conventional sampling plan.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS GERAIS	5
2.1 <i>Objetivos específicos:</i>	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 <i>O algodoeiro</i>	5
3.2 <i>O bicudo-do-algodoeiro</i>	7
3.3 <i>Espaçamento entre linhas no manejo de pragas</i>	10
3.4 <i>Plano de amostragem</i>	12
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
Artigo 1: (Publicado na Crop Protection, Vol. 145, Julho de 2021: 105614)	25
(https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2021.105614)	25
Cotton row spacing for boll weevil management in low-input production systems	25
ABSTRACT	25
1. Introduction	26
2. Material and methods	27
2.1. <i>Experimental conditions</i>	27
2.2. <i>Plots, treatments, design, and variables measured</i>	28
2.2.1. <i>Treatments, design, and evaluations</i>	28
2.3. <i>Statistical analysis</i>	30
3. Results	32
3.1. <i>Boll weevil infestation and population</i>	32
3.2. <i>Cotton yield and fiber quality</i>	40
4. Discussion	42
Declaration of competing interest	47
Acknowledgements	48
References	48
Supplementary material	55
Artigo 2: Plano de amostragem convencional para estruturas reprodutivas de algodão infestadas por <i>Anthonomus grandis grandis</i> Boh. (Coleoptera: Curculionidae) e cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas	59
RESUMO	60
1 Introdução	61
2 Material e Métodos	63
2.1 <i>Áreas experimentais e aspectos gerais das avaliações</i>	63
2.2 <i>Unidade amostral</i>	65

2.3	<i>Determinação da distribuição de frequência</i>	66
2.4	<i>Determinação do número de amostras</i>	67
3	Resultados	68
3.1	<i>Unidade amostral</i>	68
3.2	<i>Distribuição de frequência</i>	69
3.3	<i>Número de amostras para o plano de amostragem convencional</i>	70
4	Discussão.....	70
	Referências	72
	Material suplementar.....	85

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do algodão é de grande importância social e econômica no mundo e, em especial, no Brasil. A fibra do algodão é considerada a principal fibra natural que abastece 50% do mercado têxtil global (SANTOS et al., 2008), envolvendo 350 milhões de pessoas na cadeia de produção que vai deste o plantio até o processamento final (ABRAPA 2020; FAO, 2020). Além da fibra, que representa cerca de 35% do produto colhido (SANTOS et al., 2008), a semente também é utilizada para a extração de óleos e gordura vegetal utilizados na alimentação humana após o processamento e o restante (torta) utilizado na forma de farelos para a alimentação animal (SANCHES Jr. & MALERBO-SOUZA, 2004; SANTOS et al., 2008).

O algodão é cultivado mundialmente em uma área de aproximadamente 33 milhões de hectares (USDA, 2021), com os quatro maiores produtores mundiais (Índia, China, Estados Unidos e Brasil) respondendo por 73% da produção mundial (MEYER, 2021). O Brasil é o 4º maior produtor mundial e exporta cerca de 70% do que é produzido (ABRAPA, 2020). Tem-se que as principais regiões produtoras são a Centro-Oeste e a Nordeste onde são produzidos aproximadamente 97% do algodão brasileiro, em especial nos estados do Mato Grosso e Bahia que respondem por 90% da produção nacional (BRASIL, 2021). A área dedicada à produção considerada de *low input* ocupa ~2% da área total cultivada, especialmente na Índia, China, Quirguistão, Turquia, Tajiquistão e Estados Unidos (ORGANIC TRADE ASSOCIATION, 2019). As áreas de *low input* no Brasil estão localizadas no Semiárido do Nordeste, ocupando cerca de 0,04% do total cultivado na região (ORGANIC TRADE ASSOCIATION, 2019). Destaca-se que de acordo com a FAO (2021) *low input farming systems (LIFS)* procuram otimizar o manejo e o uso de inputs de produção internos (isto é, recursos disponíveis na propriedade) e minimizar o uso de inputs de produção externos tais como fertilizantes e pesticidas adquiridos no mercado, onde e sempre que possível e praticável, de tal forma a reduzir o custo de produção, evitar a poluição das águas superficiais e do lençol freático, a

reduzir os resíduos de pesticidas nos alimentos, o risco global dos produtores, e aumentar o lucro, tanto a curto quanto a longo-prazo.

Apesar de ser uma cultura com grande capacidade de expansão em função da sua adaptabilidade aos solos e ao clima brasileiro, o algodoeiro precisa de cuidados e atenção em relação a sua principal praga, conhecida como bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis grandis* Boheman, Coleoptera: Curculionidae), que pode causar prejuízos significativos à cultura no hemisfério ocidental (SHOWLER, 2009; CABI, 2019). Trata-se de uma espécie de besouro que se alimenta das estruturas reprodutivas do algodoeiro, onde também ocorre a postura e desenvolvimento das fases de ovo, larva e pupa, causando a queda dos botões florais e maçãs no início do desenvolvimento, podendo ainda reduzir a qualidade da fibra nas maçãs que persistem nas plantas (SHOWLER, 2006).

No cultivo convencional do algodoeiro o controle químico é o método mais utilizado (PAPA & CELOTO, 2015) sendo feitas de 17 a 23 aplicações de inseticidas durante o ciclo da cultura (BELOT et al., 2016). O custo de cada aplicação é estimado em US\$ 170 (ABRAPA, 2015), o que representa cerca de 20% do custo total de produção do algodão. Mesmo assim ocorrem prejuízos anuais da ordem de 51 a 74 milhões de dólares no Brasil (OLIVEIRA et al., 2013). No controle químico do bicudo-do-algodoeiro são utilizados inseticidas organossintéticos, principalmente os pertencentes ao grupo dos organofosforados e piretroides (SHOWLER, 2007), sendo o Malathion[®], o inseticida mais usado para o controle da praga e também o que apresenta a maior toxicidade quando comparado aos piretróides (OLIVEIRA-MARRA et al., 2019).

Parte desse cenário é atribuído ao fato das populações da praga conseguirem se manterem ativas na entressafra alimentando-se de hospedeiros alternativos (RIBEIRO et al., 2010) e reinfestando os cultivos de algodão tão logo eles estejam disponíveis novamente. Ressalta-se que tem havido incremento e priorização do cultivo do algodoeiro respeitando as

boas práticas de produção (ABRAPA, 2021) e, desta forma, alternativas ao controle químico ou que permitam usá-lo de maneira mais parcimoniosa são perfeitamente alinhadas e compatíveis com esse novo modelo de produção.

Nesse sentido, outras formas de controle podem ser agregadas ao manejo integrado do bicudo-do-algodoeiro de tal forma a reduzir a dependência exclusiva do controle químico para convívio com a praga. Estudos anteriores comprovam que medidas de controle cultural que envolvem mudanças no espaçamento entre linhas ao alterar a morfologia da planta (NICHOLS et al., 2004; OBASI & MSAAKPA, 2005; ALI et al., 2009; STEPHENSON et al., 2011; MUNIR et al., 2015; KILLI et al., 2016) influenciam a produção de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, no ataque do bicudo-do-algodoeiro (SLOSSER et al., 1999). A vantagem da adoção de tais práticas é que elas não apresentam restrições de uso em cultivos orgânicos ou convencionais e podem proporcionar um controle aditivo ou sinérgico quando implementadas em associação com outras táticas compatíveis. Neste trabalho foram escolhidos os espaçamentos de 50 cm, 75 cm e 1,0 m por se tratarem dos espaçamentos mais utilizados no cultivo do algodoeiro no Brasil, sendo os espaçamentos menores mais frequentes em grandes áreas que realizam a colheita mecanizada e o espaçamento maior em lavouras menores voltadas para agricultura familiar (DIAS, 2016).

Além disso, o aprimoramento das ferramentas de amostragem e tomada de decisão de controle da praga, pode reduzir a necessidade e frequência de intervenção via adoção do controle químico. Atualmente a tomada de decisão de controle é feita através de amostragem da praga no período vegetativo com armadilhas contendo o feromônio grandilure[®] (LIMA Jr. et al., 2013). Porém, este método perde a eficácia de monitoramento na fase reprodutiva. O plano de amostragem sequencial (GRIGOLLI et al., 2017), ou a recomendação da amostragem convencional também ocorre tendo por base a avaliação de estruturas reprodutivas infestadas (SILVA et al., 2013). Todavia, em nenhum dos casos considerados existe a recomendação da

melhor unidade amostral a ser utilizada para a amostragem da praga. O plano de amostragem convencional disponível recomenda a avaliação de um número considerável de plantas (100 plantas) (SILVA et al., 2013), o que dificulta e onera o custo de amostragem, restringindo sua adoção.

A escolha da elaboração de um plano de amostragem convencional se deu pelo fato de serem os planos de amostragem mais utilizados na cotonicultura e porque operam com um número fixo de amostras, previamente definido (BASTOS, et al., 2006), são menos complexos, adequados para agricultores iniciantes na prática do monitoramento, o que facilita a adoção do monitoramento como uma prática simples, rápida e de fácil realização, sem muitos custos para o agricultor e com grandes benefícios, podendo reduzir a aplicação desnecessária de inseticidas sintéticos, diminuindo os custos de produção, os riscos à saúde dos produtores e de contaminação do meio ambiente.

2. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o efeito de diferentes espaçamentos entre linhas sobre a infestação do bicudo-do-algodoeiro e gerar o plano de amostragem convencional para a praga.

2.1 Objetivos específicos:

- 1) Avaliar o efeito do espaçamento entre linhas sobre a infestação do bicudo-do-algodoeiro, produtividade, qualidade da fibra e os ágios e deságios obtidos, em função da alteração na qualidade da fibra sob ataque da praga;
- 2) Selecionar a unidade amostral para amostragem e gerar o plano de amostragem convencional para o bicudo-do-algodoeiro infestando o algodoeiro em diferentes fases do seu ciclo de desenvolvimento fenológico e cultivado com diferentes espaçamentos entre linhas, tendo por base a densidade de estruturas reprodutivas infestadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O algodoeiro

Ninguém sabe exatamente qual a idade da planta de algodão. Entretanto, alguns cientistas encontraram remanescentes de maçãs de algodoeiro e peças de roupas de algodão que datavam de ao menos 7.000 anos atrás. Esses remanescentes são similares ao algodão cultivado nas Américas atualmente. No vale dos Rios Indus no Paquistão, o algodão era cultivado, fiado e usado para confecção de roupas há 3.000 anos a.C. Na mesma época, os nativos do vale do Nilo no Egito já faziam e usavam roupas de algodão. Os mercadores árabes trouxeram as roupas de algodão para a Europa há 800 anos d.C. e quando Colombo descobriu a América em 1492,

ele já encontrou o algodão sendo cultivado nas ilhas Bahamas. A partir de 1500 o cultivo do algodão já estava amplamente disseminado no mundo (COTTON COUNTS, 2021).

O gênero do algodão (*Gossypium*), incluso na tribo Gossypioideae e na família Malvaceae ocorre naturalmente em áreas áridas e semiáridas de regiões tropicais e subtropicais tanto do novo quanto do velho mundo. O gênero *Gossypium* é composto por ~50 espécies, tornando-o como o gênero mais diverso da tribo Gossypioideae e existindo relatos de sua origem há aproximadamente 5 a 10 milhões de anos atrás (ASLAM et al., 2020).

Apesar do algodoeiro ser a mais importante fonte de fibra mundial, movimentando um mercado de ~US\$ 20 bilhões de dólares anualmente e mobilizando cerca de 350 milhões de pessoas globalmente para sua produção, fiação, transporte e armazenamento, a fibra não é seu produto exclusivo. A cultura fornece ainda óleo de alta qualidade para a indústria, bem como constitui-se em uma fonte significativa de proteína (30% a 40%) que é utilizada na alimentação animal (ASLAM et al., 2020).

A planta de algodão possui hábito de crescimento indeterminado e seu desenvolvimento pode ser dividido em duas fases: i) desenvolvimento vegetativo: germinação e desenvolvimento da plântula, desenvolvimento do sistema radicular e das folhas, e desenvolvimento da parte aérea e dos nós; e ii) desenvolvimento reprodutivo: desenvolvimento das estruturas reprodutivas, sementes e da fibra (REHMAN & FAROOQ, 2020). As plantas de algodão apresentam ramos monopodiais (vegetativos) e simpodiais (reprodutivos), cuja principal diferença está na presença de um único meristema no caso dos ramos vegetativos e múltiplos meristemas no caso dos ramos reprodutivos, além de padrão de crescimento em zig-zag. As estruturas reprodutivas podem se originar tanto em ramos monopodiais quanto em ramos simpodiais, e consistem em botões florais, flores, maçãs e capulhos (REHMAN & FAROOQ, 2020).

Atualmente, o algodoeiro é cultivado mundialmente em uma área de aproximadamente 33 milhões de hectares (USDA, 2021), sendo que os quatro maiores produtores mundiais (Índia, China, Estados Unidos e Brasil) respondem por 73% da produção mundial (MEYER, 2021). Na safra 2019/2020, a área cultivada pelos maiores produtores mundiais, isto é, Índia, China, Estados Unidos e Brasil, foi de 13,5, 3,4, 4,6 e 1,7 milhões de hectares, respectivamente. Os volumes produzidos foram de 6,3, 5,9, 4,3 e 3,0 milhões de toneladas e as produtividades de 464, 1.720, 932 e 1.802 kg de algodão em caroço por hectare, respectivamente (USDA, 2021).

No Brasil na safra 2019/2020, os estados do Mato Grosso, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, cultivaram juntos o equivalente a 95,2% da área total cultivada com o algodoeiro e equivalente a 1.585,3 mil hectares. A produção de algodão em caroço foi de 5.118,7, 1.491,6, 161,2, 152,5 e 142,2 mil toneladas e a produtividade de algodão em caroço (caroço+fibra) foi de 4.390, 4.755, 4.230, 4.295 e 4.445 kg por hectare para os estados do Mato Grosso, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, respectivamente. Desta forma, nacionalmente, os estados que possuem a maior área cultivada também são os que obtêm as maiores produções e produtividades (BRASIL, 2021).

3.2 O bicudo-do-algodoeiro

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), é uma das principais pragas da agricultura mundial por causar sérios danos à cultura do algodão e ser de difícil controle (DEGRANDE et al., 2002; GABRIEL & BLANCO, 2009). Na América, ocorre do norte da Argentina ao Sul dos Estados Unidos (CABI, 2019), infestando áreas tropicais dos países localizados no hemisfério ocidental. No Brasil, apesar de ter sido introduzido em localidade específica em 1983 (HABIB & FERNANDES, 1983), a praga se encontra difundida por todo o território nacional (PAULA et al., 2013).

A origem do bicudo-do-algodoeiro é atribuída ao México e América Central, onde provavelmente ele se adaptou ao algodão domesticado. Atualmente, o bicudo-do-algodoeiro é considerado erradicado dos Estados Unidos (SORENSEN & STEVES, 2019), apesar de populações da praga persistirem na região de produção do *Lower Rio Grande Valley*, no Texas, constituindo-se em uma ameaça contínua às outras áreas que cultivam o algodão e se localizam nos arredores (PERKIN et al., 2021).

Os adultos do inseto são besouros de 4 a 9 mm de comprimento e 7 mm de envergadura, possuem coloração preta a pardo-acinzentada e pelos nos élitros, onde também é possível observar estrias ou sulcos longitudinais. As peças bucais que compõem o aparelho bucal mastigador dos adultos estão localizadas no ápice do rostró (alongado), característico de Curculionidae (BUSOLI & MICHELOTTO, 2005; TOMQUELSKI & MARTINS, 2008; SILVA, 2012).

A maior parte da injúria causada pelo inseto é decorrente de sua alimentação e oviposição. Machos e fêmeas se alimentam das estruturas reprodutivas e as fêmeas ovipositam no interior delas. Sob altas infestações, praticamente todos os botões florais (estruturas preferidas para alimentação e oviposição) (BUSOLI et al., 2004; SHOWLER, 2004) de tamanho suficiente para suportar o desenvolvimento de uma larva (GREENBERG et al., 2005; SHOWLER, 2005) são infestados e nenhum capulho é produzido (SORENSEN & STEVES, 2019). O potencial de injúria é bastante elevado em virtude da possibilidade de sobreposição de gerações. Os botões atacados normalmente senescem, enquanto as maçãs firmes são retidas pelas plantas e se tornam suscetíveis à infecção por microrganismos. As fêmeas do inseto depositam em torno de 200 ovos durante o seu ciclo de vida e após a eclosão, com as larvas completando o desenvolvimento entre 7 e 14 dias no interior das estruturas reprodutivas, passando em seguida pela fase de pupa que tem duração aproximadamente, de cinco dias. O

tempo de geração, de ovo a ovo, tem duração aproximada de cerca de 18 a 21 dias (SORENSEN & STEVES, 2019).

Atualmente, o convívio com a praga nas regiões brasileiras que mais contribuem para a produção nacional compreende a adoção de uma série de medidas durante e após o cultivo, na entressafra e quando as plantas não estão ainda totalmente vulneráveis ao ataque da praga. Essas medidas incluem: 1) monitoramento dos insetos com armadilha contendo feromônio grandilure[®] antes do plantio e, eventualmente, durante e após a finalização do plantio; 2) plantio concentrado em uma janela de 30-40 dias; 3) catação de botões florais visando evitar sobreposição de gerações; 4) monitoramento sistemático dos talhões seguido de tomada de decisão de controle sempre que o nível de controle for atingido e adotando rotação de modo de ação de inseticidas; 5) uso de maturadores para finalizar a cultura reduzindo estruturas de alimentação e reprodução dos insetos; 6) plantio de variedades precoces; 7) destruição de restos culturais após a colheita; 8) uso de tubo mata-bicudo na entressafra; 9) destruição de rebrota de plantas; 10) monitorar as estradas com armadilhas contendo o feromônio grandilure[®]; 11) processar adequadamente os fardões de forma a evitar queda de sementes nas rodovias (RODRIGUES & MIRANDA, 2007; LIMA Jr. et al., 2013; NEVES et al., 2018; ROLIM et al., 2021).

Mesmo mediante a adoção de um plano global de convívio com a praga, a forma mais comum e frequente de controle durante o ciclo de cultivo é através da pulverização de inseticidas (LIMA Jr. et al., 2013; ROLIM et al., 2021; PERKIN et al., 2021), existindo relatos de resistência a alguns dos inseticidas usados para o seu controle (ROLIM et al. 2021). Desta forma, alternativas ao convívio com o bicudo-do-algodoeiro devem ser buscadas e incorporadas ao manejo integrado da praga.

3.3 Espaçamento entre linhas no manejo de pragas

A população de plantas de algodoeiro em uma área pode ser modificada mediante alteração na densidade de plantas e no espaçamento entre linhas e possui um impacto distinto na fisiologia, morfologia, desenvolvimento do dossel e das estruturas reprodutivas, bem como na qualidade da fibra do algodoeiro (HEITHOLT & SASSENATH-COLE, 2010). Além disso, a alteração da população de plantas pode modificar as taxas fotossintéticas, a produtividade das plantas, a maturação das estruturas reprodutivas, o microclima sob o dossel e, mediante todas essas alterações, interferir no ataque de pragas bem como na efetividade do seu controle (KHAN et al., 2017; BAUMHARDT et al., 2018; LIMA Jr. et al., 2019; ALVI et al., 2021; BABA et al., 2021; HU et al., 2021).

Geralmente, quando considerado apenas o aspecto fitotécnico, plantas que se desenvolvem sob espaçamentos adensados ou ultra adensados apresentam maior produção por unidade de área, apesar de apresentarem menor produção por planta. Nesse aspecto, Nawaz et al. (2016) ao compararem o algodoeiro quando cultivado nos espaçamentos de 30 e 75 cm entre linhas, observaram que apesar de terem sido constatadas maiores produtividades no espaçamento mais adensado (30 cm), houve menor número de ramos, botões florais, flores e capulhos abertos por planta e que as plantas cresceram mais em altura. Além disso, os capulhos obtidos de plantas crescendo no espaçamento mais adensado pesaram menos. Por outro lado, ensaios onde foram comparados os espaçamentos entre linhas de 60, 75 e 90 cm e diferentes doses de nitrogênio, constataram que as maiores produções foram provenientes do espaçamento intermediário, de 75 cm entre linhas, o que foi atribuído à maior quantidade de maçãs por m² obtidas quando as plantas foram cultivadas nesse espaçamento (MUNIR et al., 2015). Em outros estudos em que foram avaliadas duas configurações de plantio e seis densidades de plantas, os autores observaram que a eficiência de uso da radiação, a produtividade e o número de capulhos foram maiores no espaçamento de 0,76 m quando comparado ao espaçamento de 0,66 m entre

fileiras duplas e 1,0 m entre fileiras simples. Desta forma, os autores concluíram que a eficiência de uso da radiação, bem como a produção de fibras são potencializadas em plantas cultivadas com espaçamento entre linhas de 0,76 m e com densidades equivalente a 13,5-18 plantas m⁻² (HU et al., 2021). Além disso, os dados de ensaios a campo e de simulações feitas em computadores com as plantas de algodão cultivadas com espaçamento entre linhas de 38 e 76 cm, demonstraram que a produção e a qualidade da fibra foram maximizadas no espaçamento de 76 cm (BAUMHARDT et al., 2018). Adicionalmente, estudos que testaram diferentes datas de plantas e densidades de plantas do algodoeiro concomitantemente, verificaram que populações de plantas intermediárias (90.000 plantas ha⁻¹) foram as mais adequadas em comparação às populações de 75.000 e 105.000 plantas ha⁻¹, independente da data de plantio, uma vez que permitiram maior interceptação e penetração da luz no dossel e utilização, assimilação e distribuição mais eficiente do nitrogênio para as estruturas reprodutivas (KHAN et al., 2017).

Todas essas alterações trazem consequências para a interação planta hospedeira-herbívoros, bem como impactam as medidas fitossanitárias adotadas para o convívio com eles. Nesse sentido, Alvi et al. (2021) observaram ao comparar os espaçamentos de 75 e 30 cm entre linhas do algodoeiro cultivado com e sem o uso de regulador de crescimento de plantas, que a maior população de tripes foi verificada nas plantas cultivadas no espaçamento de 30 cm entre linhas, e que não receberam aplicação do regulador de crescimento. Contudo, Lima Jr. et al. (2019), que testaram os espaçamentos de 22, 45 e 90 cm entre linhas de algodoeiro, verificaram que a maior população do pulgão-do-algodoeiro *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) ocorreu nas plantas cultivadas nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m e que o ataque da praga se concentrou no terço superior das plantas, independentemente do espaçamento em que foram cultivadas. Baba et al. (2021) observaram, por sua vez, que houve redução significativa no número de botões florais e maçãs atacadas pelo complexo de lagartas das maçãs do algodoeiro

quando as plantas foram cultivadas nos espaçamentos de 50 e 45 cm, em comparação ao espaçamento de 40 cm.

No caso específico do bicudo-do-algodoeiro os escassos trabalhos feitos em outras condições e que tratam do efeito da alteração no espaçamento entre linhas sobre o ataque da praga, observaram que espaçamentos mais adensados (17 cm entre linhas) ocasionaram maior sobrevivência da praga em função da prevalência de temperaturas amenas na superfície do solo e maior umidade relativa sob o dossel das plantas, o que reduz a dessecação das estruturas atacadas, quando comparados aos espaçamentos mais amplos (96 cm) (PIERCE et al., 2001). Entretanto, Slosser et al. (1986) observaram que a sobrevivência do bicudo-do-algodoeiro foi maior no espaçamento de 102 cm quando comparada aos espaçamentos de 51 e 69 cm. Tanto a temperatura do solo quanto o diâmetro da parte aérea influenciaram na sobrevivência da praga nas estruturas caídas no solo. Apesar desse fato, esses autores relataram que o dano às estruturas reprodutivas foi consideravelmente maior no espaçamento de 51 cm comparado ao de 69 e 102 cm e que, portanto, espaçamentos adensados não poderiam ser recomendados como estratégia de manejo do bicudo que infesta o algodão cultivado no *Texas Rolling Plains*.

3.4 Plano de amostragem

A presença de uma determinada praga em uma cultura não deve ser motivo para a decisão do controle dela. Esta decisão é um dos pontos mais importantes do Manejo Integrado de Pragas, ou seja, de controlar a praga somente se ela causar prejuízo econômico à lavoura. Para que esta decisão seja racional a população das pragas deve ser definida em termos quantitativos no tempo e no espaço. Como não é possível analisar toda a população de plantas de uma lavoura, o método mais eficiente para estimar a densidade populacional de pragas é feito através da amostragem (PEDIGO, 2002).

A fim de que os objetivos da amostragem sejam atingidos, faz-se necessário realizar a contagem dos insetos em várias unidades amostrais e fazer uma estimativa da densidade populacional. Para que isto seja possível, são requeridos tanto uma técnica quanto um programa de amostragem apropriados (LOPES et al., 2019; CARMO et al., 2021; SANTOS et al., 2021).

A técnica de amostragem é o método utilizado para coletar informações de uma unidade amostral. Assim, o foco da técnica de amostragem está no equipamento utilizado ou na forma como os insetos são contados (PEDIGO, 2002). Existem várias técnicas disponíveis para a contagem de insetos e, no caso específico do algodoeiro, algumas têm sido empregadas mais intensivamente. Uma das mais utilizadas é a contagem direta de insetos, que normalmente não requer equipamento especial e é realizada no habitat do inseto, utilizando como unidade amostral uma parte específica da planta ou do dossel (BASTOS, 2004; ALMEIDA & SILVA, 1999; DEGRANDE, 1998).

O plano de amostragem é o planejamento feito para a obtenção da amostra que será utilizada para estimar a densidade populacional da praga na lavoura. Deve fornecer informações de como a amostra deve ser retirada, o estágio do inseto que será amostrado e o número de unidades amostrais a serem avaliadas. Os principais planos de amostragem utilizados no manejo integrado de pragas das culturas, em geral, são a amostragem convencional e a amostragem sequencial. A amostragem convencional envolve a avaliação de um número ou tamanho de amostra fixo, exigindo normalmente, maior tempo para a tomada de decisão. Já a amostragem sequencial envolve avaliação de amostras de tamanho variável, utilizando em torno de 1/3 do tamanho da amostra que seria requerida para a tomada de decisão na amostragem convencional (NAKANO et al., 1981).

A amostragem sequencial para o bicudo-do-algodoeiro é realizada através da avaliação do número de botões com sinais de alimentação + oviposição da praga em cada planta, sendo o número de amostras requerido para tomada de decisão de controle variável com a fase da planta

(até 85 dias após a emergência – DAE ou acima de 85 DAE) e podendo a decisão de controle ser tomada após a amostragem de 8-9 plantas (GRIGOLLI et al., 2017). Além disso, a amostragem demanda a contagem cumulativa das injúrias observadas (GRIGOLLI et al., 2017) e, desta forma, outras aptidões além da capacidade de avaliar as plantas são requeridas dos amostradores. Essas características tornam o uso desse tipo de amostragem menos disseminado.

Nos planos de amostragem convencionais o monitoramento das infestações das pragas pode ser feito visualmente ou através de outras técnicas, possibilitando estimar a unidade amostral e o número de amostras que irão compor o plano de amostragem, em função dos níveis de precisão pré-estabelecidos (LOPES et al., 2019; SILVA et al., 2019; CARMO et al., 2021; SANTOS et al., 2021). Desta forma, os planos de amostragem convencional são o ponto de partida para o desenvolvimento ou o aprimoramento dos sistemas de tomada de decisão de controle (LOPES et al., 2019), e podem impactar grandemente a forma de convívio com pragas severas como o bicudo-do-algodoeiro.

No algodoeiro a amostragem tem sido feita com base na contagem das estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs) com sinais de ataque da praga, seja de alimentação, de oviposição ou ambos, não existindo uma uniformidade nas amostragens e nem nos índices de tomada de decisão para a adoção de controle (AZAMBUJA & DEGRANDE, 2014). Alternativamente, a amostragem é feita através da coleta de adultos do inseto, na fase vegetativa do algodoeiro, com armadilhas contendo o feromônio grandlure® (LIMA JR. et al., 2013).

Segundo Pierozzi Jr. et al. (1996) o plano de amostragem deve variar em função da lavoura e ser realizado semanalmente. Assim para lavoura até 10 hectares, a amostra deve ser de 100 plantas e/ou frutos, lavouras de 11 a 50 hectares, a amostra deve ser de 150 plantas, lavouras de 51 a 150 hectares deve-se amostrar 200 plantas e/ou estruturas reprodutivas, para lavouras de 251 a 350 hectares as amostras devem ser de 230 plantas e/ou estruturas reprodutivas e para lavouras maiores que 350 hectares a área deve ser subdividida em áreas

menores e consideradas separadamente em relação ao índice de infestação, aplicando-se o número de amostras conforme o tamanho de cada talhão.

Atualmente não há recomendação em relação à melhor unidade amostral ou ao número de amostras que deve ser retirado por unidade de área que permita fazer essa estimativa de maneira ágil e precisa. As recomendações relativas à amostragem convencional existentes são baseadas na observação de todas as estruturas reprodutivas presentes em 100 plantas em talhões de até 100 ha (ALMEIDA et al., 2013). Tendo em vista as inúmeras abordagens e suas limitações, torna-se necessário a geração de um plano de amostragem prático que possibilite o monitoramento preciso, rápido e eficiente das populações do bicudo-do-algodoeiro e que possa ser utilizado no aperfeiçoamento do manejo integrado de pragas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A.; TAHIR, M.; AYUB, M.; ALI, I.; WASAY, A.; KHALID, F. Studies on the effect of plant spacing on the yield of recently approved varieties of cotton. Pakistan, Journal of Life and Social Sciences, 7: 25-30. 2009.

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, 753-820. 1999.

ALVI, A.M.; IQBAL, N.; IQBAL, J.; ALI, K.; SHAHID, M.; JALEEL, W.; KHAN, H.A.A.; KHAN, T. Population dynamics of whitefly and thrips under different row spacing and plant density conditions in a cotton field of Punjab, Pakistan. Pakistan Journal of Zoology, s/n: 1-6, 2021.

ASLAM, S.; KHAN, S.H.; AHMED, A.; DANDEKAR, A.M. The tale of cotton plant: from wild type to domestication, leading to its improvement by genetic transformation. *American Journal of Molecular Biology*, 10: 91-127, 2020.

Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA). Better cotton initiative. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/sustentabilidade/better-cotton-initiative.aspx>. Acesso em: 09 de novembro de 2021.

BABA, G.O.; ONU, I.; ADAMU, R.S.; UTONO, I.M.; OLAIFA, R.K.; SODIMU, A.I.; DAVID, B. Effect of intra-row spacing on the damage caused by bollworm on cotton in Zaria, Nigeria. *International Journal of Science for Global Sustainability*, 7: 22-26, 2021.

BASTOS, C. S.; PICANÇO, M.C.; SILVA, T.B.M. Sistemas de amostragem e tomada de decisão no manejo integrado de pragas do algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 10: 1119-1146, 2006.

BAUMHARDT, R.L.; SCHWARTZ, R.C.; MAREK, G.W.; BELL, J.M. Planting geometry effects on the growth and yield of dryland cotton. *Agricultural Sciences*, 9: 99-116, 2018.

BELOT, J.L.; BARROS, E.M.; MIRANDA, J.E. Riscos e oportunidades: o bicudo-do-algodoeiro. In: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Eds.). *Desafios do Cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade*. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos

Produtores de Algodão (AMPA); Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA-MT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2016. p. 77–118.

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.

BUSOLI, A.C.; MICHELOTTO, M.D. Comportamento do bicudo: fechando o cerco. *Cultivar Grandes Culturas*, 72: 18-22, 2005.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Séries históricas das safras. Algodão. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 11 de novembro de 2021.

CABI, 2019. Invasive species compedium. Datasheet report for *Anthonomus grandis* (Mexican cotton boll weevil). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/5735>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.

COTTON COUNTS. The story of cotton. Disponível em: <https://www.cotton.org/pubs/cottoncounts/story/index.cfm>. Acesso em: 09 de novembro de 2021.

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

DEGRANDE, P.E.; SOUZA, L.C.F.; OLIVEIRA, M.A.; BARROS, R.; FERNANDES, M.G. Suscetibilidade de genótipos de algodoeiro ao bicudo. *Arquivos do Instituto Biológico*, 69: 83-86, 2002.

DIAS, A.M. Infestação do bicudo-do-algodoeiro em função da densidade de plantas e época do cultivo. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 40p., 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Family farming knowledge platform. Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1115210/>. Acesso em: 09 de novembro de 2021.

GREENBERG, S.M.; SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; SÉTAMOU, M. Size-dependent feeding and reproduction by boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 98: 749-756, 2005.

GRIGOLLI, J. F.J.; SOUZA, L.A.; MOTA, T.A.; FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C. Sequential sampling plan of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in cotton plants. *Journal of Economic Entomology*, 110: 763–769, 2017.

HABIB, M.E.M.; FERNANDES, W.D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. *Revista de Agricultura*, 58: 74, 1983.

HEITHOLT, J.; SASSENATH-COLE, G. Inter-plant competition: growth responses to plant density and row spacing. In: STEWART, J.M.; OOSTERHUIS, D.M.; HEITHOLT, J.J.; MAUNEY, J.R. (Eds.). *Physiology of cotton*. Dordrecht: Springer, 2010. p.179-186.

HU, L.; PAN, X.; WANG, X.; HU, Q.; WANG, X.; ZHANG, H.; XUE, Q.; SONG, M. Cotton photosynthetic productivity enhancement through uniform row-spacing with optimal plant density in Xinjiang, China. *Crop Science*, 61: 2745-2758, 2021.

KHAN, A.; NAJEEB, U.; LEISHAN, W.; TAN, D.K.Y.; YANG, G. Planting density and sowing date strongly influence growth and lint yield of cotton crops. *Field Crops Research*, 209: 129-135, 2017.

KILLI, F.; ÖZDEMİR, M.; TEKELİ, F. Cotton sown in different row distances after wheat harvest: seed cotton yield and yield components. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*. 2: 2454-1850. 2016.

LIMA Jr, I.S. de; DEGRANDE, P.E.; MIRANDA, J.E.; SANTOS, W.J. Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. *Neotropical Entomology*, 42: 82-88, 2013.

LIMA Jr., I. dos S. de; DEGRANDE, P.E.; SOUZA, C.M.A. de; VIEGAS NETO, A.L.; MELO, E.P. de. Controle do pulgão-do-algodoeiro e distribuição de gotas de pulverização em função do espaçamento entrelinhas e ângulo de aplicação. *Revista Engenharia na Agricultura*, 23: 212-219, 2019.

LOPES, M.C.; RIBEIRO, A.V.; COSTA, T.L.; ARCANJO, L. de P.; FARIAS, E.S.; BACCI, L.; QUEIROZ, R.B.; PICANÇO, M. C. Conventional sampling plan for scouting *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*, 112: 2433–2440, 2019.

MEYER, L.A. Cotton and wool outlook. CWS-21g. Washington: USDA-ERS, July 2021. 8p.

MUNIR, M.K.; TAHIR, M.; SALEEM, M.F.; YASEEN, M. Growth, yield and earliness response of cotton to row spacing and nitrogen management. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 25: 729-738, 2015.

NAWAZ, H.; HUSSAIN, N.; REHMANI, M.I.A.; YASMEEN, A.; ARIF, M. Comparative performance of cotton cultivars under conventional and ultra-narrow row (UNR) spacing. *Pure and Applied Biology*, 5: 15-25, 2016.

NEVES, R.C. dos S.; TORRES, J.B.; BARROS, E.M.; VIVAN, L.M. Boll weevil within season and off-season activity monitored using pheromone-and-glue reusable tube trap. *Scientia Agricola*, 75: 313-320, 2018.

OBASI, M.O.; MSAAKPA, T.S. Influence of topping, side branch pruning and hill spacing on growth and development of cotton (*Gossypium barbadense* L.) in the Southern Guinea Savanna location of Nigeria. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 106: 155–165, 2005.

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*, 41: 42714, 2019

ORGANIC TRADE ASSOCIATION. Organic cotton fact sheet. Disponível em: https://ota.com/sites/default/files/indexed_files/OTA%20Organic%20Cotton%20Fact%20Sheet_080619.pdf. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

PAULA, D.P.; CLAUDINO, D.; TIMBÓ, R.V.; MIRANDA, J.E.; BEMQUERER, M.P.; RIBEIRO, A.C.J.; SUJII, E.R.; FONTES, E.M.G., PIRES, C.S.S. Reproductive dormancy in boll-weevil from populations of the Midwest of Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 106: 86-89, 2013.

PEDIGO, L.P. *Entomology and pest management*. 4.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 742p. 2002.

PERKIN, L.; PEREZ, J.L.; SUH, C.P.C. The identification of boll weevil, *Anthonomus grandis grandis* (Coleoptera: Curculionidae), genes involved in pheromone production and pheromone biosynthesis. *Insects*, 12: 893, 2021.

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.

PIEROZZI Jr., I.; RAGAZZI, S.; HABIB, M.E.M. Tamanho mínimo de amostra de plantas e frutos do algodoeiro para monitoramento das populações de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera:Curculionidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 25: 191-197, 1996.

REHMAN, A.; FAROOQ, M. Morphology, physiology and ecology of cotton. In: JABRAN, K.; CHAUHAN, B.S. (Eds.). Cotton production. New Jersey: John Wiley & Sons, 2020. p.23-46.

RIBEIRO, P. de A.; SUJII, E.R.; DINIZ, I.R.; MEDEIROS, M.A. de; SALGADO-LABORIAU, M.L.; BRANCO, M.C.; PIRES, C.S.S.; FONTES, E.M.G. alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. Neotropical Entomology, 39: 28-34, 2010.

RODRIGUES, S.M.M.; MIRANDA, J.E. O bicudo do algodoeiro. Estratégias de convivência para o estado do Mato Grosso. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 2p. (Embrapa Algodão. Folder).

ROLIM, G.G.; COELHO, R.R.; ANTONINO, J.D.; ARRUDA, L.S.; RODRIGUES, A.S.; BARROS, E.M.; TORRES, J.B. Field-evolved resistance to beta-cyfluthrin in the boll weevil: detection and characterization. Pest Management Science, 77: 4400-4410, 2021.

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, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.

SHOWLER, A.T. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition. *Journal of Economic Entomology*, 97: 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*, 98: 572-579, 2005.

SHOWLER, A.T. Boll weevil damage to cotton bolls under standard and proactive spraying. *Journal of Economic Entomology*, 99, 1251–1257, 2006.

SHOWLER, A.T. Subtropical boll weevil ecology. *American Entomologist*, 53: 240-249, 2007.

SHOWLER, A.T. Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical mesoamerica. *American Entomologist*, 55: 234-243, 2009.

SILVA, C.A. Supressão do bicudo em algodoeiro. *Cultivar Grandes Culturas*, 154: 8-9, 2012.

SILVA, C.A.D da; RAMALHO, F. de S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P. de.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013. 12p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 135.).

SILVA, E.M.; CRESPO, A.L.B.; FARIAS, E.S.; BACCI, L.; QUEIROZ, R.B.; PICANÇO, M.C. Conventional sampling plan for scouting *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*, 112: 2433–2440, 2019.

SLOSSER, J.E.; PUTERKA, G.J.; PRICE, J.R. Cultural control of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae): effects of narrow-row spacing and row direction. *Journal of Economic Entomology*, 79: 378-383, 1986.

SLOSSER, J.E.; BORDOVSKY, D.G.; BEVERS, S.J.; IDOL, G.B.; DUCKWORTH, B.L. Economic evaluation of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) management options for early-planted, irrigated cotton in the Texas rolling plains. *Journal of Economic Entomology*, 92: 1177-1183, 1999.

SORENSEN, C.E.; STEVENS, G. The boll weevil in Missouri: history, biology and management. Columbia: Extension University of Missouri, 2019. 5p.

United States Department of Agriculture (USDA). Foreign agricultural service. Cotton area, yield, and production. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/reporthandler.ashx?reportId=851&templateId=1&format=html&fileName=Table%2004%20Cotton%20Area,%20Yield,%20and%20Production>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.

Artigo 1: (Publicado na Crop Protection, Vol. 145, Julho de 2021: 105614)

(<https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2021.105614>)

Cotton row spacing for boll weevil management in low-input production systems

ABSTRACT

Despite being an important commodity, < 2% of the cotton cultivated area in Brazil is considered to be “low-input”. A major reason for this relatively small area is infestation by boll weevils (BWs), *Anthonomus grandis grandis* Boheman, which are usually controlled using conventional synthetic-based insecticides. Cotton grown in low-input systems of Brazil lack an integrated pest management strategy. We hypothesized that the alteration in row spacing would act as a preventive cultural practice driving BW infestation down while improving lint production and fiber quality, thus justifying its adoption. We assessed the effects of three row spacings: 0.5 m (narrow), 0.75 m (conventional), and 1.0 m (wide) on boll weevil infestation levels, during two seasons in areas without the adoption of any control against BW. In both seasons, plants were surveyed for 23 successive weeks and shed structures were collected for 17-21 weeks. BW-infested and non-infested reproductive structures, number of BW, and yield parameters were assessed. Shed structures were kept for 21 days to assess BW emergence. The narrow row spacing was the least effective, and the conventional and wide spacings delayed boll weevil control interventions and resulted in fewer boll weevil-injured reproductive structures early in the season, and produced lower numbers of adult boll weevils without altering the quantity and improving the quality of lint and the financial returns obtained from a better quality lint. This is the first study to demonstrate the effect of row spacing on boll weevil infestations and inflicted injury in low-input systems. The results can also be applied to conventional cotton production systems.

KEYWORDS: Cultural practices, Integrated pest management, *Gossypium hirsutum*, Plant population Row width.

1. Introduction

Cotton (*Gossypium hirsutum* L. Malvaceae) is produced globally on ≈ 34 million ha. Areas dedicated to organic systems occupy $\sim 2\%$ of the total cultivated area, particularly in India, China, Kyrgyzstan, Turkey, Tajikistan, and the United States (Organic Trade Association, 2019). Low-input cotton production areas in Brazil are mostly in semi-arid northeastern Brazil, where $\approx 23.3\%$ of the total cotton production area occurs, of which 0.04% is organic (Organic Trade Association, 2019). The mid-west part of Brazil also cultivates some low-input cotton (Amipa, 2020) and have potential to expand cultivation to use cotton as a rotation crop with horticulture crops organically grown in many of these areas (Codeplan, 2018).

The boll weevil, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), occurs from northern Argentina to the southern United States (CABI, 2019), and it is a limiting factor to Brazilian cotton production. Larval and adult boll weevils feed and females lay eggs on the reproductive structures of cotton, concentrating their attack on large buds (5.5–8.0 mm diam), although feeding and oviposition activities also occur on bolls, and feeding is noticed in seedling and mature cotton leaves, and petioles (Showler, 2007). Boll weevil attack on bolls negatively alters cotton lint quality and quantity (Showler, 2006). In temperate areas, boll weevil populations are typically diminished during winter (Showler, 2007) because of low temperatures and lack of food. In tropical and subtropical areas, however, the pest can be active year-round (Neves et al., 2014) because they can survive, albeit without reproducing, on alternative, noncotton food sources (Ribeiro et al., 2010). Immature boll weevil development inside cotton fruiting structures is protected from the action of insecticides (Neves et al., 2014). In conventional systems, frequent insecticide applications (19–25 per growing season) do not always hold injury below economically acceptable levels (Abrapa, 2015).

Adjusting cotton row spacing is a cultural practice that might be useful for managing boll weevil populations. Buds that were used for oviposition are shed by the plants within a few days (Showler and Cantú, 2005) and remain on the ground until larval and pupal stages develop into adults (Showler and Scott, 2005). Shed buds are subject to desiccation (Showler and Scott, 2005), and this can be influenced by row spacing (Pierce et al., 2001). Plant growth is also influenced by row spacing, especially in terms of numbers of reproductive branches (Silva et al., 2006). Further, plants growing on narrow row spacing can interfere with coverage by insecticide sprays (Hutchins and Pitre, 1984). Previous studies of row spacing have addressed either the pest (Pierce et al., 2001) or the crop (Silva et al., 2006, 2011) without considering both in concert, and those studies were limited to conventional systems. The purpose of this study was to investigate the influence of row spacing on boll weevil infestation and cotton fiber yield in terms of quantity and quality in a low-input cotton production system.

2. Material and methods

2.1. Experimental conditions

The study was conducted during two growing seasons, Jan–Aug 2014 and Jan–Oct 2017, at the University of Brasilia Experiment Station, 15.98 and 47.97 latitude and longitude, respectively. The experimental area is considered to be low-input because it has been cultivated under organic production system since 2009. Sprinkler irrigation was applied when rain did not occur for three consecutive days during critical developmental stages (seedling, flowering, and boll initiation). Mechanical soil cultivation involved two plowings with a heavy harrow plow of 28 discs followed by levelling the soil with a micro tractor Yanmar Agritech TC 14 (Yamaha®, Indaiatuba, São Paulo, Brazil). After soil preparation, a DCF–CO–lime (Ipacol®, DSE 6500, Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brazil) was used to spread fertilizers. A mixture of cow and sheep manure, 20 tons ha⁻¹, was applied immediately before seed sowing and ridging and another 20 tons ha⁻¹ was applied manually between the planting rows 30 d after sowing.

Natural phosphate (Yoorin®, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil) comprised of 18% P₂O₅, 18% Ca, 7% Mg, and 10% Si was also used together with manure immediately before sowing at 1750 kg ha⁻¹.

After initial fertilization, a mechanized ridger was used to create 0.5, 0.75 and 1 m row spacings. These are common row spacings used to grow cotton in most Brazilian production areas, corresponding to crowded, regular and low plant densities, respectively. Each plot measured 15 × 9 m (l x w) in the first season and 21 × 5.5 m (l x w) in the second season, arranged in completely randomized blocks with four replicates each. Seeds were planted manually using a linear density of 15 seeds per m, which were then thinned, at 15 days after seeding, to 10 plants per row meter. The cotton variety used in both seasons was BRS 293 from Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), which is conventional (non-genetically modified) white-fiber cotton, recommended for cultivation in the experimental area.

The economic threshold adopted as a reference for decision-making was 10% of attacked reproductive structures, which is used by smallholders farmers to decide when to manage the boll weevil in low-input cotton areas (Ramalho and Jesus, 1989). Weeds were controlled with a hand hoe. Tips of the cotton plants were manually removed with the aid of pruning shears (Tramontina®, Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul, Brazil) in each season when internodes exceeded 4 cm and the plants were in the advanced reproductive stage in order to limit their vegetative growth. The tips were removed from the area for disposal.

2.2. Plots, treatments, design, and variables measured

2.2.1. Treatments, design, and evaluations

Treatments were comprised of three row spacings: 0.5 m (narrow), 0.75 m (regular), and 1 m (wide). During the first season, in 2014, plant sampling started 56 d after planting (DAP), 19 Mar, and ended at 212 DAP. Evaluations of shed fruiting structures were conducted

in the laboratory, starting at 72 DAP to when field evaluations were terminated at 212 DAP, 22 Aug, when 80% of the bolls had opened. The same experiment was conducted for a second season, in 2017, when plant sampling started at 74 DAP, 7 Apr, and was completed at 239 DAP, 19 Oct. Cotton plants started to have flower buds around 50 DAP (52 and 54 DAP), flowers around 75 DAP (72 and 74 DAP) and bolls around 85 DAP (84 and 87 DAP). Collection of shed fruiting structures in the second season began at 108 DAP and was terminated at 225 DAP, a week before harvest. Sampling in each of the two seasons lasted 23 wk. Total numbers of reproductive structures per plant (squares, flowers, and bolls), numbers of reproductive structures with boll weevil feeding and oviposition punctures, and numbers of adults were recorded on 10 plants per plot, located in the central rows. During the same time, all the abscised reproductive structures (shed) in each plot were collected, counted, and stored in 5 L capacity plastic bags and taken to the laboratory for evaluation. Reproductive structures were determined to be nondamaged or damaged by feeding and oviposition punctures, and adult exit holes. The shed reproductive structures were transferred into transparent 5 L plastic containers, with a 15 × 15 cm opening on the lid covered with voile fabric to allow gas exchange, where they remained for 21 d, long enough to complete development from egg to adult stages (Showler and Cantú, 2005). Emerged adults were counted weekly after which counted weevils were removed. At 21 d after collection, the shed fruiting structures were opened, and numbers of adults and immatures found inside were recorded.

When the field evaluations were finished at 212 DAP and 225 DAP for the first and second seasons, respectively, 10 plants were randomly selected from the center row of each plot, and all of the reproductive structures on them were removed by hand. The reproductive structures were packaged in 5 L capacity Kraft paper bags and taken to the laboratory for evaluation of yield and fiber quality. The lint was manually separated from the bolls, weighed, manually-ginned and reweighed in order to obtain the lint yield (kg ha^{-1}) and percentage lint.

The average yield per plant was used to estimate the lint yield per ha based on a linear density of five plants (density common to conventional cotton production systems) and corresponding to plant populations of 100,000, 66,668 and 50,000 ha⁻¹ for the 0.5 m, 0.75 m, and 1 m row spacing treatments, respectively. This estimation was performed to compare against national averages.

Fiber obtained from the plots was sent to the Fiber Laboratory of Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, and had quality components analyzed by the high volume instrument following USDA's (2005) recommendation. Fiber characteristics measured were: length (mm), length uniformity index (%), short fiber index (SCI) (%), strength (gf/tex), elongation (%), micronaire (µg/in), maturity, color Rd (% reflectance, gradation of grayness over the Hunter scale), color + b (gradation of yellowness over the Hunter scale), and yarn count strength product (CSP).

2.3. Statistical analysis

Pair comparisons between infested reproductive structures retained by the cotton plants and those that had abscised and fallen (shed reproductive structures), during the same week of evaluation and within a given season, were accomplished by using the non-paired *t*-test (SAS Institute, 2002). These comparisons were made for each sample date within a given season, to study what source of infestation (shed or plant) contributed most with infested structures.

The numbers of damaged reproductive structures (squares, flowers, and bolls with boll weevil feeding and oviposition punctures) and of boll weevil adults recorded during plant surveys within a given season were subjected to repeated measures analysis and means were separated using Tukey's HSD for each evaluation date (SAS Institute, 2002). This procedure was adopted because the measures made on the same plants in different weeks of the same season were related, and non-independent.

Data on boll weevil adults emerged from abscised structures were considered as the total number per plot; hence, the numbers of weevils emerging at 7, 14 and 21 d after collection of the abscised (shed) reproductive structures were summed and used to obtain the number of adult boll weevils found in each plot and on each sampling date. The larvae and pupae remaining within reproductive structures (21 d after the reproductive structures were collected) were summed with adults that had already emerged and called adults + immatures boll weevils (BW_s) distinguishing it from emerged boll weevils' adults referred as adult boll weevils (BW_s). Number of adult boll weevils per plot, and numbers of damaged reproductive structures that had abscised and were collected from the soil (shed) were analyzed for treatment differences using one-way analysis of variance (ANOVA) for each sampling date on each season. This procedure was selected because reproductive structures were removed every sampling week from the plots and then, across weeks, new reproductive structures were sampled. Hence, measures on each date of each season were independent, non-related.

Numbers of boll weevils per plant across season, lint yield and the parameters defining the quality of the fiber were also submitted to one-way analysis of variance (ANOVA). This procedure was used because only one measure (one sampling occasion or date) was used to compare among treatments since data coming from different seasons were never compared.

Data was transformed by $\sqrt{x+0.5}$ every time one of the ANOVA's assumptions failed and tested again after transformation to assure that any principle was not violated. The analyses were performed using the Proc GLM (SAS Institute, 2002). Differences between means were determined using Tukey's HSD.

Parameters of lint quality such as the lint color together with length (UHM) and leaf content in the samples, as well as length uniformity index (UNF), fiber strenght (STR), micronaire, and extraneous matter were used in tables to find the premiums and discounts applied to American upland cotton (USDA, 2021). The balance between the prices and

discounts are applied to the obtained yield and each point (one point) corresponds to 1/100 of a cent per pound to be added (on) or discounted (off) of the basis price (national average loan rates) (ICE, 2021). We used the 2020 national average loan rates (USDA, 2021) as the reference (basis) for the price paid per pound of cotton. First, we calculated the yield value (US\$ ha⁻¹) for the different treatments without “ons” (premiums) and “offs” (discounts) by multiplying the yield (in pounds) obtained on each treatment by the basis loan rate (US\$ 0.52 per pound). Next, we used the balance of the gained (premiums) and lost (discounts) points to adjust the reference price (basis) and used the new adjusted price (=basis minus discounts plus premiums) to calculate the yield value (US\$ ha⁻¹) with “ons” (premiums) and “offs” (discounts). Finally, we subtracted the yield value calculated without “ons” and “offs” from the yield value calculated with “ons” and “offs” and obtained the number of US dollars lost per hectare per treatment (US \$ lost ha⁻¹).

3. Results

3.1. Boll weevil infestation and population

Accounting for the percentages of damaged fruiting structures, the decision to control boll weevils would have occurred upon reaching the economic threshold (10% of attacked reproductive structures) at 84 DAP for the 0.5 m (Fig. 1A) and 1 m (Fig. 1B) row spacings. Intervention against boll weevils would not be needed until 90 DAP in the 0.75 m row spacing treatment (Fig. 1C) in the first season. Also, on the last sampling date at 212 DAP, the percentage of damaged reproductive structures declined below the economic threshold in the 0.75 m row spacing treatment (Fig. 1C). For the 0.5 m and 1.0 m row spacings, infestation remained greater than the economic threshold once it was reached (Fig. 1A and B). In the second season, control interventions for boll weevils would have occurred at 93 DAP when in the 0.5 m row spacing treatment (Fig. 2A), but interventions would not be needed until a week later in the 0.75 m and 1 m row spacing treatments (Fig. 2B and C). Once the economic

threshold was reached during the second season, boll weevil infestation remained above the economic threshold irrespective of row spacing (Fig. 2A–C).

The percentages of shed reproductive structures that had been damaged by boll weevils were 1.3- to 29-fold, 1.4- to 11.8-fold, and 1.3- to 21.1-fold higher than the percentage of infested structures retained by cotton plants during most weeks of evaluation at row spacing 0.5 m (Figs. 1A), 1.0 m (Fig. 1B), and 0.75 m (Fig. 1C) in the first season and 1.1- to 2.8-fold, 1.2- to 2.9-fold, and 1.1- to 2.6-fold at row spacing 0.5 m (Figs. 2A), 0.75 m (Fig. 2B) and 1.0 m (Fig. 2C), in the second season. In the first season, the percentage of infested fruiting structures collected from the ground was higher than the percentage of damaged fruiting structures retained on the plants in 14–16 wk out of 21 wk during which comparisons between plant sampling and shed structures were made (from 72 to 212 DAP) (Fig. 1A–C). The same trend was observed in the second season, where greater percentage damaged fruiting structures were observed in 12–15 wk out of 17 wk used for the comparisons (from 108 to 225 DAP) (Fig. 2A–C). In the first season, the maximum infestation was \approx 1.5-fold more in shed structures than on fruiting structures that remained on the plant (Fig. 1A–C). In the second season, the maximum infestation of shed fruiting structures in the 0.5 m, 0.75 m, and 1 m were \approx 1.2-, 1.4- and 1.3-fold higher than maximum infestations found on fruiting structures that had been retained by the plants (Fig. 2A–C). Shed structures had higher percentage infestation than the maximum values found on the plants even during the first sampling week, 108 DAP, and infestations on shed fruiting structures reached levels as high as \approx 90% throughout the second season (Fig. 2A–C).

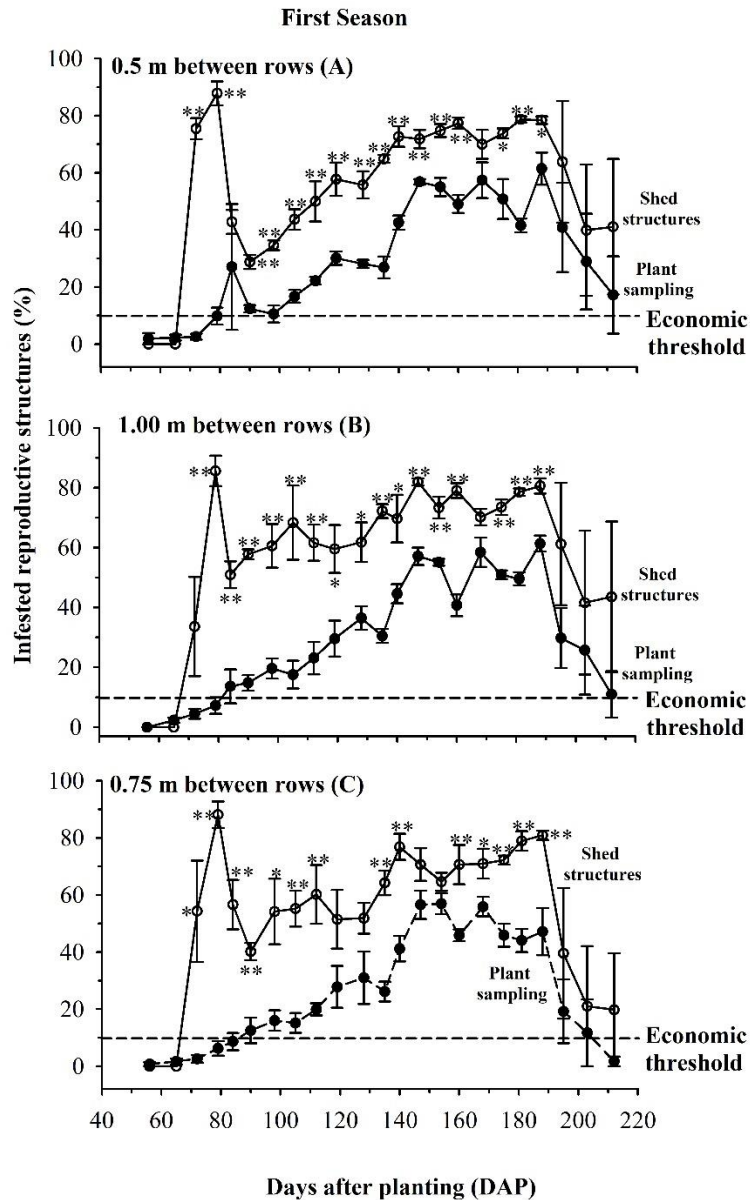


Fig. 1. Percentages (mean \pm SE) of boll weevil infestation on cotton reproductive structures retained by cotton plants (black circles) and abscised (shed structures) (white circles) for different row spacings [0.5 (A), 1.0 m (B) and 0.75 (C)] and evaluation dates (from 56 to 212 DAP) for the first season. Asterisks indicate statistical significance between field plant survey and shed structures collected from the ground, within a given evaluation date, by nonpaired t-test at $\alpha = 0.05$. Infested reproductive structures were obtained by dividing reproductive structures having feeding and oviposition punctures or with adult exit holes by the total number of reproductive structures (squares, flowers, and bolls). Statistics can be found in the supplementary material.

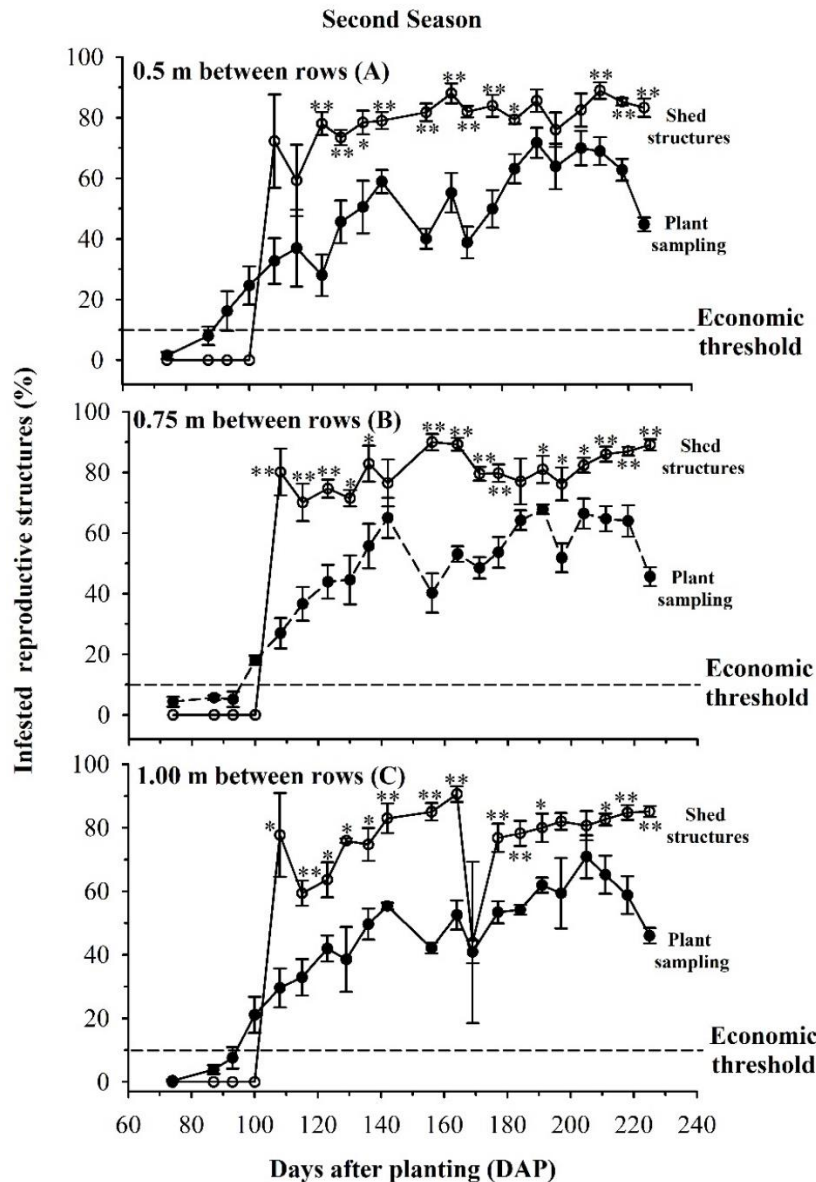


Fig. 2. Percentages (mean \pm SE) of boll weevil infestation on cotton reproductive structures retained by cotton plants (black circles) and abscised (shed structures) (white circles) for different row spacings [0.5 (A), and 0.75 (B), and 1.0 m (C)] and evaluation dates (from 74 to 225 DAP) for the second season. Asterisks indicate statistical significance between field plant survey and shed structures collected from the ground, within a given evaluation date, by non-paired *t*-test at $\alpha = 0.05$. Infested reproductive structures were obtained by dividing reproductive structures having feeding and oviposition punctures or with adult exit holes by the total number of reproductive structures (squares, flowers, and bolls). Statistics can be found in the supplementary material.

In the first season, the numbers of buds found in cotton plants that had been fed upon by adult boll weevil was minimum at the narrowest row spacing (0.5 m) while oviposited buds were the lowest at 0.75 m, at 140 and 175 DAP, respectively (Fig. 3A). Plants growing at 0.5 and 0.75 m row spacings also had the lowest number of total punctured reproductive structures across first season (Fig. 3B).

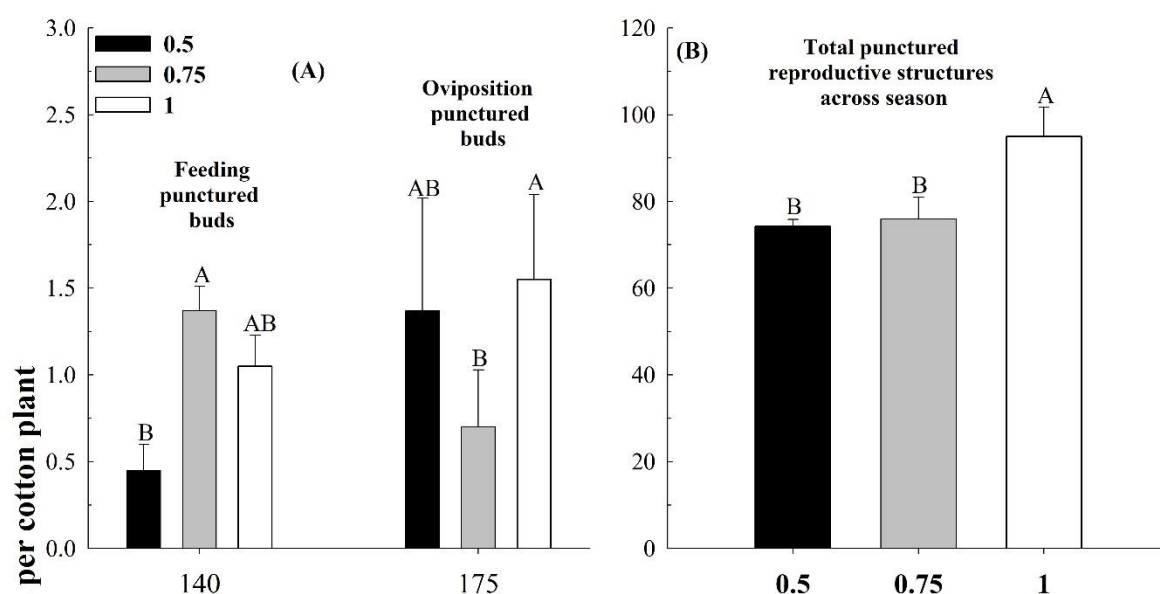
Mostly, during the second season, no matter the type of injury (feeding, oviposited or feeding + oviposited punctured buds, and non-opened or oviposited punctured bolls) and the evaluation date (142, 156, 183, 225 and 239 DAP), plants growing at 0.5 m row spacing produced the lowest number of these reproductive structures (Fig. 3C and D). The only exceptions found were for oviposited buds at 197 DAP, and non-opened bolls at 163 DAP which were minimum on plants cultivated at row spacings of 1 and 0.75 m, respectively (Fig. 3C and D). Also, in this season, and for most situations, plants having rows spaced of 0.75 m produced numbers of damaged structures that did not differ from both 0.5 or 1.0 m row spacings (Fig. 3C and D).

An opposite trend from that observed on the plants surveys was seen in shed structures with the greatest number of damaged structures or boll weevils coming from plants growing at 0.5 m row spacing, no matter the date of evaluation or season (Fig. 4A–D). Exceptions happened on the second season, at 218 and 225 DAP for the numbers of boll weevils (adults + immatures BWs, adults BWs, and adults + immatures BWs) which were minimum in shed structures obtained from 0.5 m row spacing plots (Fig. 4C). On the other side, shed reproductive structures collected in 1 m row spacing plots, produced the lowest number of damaged reproductive structures or boll weevils on most occasions, *i.e.*, at 84, 105, 112, and 135 DAP during the first season, and at 177, 123, 130, and 171 DAP during the second season (Fig. 4A–D), while 0.75 m row spacing produced in few other occasions, *i.e.*, at 112, 135 and 188 DAP during the first season, and at 108 and 130 DAP during the second season (Fig. 4A–D). In most

of the remaining evaluation dates, numbers of shed damaged reproductive structures or boll weevils obtained from 0.75 m row spacing plots did not differ from both 0.5 m or 1 m row spacings, excepting for evaluations made at 105, 112, 135 (adults + immatures BWs), and 188 DAP during the first season, and 218, 108, and 130 DAP during the second season (Fig. 4A–D).

The total numbers of adult boll weevils that emerged from reproductive structures collected on the soil surface during the first season did not show treatment differences. For example, the 0.5 m row spacing treatment produced 2518.2 ± 458.1 boll weevil adults, the 0.75 m and 1 m row spacing treatments produced 2078.2 ± 214.8 and 2035.5 ± 133.6 adult boll weevil, respectively. Differences were also not observed for total number of adults + immatures; *i.e.*, 0.5 m, 0.75 m, and 1 m row spacing treatments harbored 2727.5 ± 424.3 , 2234.0 ± 226.7 and 2211.5 ± 113.7 boll weevils, respectively. In the second season, treatment differences in numbers of adult boll weevils and adults + immatures obtained from reproductive structures collected on the soil surface were not detected. The total numbers of adult boll weevils emerged from shed reproductive structures were 2883.2 ± 327.1 , 2364.8 ± 135.1 and 2287.5 ± 110.6 and total number of adults + immatures were 3039.0 ± 335.0 , 2479.0 ± 129.5 , and 2410.0 ± 111.6 in the 0.5 m, 0.75 m, and 1 m row spacing treatments, respectively.

First Season



Second Season

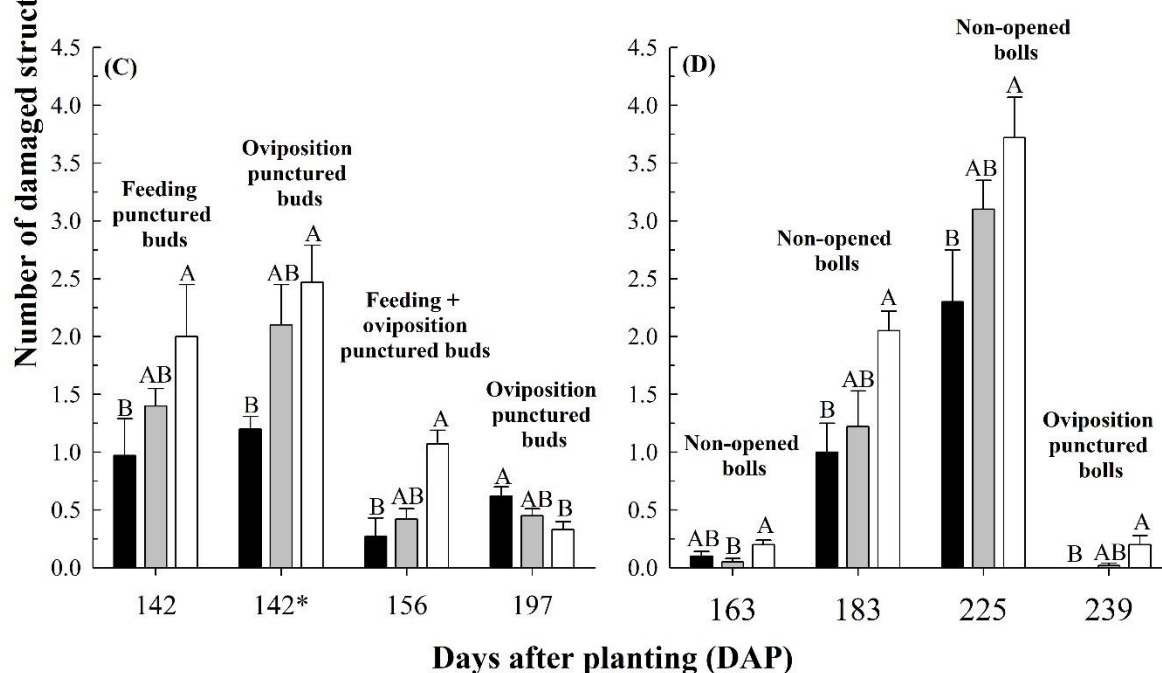


Fig. 3. Mean (\pm SE) numbers of boll weevil damaged cotton reproductive structures recorded in association with 10 cotton plants on different evaluation dates (days after planting, DAP) and across season, during two growing seasons associated with different cotton row spacings (only significant, $P < 0.05$ outcomes are presented). Means followed by the same letter are not statistically different by Tukey's HSD test at $P > 0.05$. Data transformed to $\sqrt{x+0.5}$. Data represented are non-transformed. Statistics can be found in the supplementary material.

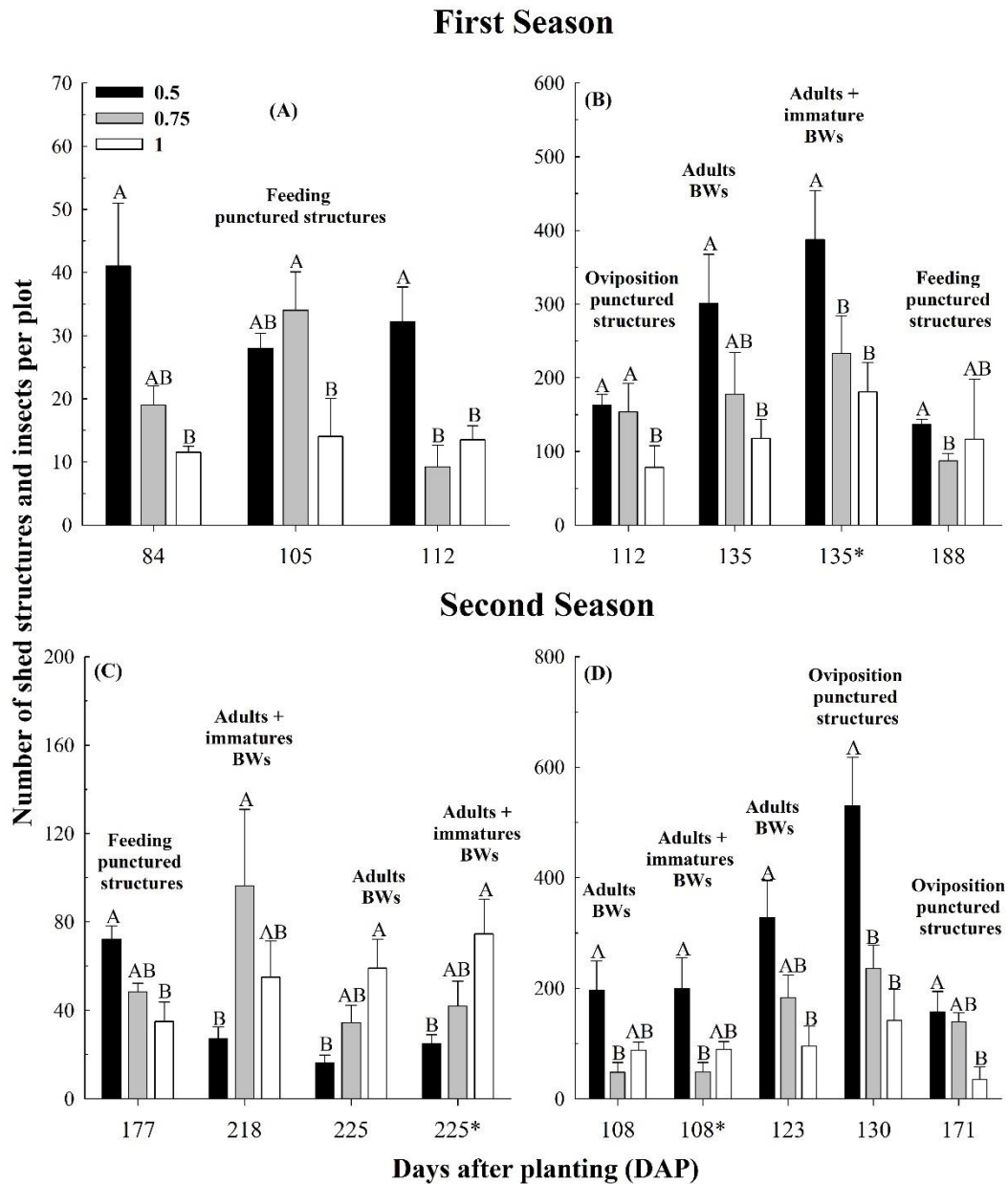


Fig. 4. Mean (\pm SE) numbers of boll weevil damaged cotton reproductive structures recorded in association with abscised structures from the plants and collected from the soil surface (whole plot), numbers of boll weevil (BW) adults emerged from abscised reproductive structures and numbers of emerged BW adults + immatures found within reproductive structures on different evaluation dates (days after planting, DAP), during two growing seasons associated with different cotton row spacings (only significant, $P < 0.05$ outcomes are presented). Means followed by the same letter are not statistically different by Tukey's HSD test at $P > 0.05$. Statistics can be found in the supplementary material.

3.2. Cotton yield and fiber quality

Treatment differences were not detected in terms of lint yield in either seasons. The first season's yield, when corrected for seed density commonly used in conventional systems (5 plants per row meter), was 929.48 ± 169.12 kg of lint ha⁻¹, 777.6 ± 191.22 kg of lint ha⁻¹ and 718.19 ± 128.89 kg of lint ha⁻¹ for the 0.75 m, 0.5 m and 1.0 m row spacing treatments, respectively. In the second season, lint production was 518.72 ± 88.38 kg of lint ha⁻¹, 460.51 ± 77.24 kg of lint ha⁻¹ and 375.19 ± 35.05 kg of lint ha⁻¹ for 0.5 m, 0.75 m and 1 m row spacing treatments, respectively. In the first season, two lint characteristics, micronaire and maturity, differed among treatments (statistics can be found in the supplementary material, Table X). Micronaire and maturity values were maximized in plants growing at row spacing of 0.5 and 0.75 m, while both values were minimum at plants rows spaced of 1 m (data on the parameters defining fiber quality can be found in the supplementary material, Table X). No significant differences were detected among treatments for any of the fiber quality variables evaluated in the second season (statistics can be found in the supplementary material, Table X). Despite the absence of significant differences among treatments for most parameter of the lint quality, values found across treatments may result in price differentiation in the market.

In terms of color, and using the RD and +b values (available in the supplementary material) in the HVI color diagram for American Upland Cotton (USDA, 2005; Cotton Incorporated, 2018), the first season's cotton fiber produced by plants growing in all three row spacing treatments were classified as 13.1 (spotted). In the second season, fiber produced in the 0.5 m, 0.75 m, and 1 m row spacing treatments were classified as 13.4 (good midling spotted), 12.1 (light spotted) and 13.1 (spotted), respectively (Cotton Incorporated, 2018). According to the values found for the parameters of lint quality (the values can be found in the supplementary material, Table X), in the first season, lint coming from 0.75 and 1 m row spacings would receive the highest premiums (Table 1), without distinction among any of the row spacings for

the discounts applied (Table 1). Based on the total points accumulated (balance between premiums and discounts), the discounts applied would be the lowest possible for yield coming from plants cultivated at 0.75 m row spacing, followed by 1 and 0.5 m. As a result, accumulated monetary losses (US\$ ha⁻¹) would be 0.75 < 1 < 0.5 m (Table 1). In the second season, premiums received would be highest at row spacings 1 and 0.75 m and discounts applied would be minimum at 0.75 m row spacing, resulting in accumulated monetary losses (US\$ ha⁻¹) that were 0.75 < 1 < 0.5 m at these row spacings (Table 1).

Table 1 Premiums and discounts applied to cotton according to fiber quality parameters (points and US\$ accumulated or lost), price paid for cotton yield (US\$ ha⁻¹) and US\$ lost per hectare as a function of row spacings.

Fiber quality parameters	Row spacing (m)		
	0.5	0.75	1
First Season			
Length uniformity (UNF)	15	25	20
Fiber strength (STR)	0	5	5
Fiber color and leaf content	-990	-990	-990
Total points^{1/}	-975	-960	-965
Discounts applied (Usc\$ lb ⁻¹) ^{2/}	9.75	9.60	9.65
Yield value without ons and offs (US\$ ha ⁻¹) ^{3/}	183.41	219.23	169.40
Yield value after ons and offs (US\$ ha ⁻¹)	149.02	193.52	137.96
US\$ lost ha⁻¹	34.39	25.72	31.44
Second Season			
Length uniformity (UNF)	20	15	20
Fiber strength (STR)	25	45	45
Fiber color and leaf content	-990	-645	-990
Total points^{1/}	-1590	-1230	-1570
Discounts applied (Usc\$ lb ⁻¹) ^{2/}	15.9	12.3	15.7
Yield value without ons and offs (US\$ ha ⁻¹) ^{3/}	122.35	108.62	88.50
Yield value after ons and offs (US\$ ha ⁻¹)	84.94	82.93	61.78
US\$ lost ha⁻¹	37.41	25.69	26.72

^{1/}According to 2020 Cotton Loan Rate Differentials (USDA, 2021); ^{2/}1/100 of a cent (one “point”) per pound (ICE, 2021); ^{3/}According to 2020 National Average Loan Rates (USDA, 2021).

4. Discussion

Data on boll weevil infestation during plant samplings allow us to observe that the delays in boll weevil control intervention, as well as the reductions in the number of times that boll weevils reached the economic threshold in the 0.75 m and 1 m row spacing treatments, appear to have resulted from lower boll weevil populations, diminishing production costs, and

increasing financial returns by reducing discounts applied to the price paid for the yield, because of better lint quality. In addition, even biologically- and botanically-based formulations used to manage pests in low-input cotton production areas can negatively impact natural enemies and pollinators (Jansen et al., 2010). Hence, the row spacings that restrain boll weevil infestations are compatible with low-input approaches to cotton production as well as with conventional approaches.

Most of shed structures were damaged by the boll weevil and they were more numerous than those retained by the plants. The oviposition-induced abscission explains why most of the reproductive structures collected from the soil surface were infested at higher levels than observed on fruiting structures retained by the plants. According to Showler and Cantú (2005), 5.3–6.2 d after boll weevil oviposition on a cotton bud, abscission of the buds occurs in subtropical South Texas, USA. Fallen reproductive structures must, therefore, be removed from the fields in order to limit subsequent boll weevil infestations resulting from emergence from fallen buds within cotton fields (Neves et al., 2013). Removal of fallen buds from cotton plantings is especially desirable in low-input areas where the control tactics that target emerging adults are limited and often have weak impact against boll weevils in comparison to conventional insecticides (Showler et al., 2004), although even conventional insecticides are not particularly effective against boll weevils inside abscised fruiting structures (Showler and Scott, 2005). Also, despite the row spacing used or the season considered, the main source of infestation was shed structures in most of the evaluating dates. These structures are not focused while monitoring or spraying for the pest. Then, our data reinforces the importance of eliminating these structures from the cultivated area, to avoid reinfestations by the maintenance of in-field infested structures.

Data on week sampling allow us to observe that on most occasions (six out of nine weeks) the 0.5 m row spacing retained less damaged reproductive structures than the wider row

spacings of 0.75 m and 1.0 m which contrasted with the highest number of shed structures associated to the 0.5 m row spacing in most sampling dates (six out of seven weeks). The greater numbers of shed reproductive structures suggests that boll weevil infestation was highest in the narrow row spacing in contrast with the widest row spacings particularly at the beginning of the growing season in the 0.5 m row spacing treatment when the plants mostly had produced buds. This indicates that plants growing in the narrow row spacing had fewer retained infested reproductive structures compared to plants in the other two row spacing treatments on most occasions. This pattern was a result of the abscission of the entire reproductive structure because of boll weevil injury (Showler and Cantú, 2005), which occurred to the greatest extent in the 0.5 m row spacing treatment. Also, cotton planted on narrow, 17 cm, rows permits greater survival of boll weevils than the standard 96 cm row spacing (Pierce et al., 2001) which can be an additional source of infestation.

This trend can be explained based on alteration of plant architecture resulting from space availability at different plant densities. For instance, Silva et al. (2011), Silva et al. (2006) and Nichols et al. (2004) indicated that narrow row spacings and greater plant densities yield fewer bolls and buds per plant because of less sympodial branching and greater distances between internodes, reducing total nodes. Also, the highest and lowest levels of boll weevil injury were associated with high and low numbers of reproductive structures, respectively (Slosser et al., 1999). The low numbers of reproductive structures per plant common to narrow row spacing can be offset by greater numbers of buds and bolls per unit of area. Plants generally grow taller in narrow row spacings (Jahedi et al., 2013; Munir et al., 2015) likely to gain better access to sunlight under crowded conditions. Tall plants in narrow row spacing tend to produce reproductive structures that are concentrated in the middle and upper thirds of the plants, which produce relatively few bolls that do not open or will open later within the season (Munir et al., 2015). Damaged reproductive structures are in greatest abundance in the middle and upper parts

of cotton plant canopies (Grigolli et al., 2013) because they are produced later in the season than on the lower part of the plant (Showler et al., 2005) and boll weevils infest buds more than nonripe bolls, and nonripe bolls more than hardened mature bolls (Showler, 2004). Hence, plants growing in narrow row spacing conditions produce stages of fruiting structures suitable for boll weevil infestation when plants cultivated under wider row spacing have already formed mature bolls that are of little or no use to boll weevils as food and as oviposition substrate.

In the current case, all the above can be confirmed by the higher number of boll weevil adults emerging from shed reproductive structures collected from the 0.5 m (narrow) row spacing treatment early and mid-growing season, at 108 DAP, 123 DAP, and 135 DAP, while wider row spacings produced the greatest number of boll weevils near the end of the season, at 218 DAP and 225 DAP, when buds and nonripe bolls formed at the tips of the branches do not develop into harvestable bolls. Hence, eliminating these structures by pruning does not negatively affect yield (Neves et al., 2010).

While some previous report indicated that cotton lint yields improve under narrow (0.3 and 0.5 m) row spacing (Jahedi et al., 2013), other reports did not detect differences in lint production in two of three years for a range of row spacings (0.25 m, 0.38 m, and 0.76 m) (Nichols et al., 2004). While we did not detect differences in lint quantity, we did detect in lint quality, and then row spacing can still allow production that contributes to pest management. In terms of lint production, yields obtained in the first season were close to or greater than the world average (792 kg ha⁻¹) (USDA, 2018), and in the second season yields were slightly lower. This is because the cotton was grown in a low-input system without the adoption of any interventions for boll weevil control, and because crop rotation is not practiced in the cotton growing area. Rotation can contribute to reduced yield loss from boll weevil infestations (Deguine et al., 2008).

Concerning cotton fiber quality even without statistical differences among the parameters of lint quality on most occasions, values could fit into established classifications, and, consequently, be assigned market prices. For instance, cotton plants cultivated under wider row spacings such as 0.75 and 1 m would suffer less from economic loss, losing ~3.00 to 12.00 less US\$ per hectare than if they were cultivated under the narrow row spacing of 0.5 m. The premiums applied would be even greater to the cotton produced in the first season if the color classification were different. Premiums are given for micronaire values of 3.7 through 4.2, but only applies to white grades of lint color (11–41), and light spotted grades (12–32 and 52), also depending on the leaf content (USDA, 2021). Values of micronaire produced in the first season were all above these limits, however, the color grade (13.1) prevented the premiums to be granted. Besides, in countries such as Brazil and India, cotton produced under low-input system is granted with a varying bonus of 10%, 30% or 50% for the prices paid for the yield when compared to conventional cotton (Lima, 1995; Scheller, 2007; UOL, 2021).

Low-input cotton have a list of acceptable or adopted practices to deal with insect pest management described by growers as a “limited toolbox” of tactics, thus making managing them far more challenging than in conventional systems (Headrick, 2021). In low-input systems preventative measures such as the cultural practices are listed as the first line of defense against pests (Headrick, 2021). Also, even conventionally cultivated cotton, that counts on insecticides to deal with insect pests, faces problems related to attaining acceptable levels of control, to avoid insect resistance and to counterbalance the number of sprays demanded with proper net return (Javaid, 1995; Deguine et al., 2008). Therefore, both systems would benefit from the results found here concerning the adoption of wider row spacings mainly when taken from a broader perspective of integration with other IPM tactics or even other practices of cultural control (Javaid, 1995; Headrick, 2021). The implementation of this approach under the perspective of area-wide management (Deguine et al., 2008) is expected to magnify the results

found herein, because of the long-term effects on boll-weevil population offered by the adoption of wider row spacings. Also, as the adoption of wider row spacing is expected to act over some other pests, it may increase the overall benefits for the crop system.

Then, based solely on economic values, our results justify avoiding 0.5 m row spacing because the 0.75 m and 1 m row spacing treatments were associated with delayed interventions against boll weevils and fewer boll weevil damaged structures, while producing the same quantity and superior quality lint and producing higher economic return. The yield and fiber qualities obtained in our study, without chemical interventions against arthropod pests, are comparable to those in conventional systems that typically involve 19–25 applications per season (Abrapa, 2015). Hence, our results are encouraging because we showed that cotton row spacing can help on boll weevil management.

The management of boll weevil will, therefore, benefit from the adoption of wider row spacings mostly when considered from a wider perspective of integration with other tactics and cultural control practices such as field sanitation, planting date, crop rotation, field geographic isolation, and cultivar selection and when used under an area-wide management. This is the first report of a preventive cultural practice's (*i.e.*, altering row spacing) efficacy against boll weevils without affecting yield in cotton.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

To the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the scholarship and to the Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) for the scholarships and fellowships.

References

Abrapa, 2015. Workshop sobre o bicudo-do-algodoeiro. Abrapa, Brasília, Brazil.

Associação Mineira dos Produtores de Algodão (Amipa), 2020. Produção eficiente do algodão brasileiro [www Document]. <https://amipa.com.br/sobre-o-algodao/producao>. (Accessed 12 September 2020).

CABI, 2019. Invasive Species Compendium. Datasheet Report for *Anthonomus grandis* (Mexican Cotton Boll Weevil) [www Document]. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/5735>. (Accessed 11 August 2020).

Companhia de planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN), 2018. O mercado de produtos orgânicos. Mecanismos de controle. Codeplan, Brasília, DF, Brazil. <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Mercado-Produtos-Org%C3%A2nicos-Mecanismo-de-Controle.pdf>.

Cotton Incorporated, 2018. The Classification of Cotton [www Document]. <https://www.cottoninc.com/wp-content/uploads/2017/02/Classification-of-Cotton.pdf>. (Accessed 11 November 2019).

Deguine, J.F., Ferron, P., Russel, D., 2008. Sustainable pest management for cotton production. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 113–137. <https://doi.org/10.1051/agro:2007042>.

Grigolli, J.F.J., Souza, L.A., Fraga, D.F., Funicello, M., Busoli, A.C., 2013. Distribuição vertical de botões florais com danos de alimentação e de oviposição de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de algodoeiro. *Cienc. E Agrotecnol* 36, 78–84. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000100009>.

Headrick, D., 2021. The future of organic insect pest management: be a better entomologist or pay for someone who is. *Insects* 12, 140. <https://doi.org/10.3390/insects12020140>.

Hutchins, S.H., Pitre, H.N., 1984. Effects of soybean row spacing on spray penetration and efficacy of insecticides applied with aerial and ground equipment. *Environ. Entomol.* 13, 948–953. <https://doi.org/10.1093/ee/13.4.948>.

ICE. ICE futures US. Cotton no. 2 futures. <https://www.theice.com/products/254/Cotton-No-2-Futures>. (Accessed 15 February 2021).

Jahedi, M.B., Vazin, F., Ramezani, M.R., 2013. Effect of row spacing on the yield of cotton cultivars. *Cercet. Agron. Moldova* 46, 31–38. <https://doi.org/10.2478/v10298-012-0101-y>.

Jansen, J.P., Defrance, T., Warnier, A.M., 2010. Effects of organic-farming-compatible insecticides on four aphid natural enemy species. *Pest Manag. Sci.* 66, 650–656. <https://doi.org/10.1002/ps.1924>.

Javaid, I., 1995. Cultural control practices in cotton pest management in tropical Africa. *J. Sustain. Agric.* 5 (1/2), 171–185.

Lima, P.J.B.F., 1995. Algodão orgânico: bases técnicas da produção, certificação, industrialização e mercado sgmoraes2.tripod.com/senac/algodao_organico.doc. accessed 2.20.2021.

Munir, M.K., Tahir, M., Saleem, M.F., Yaseen, M., 2015. Growth, yield and earliness response of cotton to row spacing and nitrogen management. *J. Anim. Plant Sci.* 25, 729–738. <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-25-03/18.pdf>.

Neves, R.C.S., Torres, J.B., Silva, M.N.B., 2010. Época apropriada para a poda apical do algodoeiro para o controle de pragas. *Pesquisa. Agropecuária. Bras.* 45, 1342–1350. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200002>.

Neves, R.C.S., Showler, A.T., Pinto, E.S., Bastos, C.S., Torres, J.B., 2013. Reducing boll weevils by clipping terminal buds and removing abscised fruiting bodies. *Entomol. Exp. Appl.* 146, 276–285. <https://doi.org/10.1111/eea.12026>.

Neves, R.C.S., Colares, F., Torres, J.B., Santos, R.L., Bastos, C.S., 2014. Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiárido region of Brazil. *Insects* 5, 818–831. <https://doi.org/10.3390/insects5040818>.

Nichols, S.P., Snipes, C.E., Jones, M.A., 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *J. Cotton Sci.* 8, 1–12. <https://www.cotton.org/journal/2004-08/1/upload/jcs08-001.pdf>.

Organic Trade Association, 2019. Organic cotton fact sheet. https://ota.com/sites/default/files/indexed_files/OTA%20Organic%20Cotton%20Fact%20Sheet_080619.pdf.

(Accessed 11 August 2019).

Pierce, J.P., Yates, P.E., Hair, C.J., 2001. Crop management and microclimate effects in immature boll weevil mortality in Chihuahuan desert cotton fields. *Southwest. Entomol.* 26, 87–93.

Ramalho, F.S., Jesus, F.M.M., 1989. Avaliação de inseticidas para o controle do bicudo-do-algodoeiro. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 24, 273–276. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/14279/8195>.

Ribeiro, P.A., Sujii, E.R., Diniz, I.R., Medeiros, M.A., Salgado-Labouriau, M.L., Branco, M. C., Pires, C.S.S., Fontes, E.M.G., 2010. Alternative food sources and overwintering feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil. *Neotrop. Entomol.* 39, 28–34. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2010000100005>.

Sas, 2002. The SAS System. SAS Institute, Cary. Version 9.00.

Scheller, F., 2007. Investimento em ‘comércio justo’ multiplica renda no interior do país.
http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,MUL190605-9356,00-IN

VESTIMENTO+EM+COMERCIO+JUSTO+MULTIPLICA+RENDANO+INTERIOR
+DO+PAIS.html accessed 2.20.2021.

Showler, A.T., 2004. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition. *J. Econ. Entomol.* 97, 1330–1334.
<https://doi.org/10.1093/jee/97.4.1330>.

Showler, A.T., 2006. Boll weevil damage to cotton bolls under standard and proactive spraying. *J. Econ. Entomol.* 99, 1251–1257. <https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1251>.

Showler, A.T., 2007. Subtropical boll weevil ecology. *Am. Entomol.* 53, 240–249.
<https://doi.org/10.1093/ae/53.4.240>.

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. *Southwest. Entomol.* 30, 161–164.

Showler, A.T., Scott, A.W., 2005. Effects of insecticide residues on adult boll weevils and immatures developing inside fallen cotton fruit. *Subtrop. Plant. Sci.* 56, 33–38.
<http://www.subplantsci.org/wp-content/uploads/2016/02/SPSJ-56-33-38-Showler-Scott.pdf>.

Showler, A.T., Greenberg, S.M., Arnason, J.T., 2004. Deterrent effects of four neem-based formulations on gravid female boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition

on cotton squares. *J. Econ. Entomol.* 97, 414–421. [https://doi.org/ 10.1603/0022-0493-97.2.414](https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.414).

Showler, A.T., Greenberg, S.M., Scott, A.W., Robinson, J.R.C., 2005. Effects of planting dates on boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) and cotton fruit in the subtropics. *J. Econ. Entomol.* 98, 796–804. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.3.796>.

Silva, A.V., Chiavegato, E.J., Carvalho, L.H., Kubiak, D.M., 2006. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. *Bragantia* 65, 407–411. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000300006>.

Silva, A.V., Chiavegato, E.J., Carvalho, L.H., Furlani Jr., E., Kondo, J.I., Salvatierra, D.K., Tisseli, A.C.P.C., 2011. Configurações de semeadura e produção e qualidade da fibra do algodoeiro. *Semina Ciências Agrárias* 32, 1709–1716. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4Sup1p1709>.

Slosser, J.E., Bordovsky, D.G., Bevers, S.J., Idol, G.B., Duckworth, B.L., 1999. Economic evaluation of boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) management options for early-planted, irrigated cotton in the Texas rolling plains. *J. Econ. Entomol.* 92, 1177–1183. <https://doi.org/10.1093/jee/92.5.1177>.

UOL, 2021. Empresa campeã da terra critica consumismo e deixa executivos sem bônus [www Document]. <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2020/10/21/empresa-campea-da-terra-critica-consumismo-e-deixa-executivos-sem-bonus.htm>. (Accessed 20 February 2021).

USDA, 2005. Agricultural Marketing Service. Cotton Program. Cotton Classification. USDA/AMS, Memphis, USA. USDA, 2018. Cotton outlook [www Document]. <https://www.usda.gov/oce/forum/2018/commodities/Cotton.pdf>. (Accessed 11 November 2019).

USDA. Farm service agency. 2020 National average loan rates, premiums and discounts. <https://www.fsa.usda.gov/programs-and-services/price-support/commodity-loan-rates/index>. (Accessed 15 February 2021).

Supplementary material

Statistics for t-test (Figures 1 and 2):

First season, 0.5 m (Fig. 1A):

T_6 [72 DAP]= 17.5, $P = 0.000002$; T_4 [79 DAP]= 15.2, $P = 0.0001$; T_6 [90 DAP]= 5.9, $P = 0.001$; T_6 [98 DAP]= 6.9, $P = 0.0004$; T_6 [105 DAP]= 6.4, $P = 0.001$; T_6 [112 DAP]= 3.9, $P = 0.01$; T_6 [119 DAP]= 4.4, $P = 0.005$; T_6 [128 DAP]= 5.5, $P = 0.001$; T_6 [135 DAP]= 9.4, $P = 0.0001$; T_6 [140 DAP]= 6.9, $P = 0.0005$; T_6 [147 DAP]= 4.5, $P = 0.004$; T_6 [154 DAP]= 5.0, $P = 0.002$; T_6 [160 DAP]= 7.6, $P = 0.0003$; T_6 [175 DAP]= 3.2, $P = 0.02$; T_6 [181 DAP]= 14.4, $P = 0.00001$; T_6 [188 DAP]= 2.9, $P = 0.03$.

First season, 1 m (Fig. 1B):

T_4 [79 DAP]= 15.1, $P = 0.0001$; T_6 [84 DAP]= 5.2, $P = 0.002$; T_6 [90 DAP]= 13.9, $P = 0.00001$; T_6 [98 DAP]= 5.1, $P = 0.002$; T_6 [105 DAP]= 3.8, $P = 0.01$; T_6 [112 DAP]= 4.7, $P = 0.003$; T_6 [119 DAP]= 3.0, $P = 0.02$; T_6 [128 DAP]= 3.3, $P = 0.02$; T_6 [135 DAP]= 12.7, $P = 0.00001$; T_6 [140 DAP]= 2.9, $P = 0.03$; T_6 [147 DAP]= 7.9, $P = 0.0002$; T_6 [154 DAP]= 4.8, $P = 0.003$; T_6 [160 DAP]= 8.8, $P = 0.0001$; T_6 [175 DAP]= 7.7, $P = 0.0002$; T_6 [181 DAP]= 11.5, $P = 0.00003$; T_6 [188 DAP]= 5.2, $P = 0.002$.

First season, 0.75 m (Fig. 1C):

T_6 [72 DAP]= 2.9, $P = 0.03$; T_4 [79 DAP]= 17.3, $P = 0.00006$; T_6 [84 DAP]= 5.2, $P = 0.002$; T_6 [90 DAP]= 5.1, $P = 0.002$; T_6 [98 DAP]= 3.2, $P = 0.02$; T_6 [105 DAP]= 5.6, $P = 0.001$; T_6 [112 DAP]= 3.8, $P = 0.008$; T_6 [135 DAP]= 6.8, $P = 0.0005$; T_6 [140 DAP]= 5.5, $P = 0.001$; T_6 [160 DAP]= 3.4, $P = 0.01$; T_6 [168 DAP]= 2.4, $P = 0.05$; T_6 [175 DAP]= 6.1, $P = 0.001$; T_6 [181 DAP]= 6.6, $P = 0.001$; T_6 [188 DAP]= 4.0, $P = 0.01$.

Second season, 0.5 m (Fig. 2A):

T_6 [123 DAP]= -6.4, $P = 0.001$; T_6 [129 DAP]= -3.7, $P = 0.01$; T_6 [136 DAP]= -2.9, $P = 0.03$; T_5 [142 DAP]= -4.3, $P = 0.01$; T_6 [156 DAP]= -9.4, $P = 0.0001$; T_6 [164 DAP]= -4.5, $P = 0.004$; T_6 [169 DAP]= -7.7, $P = 0.0002$; T_6 [177 DAP]= -4.8, $P = 0.003$; T_6 [184 DAP]= -3.2, $P = 0.02$; T_6 [211 DAP]= -3.7, $P = 0.01$; T_6 [218 DAP]= -5.9, $P = 0.001$; T_6 [225 DAP]= -10.2, $P = 0.00005$.

Second season, 0.75 m (Fig. 2B):

T_6 [108 DAP]= -5.8, $P = 0.001$; T_6 [115 DAP]= -4.0, $P = 0.01$; T_6 [123 DAP]= 4.9, $P = 0.003$; T_6 [129 DAP]= 3.17, $P = 0.02$; T_6 [136 DAP]= 2.9, $P = 0.03$; T_6 [156 DAP]= 7.1, $P = 0.0004$; T_6 [164 DAP]= 10.9, $P = 0.00003$; T_6 [169 DAP]= 7.4, $P = 0.0003$; T_6 [177 DAP]= 4.5, $P = 0.004$; T_6 [191 DAP]= 2.8, $P = 0.03$; T_6 [197 DAP]= 3.4, $P = 0.02$; T_6 [205 DAP]= 2.9, $P = 0.03$; T_6 [211 DAP]= 4.4, $P = 0.005$; T_6 [218 DAP]= 4.3, $P = 0.005$; T_6 [225 DAP]= 11.9, $P = 0.00002$.

Second season, 1.0 m (Fig. 2C):

T_6 [108 DAP]= 3.3, $P = 0.02$; T_6 [115 DAP]= 3.8, $P = 0.01$; T_6 [123 DAP]= 3.1, $P = 0.02$; T_6 [129 DAP] = 3.6, $P = 0.02$; T_6 [136 DAP] = 3.5, $P = 0.02$; T_5 [142 DAP] = 4.9, $P = 0.004$; T_6 [156 DAP] = 13.2, $P = 0.00001$; T_6 [164 DAP] = 7.2, $P = 0.0003$; T_6 [177 DAP] = 4.1, $P = 0.01$; T_6 [184 DAP] = 4.1, $P = 0.01$; T_6 [191 DAP] = 3.5, $P = 0.02$; T_6 [211 DAP] = 2.8, $P = 0.03$; T_6 [218 DAP] = 4.1, $P = 0.01$; T_6 [225 DAP] = 13.1, $P = 0.00001$.

Statistics for plant surveys:

First Season:

Feeding punctured buds at 140 DAP: $F_{2,6} = 6.40$; $P = 0.0325$ (Fig. 3A)

Oviposition punctured buds at 175 DAP: $F_{2,6} = 6.61$; $P = 0.0304$ (Fig. 3A)

Total punctured reproductive structures across first season: $F_{2,6} = 8.79$; $P = 0.0165$ (Fig. 3B)

Second Season:

Feeding punctured buds at 142 DAP: $F_{2,6} = 7.70$; $P = 0.0221$ (Fig. 3C)

Oviposition punctured buds at 142 DAP: $F_{2,6} = 7.95$; $P = 0.0206$ (Fig. 3C)

Feeding + oviposition punctured buds at 156 DAP: $F_{2,6} = 6.62$; $P = 0.0303$ (Fig. 3C)

Oviposition punctured buds at 197 DAP: $F_{2,6} = 6.12$; $P = 0.0356$ (Fig. 3C)

Non-opened bolls at 163 DAP: $F_{2,6} = 6.77$; $P = 0.0290$ (Fig. 3D)

Non-opened bolls at 183 DAP: $F_{2,6} = 7.46$; $P = 0.0236$ (Fig. 3D)

Non-opened bolls at 225 DAP: $F_{2,6} = 5.17$; $P = 0.0496$ (Fig. 3D)

Oviposition punctured bolls at 239 DAP: $F_{2,6} = 6.69$; $P = 0.0297$ (Fig. 3D).

Statistics for shed reproductive structures:

First Season:

Feeding punctured structures at 84 DAP: $F_{2,6} = 7.57$; $P = 0.023$ (Fig. 4A)

Feeding punctured structures at 105 DAP: $F_{2,6} = 5.85$; $P = 0.039$ (Fig. 4A)

Feeding punctured structures at 112 DAP: $F_{2,6} = 12.15$; $P = 0.008$ (Fig. 4A)

Oviposition punctured structures at 112 DAP: $F_{2,6} = 8.46$; $P = 0.018$ (Fig. 4B)

Adult BWs at 135 DAP: $F_{2,6} = 9.67$; $P = 0.013$ (Fig. 4B)

Adults + immature BWs at 135 DAP: $F_{2,6} = 12.66$; $P = 0.007$ (Fig. 4B)

Feeding punctured structures at 188 DAP: $F_{2,6} = 5.74$; $P = 0.040$ (Fig. 4B)

Second Season:

Feeding punctured structures at 177 DAP: $F_{2,6} = 9.26$; $P = 0.015$ (Fig. 4C)

Adults + immatures BWs at 218 DAP: $F_{2,6} = 5.16$; $P = 0.050$ (Fig. 4C)

Adults BWs at 225 DAP: $F_{2,6} = 9.78$; $P = 0.013$ (Fig. 4C)

Adults + immatures BWs at 225 DAP: $F_{2,6} = 7.58$; $P = 0.023$ (Fig. 4C)

Adults BWs at 108 DAP: $F_{2,6} = 7.32$; $P = 0.025$ (Fig. 4D)

Adults + immatures BWs at 108 DAP: $F_{2,6} = 7.34$; $P = 0.024$ (Fig. 4D)

Adults BWs at 123 DAP: $F_{2,6} = 6.43$; $P = 0.032$ (Fig. 4D)

Oviposition punctured structures at 130 DAP: $F_{2,6} = 15.30$; $P = 0.004$ (Fig. 4D)

Oviposition punctured structures at 171 DAP: $F_{2,6} = 6.89$; $P = 0.023$ (Fig. 4D).

Table 1S. Mean (\pm SE) measures of cotton fiber quality (10 plants per replicate) as a function of different cotton row spacings.

Variables	Row spacing (m)			Statistics D.F. = 2,6 F ^P
	0.5	0.75	1	
First Season				
UHM (mm) ^{1/}	28.65 \pm 0.37	29.40 \pm 0.53	28.95 \pm 0.30	1.32 ^{0.3344}
UNF (%) ²	84.90 \pm 0.37	86.13 \pm 0.60	85.55 \pm 0.53	1.34 ^{0.3300}
SFI (%) ^{3/}	7.33 \pm 0.13	6.98 \pm 0.52	7.08 \pm 0.21	0.25 ^{0.7900}
STR (g/tex) ^{4/}	28.35 \pm 0.27	29.35 \pm 0.94	29.23 \pm 0.40	0.70 ^{0.5340}
ELG (%) ^{5/}	7.33 \pm 0.30	7.20 \pm 0.45	7.53 \pm 0.27	0.39 ^{0.6937}
MIC ^{6/}	3.85 \pm 0.70 A	3.98 \pm 0.11 A	3.48 \pm 0.03 B	9.47 ^{0.0139}
MAT ^{7/}	0.84 \pm 0.00 AB	0.85 \pm 0.01 A	0.83 \pm 0.00 B	6.33 ^{0.0332}
RD (%) ^{8/}	77.98 \pm 0.56	78.75 \pm 1.45	78.55 \pm 0.70	0.31 ^{0.7461}
+b ^{9/}	11.75 \pm 0.25	11.68 \pm 0.45	11.55 \pm 0.26	0.11 ^{0.9014}
CSP ^{10/}	2,779.25 \pm 68.51	2,982.2 \pm 134.0	2,999.25 \pm 45.90	2.07 ^{0.2075}
Lint percentage (%)	37.72 \pm 0.55	39.21 \pm 1.08	39.32 \pm 0.93	1.09 ^{0.3959}
Second Season				
UHM (mm) ^{1/}	29.52 \pm 0.56	29.23 \pm 0.56	29.71 \pm 0.20	0.18 ^{0.8402}
UNF (%) ²	84.98 \pm 0.89	84.91 \pm 0.67	85.61 \pm 0.81	0.21 ^{0.8172}
SFI (%) ^{3/}	7.13 \pm 0.40	6.88 \pm 0.27	6.52 \pm 0.07	0.80 ^{0.4938}
STR (g/tex) ^{4/}	30.60 \pm 0.97	31.69 \pm 0.96	31.79 \pm 0.58	0.62 ^{0.5711}
ELG (%) ^{5/}	7.51 \pm 0.40	7.09 \pm 0.24	6.99 \pm 0.13	0.94 ^{0.4410}
MIC ^{6/}	3.14 \pm 0.20	3.08 \pm 0.14	3.24 \pm 0.10	0.28 ^{0.7650}
MAT ^{7/}	0.82 \pm 0.00	0.83 \pm 0.00	0.83 \pm 0.00	1.70 ^{0.2608}
RD (%) ^{8/}	78.77 \pm 1.03	80.09 \pm 0.42	79.44 \pm 0.48	0.76 ^{0.5079}
+b ^{9/}	12.57 \pm 0.33	12.01 \pm 0.20	12.63 \pm 0.12	1.83 ^{0.2390}
CSP ^{10/}	3,318.95 \pm 145.22	3,174.85 \pm 125.56	3,244.46 \pm 107.53	0.19 ^{0.8324}
Lint percentage (%)	36.91 \pm 1.55	38.74 \pm 0.51	37.23 \pm 1.83	0.50 ^{0.6278}

^{1/}Upper Half Mean (UHM) – Length (mm); ^{2/}Uniformity Index (%); ^{3/}Short fiber index (SFI) (%); ^{4/}Strength (g/tex); ^{5/}Elongation anti-break (%); ^{6/}Micronaire (MIC); ^{7/}Maturity; ^{8/}Color Rd (% reflectance, gradation of grayness over the Hunter scale); ^{9/}Color +b (gradation of yellowness over the Hunter scale); ^{10/}Yarn count strength product (CSP). DF = degrees of freedom of the analysis of variance.

Artigo 2: Plano de amostragem convencional para estruturas reprodutivas de algodão infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) e cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas

A ser submetido: Pest Management Science

RESUMO

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis grandis* Boh., é considerado a praga mais prejudicial ao algodoeiro na região ocidental. Seu controle é feito através da pulverização sistemática e frequente de inseticidas sintéticos, sem que, muitas vezes, a densidade populacional seja determinada. Desta forma, neste trabalho foi gerado um plano de amostragem convencional para o bicudo-do-algodoeiro tendo por base a densidade de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes fases do algodoeiro cultivado com diferentes espaçamentos entre linhas. Foram avaliadas duas áreas em que as plantas foram cultivadas com os espaçamentos 50, 75 e 100 cm entre linhas, sendo demarcadas 20 plantas em cada área e para cada espaçamento, que foram avaliadas em relação à densidade de estruturas reprodutivas normais (sem infestação) e atacadas (botões florais, flores e maçãs com sinais de alimentação, oviposição ou ambos) a cada três dias. As avaliações foram divididas em cinco fases fenológicas das plantas: 126-136, 140-150, 175-185, 189-199 e 203-213 dias após o plantio (DAP). Os dados se ajustaram à distribuição de frequência binomial negativa e foi possível calcular o parâmetro de agregação (K_{comum}) para as diferentes situações contempladas no estudo. De maneira geral, independente da fase fenológica, o 13º ramo pode ser usado como unidade amostral das plantas crescendo nos espaçamentos de 50 e 75 cm entre linhas e os ramos 9º e 10º como unidade amostral das plantas cultivadas com 100 cm de espaçamento entre linhas. A amostragem demanda a inspeção de 21 plantas por talhão homogêneo de 192 m², admitindo-se um erro de amostragem de 15%.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum*, densidade de plantas, monitoramento, desenvolvimento fenológico, tomada de decisão.

1 Introdução

Desde a entrada do bicudo-do-algodoeiro no Brasil, em 1983 (HABIB & FERNANDES, 1983), as perdas estimadas em decorrência do seu ataque são da ordem de mais de 74 milhões de dólares por ano (OLIVEIRA et al., 2013). Na conjuntura atual, o custo de produção do algodoeiro no estado do Mato Grosso está estimado em R\$ 17.359,80 e, deste montante, $\approx 15\%$ é gasto exclusivamente com a aquisição de inseticidas (IMEA, 2021). Destaca-se ainda que a maior parte das pulverizações com inseticidas é direcionada para o controle do bicudo-do-algodoeiro (BÉLOT et al., 2016). Parte desse cenário é decorrente do fato de que as principais e mais efetivas moléculas empregadas para o seu controle são de curta ação residual (ARRUDA et al., 2020), requerendo aplicações frequentes para alcançarem eficiência satisfatória. Além disso, o hábito críptico da praga e a abscisão de estruturas reprodutivas infestadas (NEVES et al., 2014), aliados à baixa suscetibilidade a algumas moléculas empregadas no controle (ARRUDA et al., 2020; ROLIM et al., 2021), contribuem para aumentar a frequência de intervenção via pulverização de inseticidas. Logo, uma das formas de amenizar esse cenário é através de melhoria das ferramentas de amostragem e tomada de decisão de controle da praga.

Atualmente, a tomada de decisão de controle do bicudo no algodoeiro é realizada tendo por base a amostragem das estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs) com sinais de ataque da praga (alimentação e/ou oviposição), sendo a amostragem e os índices de tomada de decisão de controle variáveis entre regiões ou mesmo entre propriedades agrícolas de uma mesma região (AZAMBUJA & DEGRANDE, 2014), embora já exista amostragem sequencial definida (GRIGOLLI et al., 2017). Além disso, na fase vegetativa (a partir de V2), podem ser usadas armadilhas contendo o feromônio grandilure[®] (LIMA Jr. et al., 2013), porém com dois agravantes: perdem a eficácia de monitoramento na fase reprodutiva, a mais suscetível a perda pelo ataque da praga e não existe uma relação precisa entre o número de insetos capturados nas armadilhas e a perda de produção, determinado a densidade para controle. Tendo em vista as

inúmeras limitações dessas abordagens, é crucial a geração de um plano de amostragem prático que permita monitorar de maneira precisa, eficaz e rápida as populações do bicudo-do-algodoeiro e, com isso, contribuir para a melhoria do manejo integrado da praga na cultura.

Nos planos de amostragem convencionais as infestações das pragas podem ser quantificadas visualmente ou através de outras técnicas, permitindo estimar a unidade amostral e o número de amostras que irão compor o plano de amostragem, em função de níveis de precisão pré-estabelecidos (LOPES et al., 2019; SILVA et al., 2019; CARMO et al., 2021; SANTOS et al., 2021). Desta forma, os planos de amostragem convencional são o ponto de partida para o desenvolvimento ou o aprimoramento dos sistemas de tomada de decisão de controle (LOPES et al., 2019), e podem impactar a forma de convívio com pragas tais como o bicudo-do-algodoeiro. Logo, esse trabalho objetivou gerar o plano de amostragem convencional para o bicudo-do-algodoeiro tendo por base a densidade de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes fases do algodoeiro cultivado em diferentes espaçamentos entre linhas.

2 Material e Métodos

2.1 Áreas experimentais e aspectos gerais das avaliações

Os ensaios foram realizados na Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, localizada no distrito da Vargem Bonita (15,93° S e 47,93° O, 1.080 m de altitude, e clima tropical), Brasília, DF, no ano de 2017. Foram implantadas duas áreas de 24 x 8 m cada, as quais estavam distanciadas de cerca de 500 m entre si. As áreas foram submetidas ao preparo convencional e fertilizadas com esterco bovino + ovino na proporção de 20 ton ha⁻¹ e 1.750 kg ha⁻¹ de fosfato natural (Yoorin[®], Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil) no plantio. Os sulcos de plantio foram feitos manualmente, sendo a área total de cada ensaio dividida em três áreas de mesmo tamanho, que foram sulcadas com espaçamento entre linhas de 50, 75 e 100 cm. Para o plantio, realizado em 24/03/2017, foi utilizada a cultivar de fibra branca BRS 293 (Embrapa, Brasília, DF), semeada na densidade de 15 plantas m⁻¹, seguida de desbaste após a emergência das plantas, de tal forma a serem mantidas 8 plantas m⁻¹. Aos 30 dias após o plantio (DAP) foi realizada nova adubação com esterco bovino + ovino na proporção de 20 ton ha⁻¹ e aos 210 DAP foi realizado o desponte das plantas. O controle de infestantes foi realizado através de capina manual e não foi aplicado nenhum pesticida (inseticida, fungicida ou herbicida) na área. A demanda hídrica das plantas foi suprida através de irrigação por aspersão.

As avaliações, realizadas a cada três dias, se iniciaram aos 63 DAP e foram finalizadas aos 248 DAP, totalizando 54 avaliações. Para efeito das análises, foram utilizadas apenas as avaliações feitas aos 126, 129, 133 e 136 DAP (Fase 1 da cultura de botões florais em tamanho adequado para o início da infestação) (SHOWLER, 2005), 140, 143, 147 e 150 DAP (Fase 2 da cultura de produção ativa de botões florais maiores e flores), 175, 178, 182 e 185 DAP (Fase 3 da cultura de início da formação de maçãs), 189, 192, 196 e 199 DAP (Fase 4 da cultura de produção de maçãs jovens e maduras), 203, 206, 210 e 213 DAP (Fase 5 da cultura de produção de maçãs firmes e início da abertura de capulhos), parcialmente representada na Figura 1, tendo

em vista a figura apresentar algodão mais precoce em função da genética da cultivar e sistema de manejo adotado.

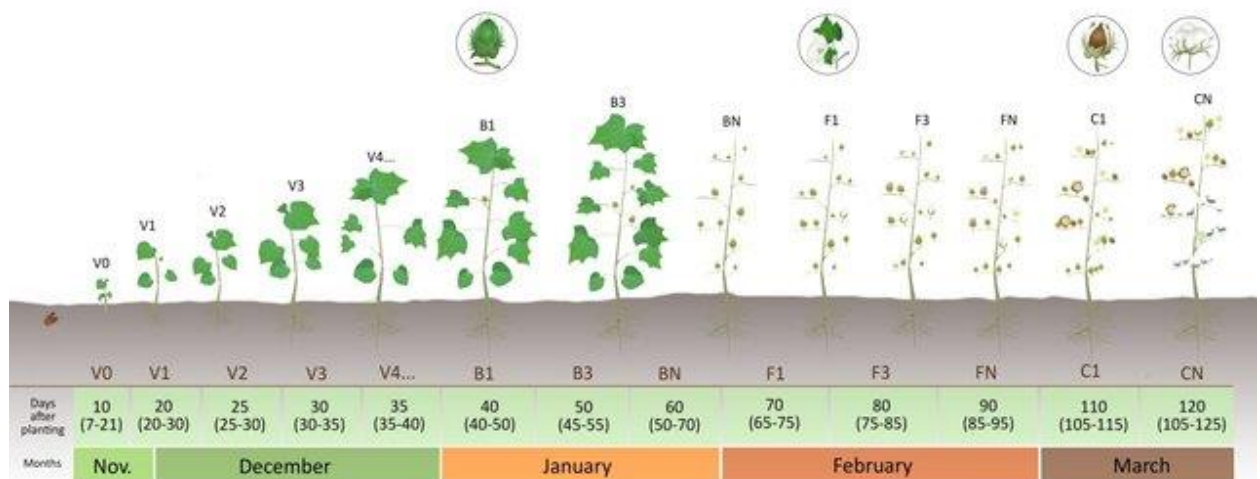


Figura 1. Fenologia para a cultura do algodão. V0: emergência das plantas; V1: V0 até o aparecimento da nervura principal da segunda folha; V2: V1 até o aparecimento da nervura principal da terceira folha; V3: V2 até o aparecimento da nervura principal da quarta folha; V4: até o aparecimento da nervura principal da quinta folha; B1: primeiro botão floral visível; B3: primeiro botão floral visível no terceiro ramo; F1: primeira flor aberta no primeiro ramo reprodutivo; e C1 = primeira maçã aberta (capulho) no primeiro ramo. (Adaptado de Aparecido et al., 2020).

Vinte plantas foram marcadas previamente e mantidas em todas as avaliações em cada data de amostragem para cada espaçamento e em ambas as áreas amostradas, sendo contabilizados o número de estruturas reprodutivas normais (sem sinais de infestação) e infestadas (contendo sinais de alimentação, oviposição ou ambos) pelo bicudo-do-algodoeiro, totalizando 40 plantas amostradas (20 em cada área) por data de avaliação e espaçamento. Ao

todo, foram realizadas 2.400 observações (dados) (2 áreas x 20 plantas x 20 datas de avaliações utilizadas para geração do plano de amostragem x 3 espaçamentos). Na primeira avaliação, o ramo acima do nó cotiledonar que continha a primeira estrutura reprodutiva de baixo para cima foi marcado com um TNT e designado como ramo número 1. Os demais ramos foram numerados a partir desse ramo, de baixo para cima de maneira crescente, até a finalização das avaliações.

2.2 Unidade amostral

A seleção da unidade amostral foi feita com base nas cinco fases pré-estabelecidas do desenvolvimento das plantas e nos três espaçamentos descritos em 1.2.1. Desta forma, para cada fase, as infestações decorrentes das quatro datas de avaliação que a compunham, foram totalizadas e em seguida, as médias e o erro padrão da média foram calculados. Para determinação da unidade amostral composta por estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro, utilizou-se o critério de frequência de ocorrência do ramo na planta, representatividade e precisão (SILVA et al., 2019; CARMO et al., 2021). A frequência de ocorrência do ramo na planta foi calculada de acordo com a equação (1):

$$Freq. = \frac{(100 \times Ni)}{Nt}$$

Onde, Freq. é a frequência de ocorrência do ramo na planta (%), i é a posição do ramo na planta em relação à base (1 a n), Ni representa quantas vezes o ramo i estava presente nas plantas avaliadas e Nt é o número total de plantas avaliadas. Para a seleção de um determinado ramo, a frequência de ocorrência nas plantas de algodão deveria ser $\geq 70\%$. A adoção desse critério assegura agilidade na amostragem, dado que uma alta frequência de ocorrência determina que os ramos sejam facilmente encontrados nas plantas amostradas (PINTO et. al., 2017).

O critério de precisão foi baseado na variância relativa (VR) conforme sugerido por Bacci et al. (2008), que foi calculada de acordo com a seguinte equação (2):

$$VR = 100 \times \frac{SE}{x}$$

Onde, VR é a variância relativa (%), SE é o erro padrão da densidade de estruturas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro, e x são as densidades médias. Unidades amostrais com variâncias relativas menores que 25% foram selecionadas (SOUTHWOOD, 1978; BACCI et al., 2008).

O critério de representatividade foi assegurado através de análises comparativas entre as densidades médias de estruturas reprodutivas infestadas (nº de estruturas infestadas por ramo) e as densidades absolutas (total de estruturas infestadas por planta), feitas através de correlação de *Pearson*. As unidades amostrais que apresentaram correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre as densidades relativas e absolutas foram selecionadas. Nas situações em que mais de uma unidade amostral apresentou correlação significativa e positiva, foram realizadas análises de regressão linear entre as densidades relativas e as densidades absolutas a $P < 0,05$. As inclinações dessas regressões foram comparadas através do intervalo de confiança a 95% e aquelas que apresentaram os maiores coeficientes angulares foram selecionadas (CARMO et al., 2021). Os procedimentos estatísticos foram realizados no SAS (SAS Institute, 2002).

2.3 Determinação da distribuição de frequência

A determinação da distribuição de frequência foi feita com base em cada uma das avaliações realizadas e descritas em 1.2.1 (40 avaliações por data de amostragem) e para os três espaçamentos (50, 75 e 100 cm). Para cada data de amostragem, as médias e os erros padrões da densidade de estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro foram calculadas e as distribuições de frequência (binomial negativa, binomial positiva e *Poisson*) foram

determinadas. Considerou-se que os dados se ajustaram a uma determinada distribuição de frequência quando as frequências esperadas e observadas não diferiram estatisticamente de acordo com o teste de qui-quadrado ($P > 0,05$). A distribuição de frequência selecionada foi a que se ajustou às densidades de estruturas reprodutivas infestadas na maioria das datas de avaliação consideradas (YOUNG & YOUNG, 1998; CARMO et al., 2021).

2.4 Determinação do número de amostras

Tendo em vista que a maioria das datas de avaliação nos diferentes espaçamentos se ajustou à distribuição de frequência binomial negativa, os valores do parâmetro de agregação para cada data de avaliação e espaçamento foram calculados de acordo com a equação (3) (YOUNG & YOUNG, 1998):

$$k = \frac{\bar{x}^2}{(S^2 - \bar{x})}$$

Onde, k é o parâmetro da distribuição binomial negativa, \bar{x}^2 representa a média ao quadrado, e S^2 é a variância da densidade de estruturas reprodutivas infestadas nas diferentes datas de amostragem e espaçamentos. Para verificar a existência de um parâmetro de agregação comum (K_{comum}) que representaria todas as datas de avaliação e espaçamentos, os valores de k de cada data de avaliação e espaçamento foram submetidos à regressão linear simples (BLISS & OWEN, 1958). O K_{comum} pode ser adotado quando a inclinação ou o intercepto da análise de regressão realizada para cada data de avaliação e espaçamento entre linhas não é significativo (BLISS & OWEN, 1958), algo que foi observado no caso do presente trabalho. Desta forma, o K_{comum} foi estimado e o número de amostras que compuseram o plano de amostragem convencional do bicudo-do-algodoeiro foi calculado usando a equação (4) (YOUNG & YOUNG, 1998):

$$NA = \frac{1}{C^2} \left(\frac{1}{\bar{x}} + \frac{1}{Kc} \right)$$

Onde, NA é o número de amostras, C^2 é o erro máximo permitido, \bar{x} é a média populacional e Kc é parâmetro de agregação comum do modelo de distribuição binomial negativo. Em seguida, o erro admitido na estimativa do número de amostras foi calculado e, desta forma, o número de amostras foi determinado em função dos seguintes erros de amostragem: 0,05 (5%), 0,10 (10%), 0,15 (15%), 0,20 (20%) e 0,25 (25%) (PINTO et al., 2017; CARMO et al., 2021). Esses valores foram usados tendo em vista serem considerados aceitáveis em planos de amostragens que compõem programas de manejo de pragas (SILVA et al., 2019; CARMO et al., 2021).

3 Resultados

3.1 Unidade amostral

Todos os ramos selecionados para comporem a unidade amostral das estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro, apresentaram frequência de ocorrência nas plantas $\geq 70\%$ (material suplementar, Tabelas 1S a 5S). Considerando os critérios de variância relativa menor que 25%, coeficientes de correlação e inclinações das retas de regressão tendo por base as relações entre densidades relativas e absolutas significativos ($P < 0,05$), os ramos selecionados como unidades amostrais do algodoeiro foram na fase 1: 11^o ao 13^o ramos; fase 2: 9^o ao 13^o e 15^o ramos; fase 3: 9^o, 13^o, 14^o e 16^o ao 18^o ramos; fase 4: 9^o, 10^o, 13^o e 16^o ao 18^o ramos; e na fase 5: 13^o e 16^o ao 20^o ramos, quando as plantas foram cultivadas no espaçamento de 50 cm entre linhas (Tabela 1); fase 1: 13^o ramo; fase 2: 6^o, 9^o, 11^o ao 16^o ramos; fase 3: 9^o, 10^o, 15^o, 17^o e 18^o ramos; fase 4: 10^o ao 13^o, 16^o e 18^o ao 20^o ramos; e fase 5: 13^o, 14^o, 16^o e 18^o ao 20^o ramos, quando as linhas de cultivos foram distanciadas de 75 cm entre si (Tabela 2); fase 1: 9^o, 10^o, 12^o, 15^o e 16^o ramos; fase 2: 8^o, 11^o ao 14^o, 17^o e 18^o ramos; fase 3: 9^o, 10^o, 12^o, 16^o e 18^o ramos; fase 4: 9^o, 10^o, 14^o ao 16^o, 20^o e 21^o ramos; e fase 5: 9^o, 10^o, 14^o, 19^o e 20^o

ramos do algodoeiro cultivado com 100 cm de espaçamento entre linhas (Tabela 3). Quando se utiliza o critério de maior inclinação para definição da unidade amostral mais representativa dentre as selecionadas tem-se que: o 11^o, 13^o, 18^o, 17^o e 18^o ramos foram selecionados como unidades amostrais das fases 1, 2, 3, 4 e 5 do algodoeiro cultivado com 50 cm de espaçamento entre linhas; o 13^o, 15^o, 10^o, 13^o e 14^o ramos foram selecionados como as unidades amostrais para as fases 1, 2, 3, 4 e 5 do algodoeiro cultivado com linhas espaçadas de 75 cm; o 15^o, 18^o, 18^o, 14^o e 14^o ramos foram selecionados como as unidades amostrais para as fases 1, 2, 3, 4 e 5 do algodoeiro cultivado com 10m cm de espaçamento entre linhas (Tabelas 1-3). Entretanto, o 13^o ramo se repetiu como unidade amostral em todas as fases e em quatro das cinco fases das plantas de algodoeiro cultivadas com 50 e 75 cm, respectivamente, de espaçamento entre linhas (Tabelas 1 e 2). No caso das plantas cultivadas com 100 cm de espaçamento entre linhas, o 9^o e o 10^o ramos se repetiram como unidade amostral em quatro das cinco fases avaliadas (Tabela 3).

3.2 Distribuição de frequência

Em todas as 20 amostragens realizadas nas plantas de algodoeiro cultivadas com 50 cm de espaçamento entre linhas, as distribuições das estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro se ajustam à distribuição de frequência binomial negativa (Tabela 4, médias representadas no material suplementar Tabela 6S). No caso das plantas cultivadas com os espaçamentos de 75 e 100 cm entre linhas apenas uma e quatro, respectivamente, dentre 20 avaliações não se ajustaram à distribuição de frequência binomial negativa (Tabelas 5 e 6, médias representadas no material suplementar Tabela 6S). Independentemente da data de avaliação ou do espaçamento em que as plantas foram cultivadas, as frequências observadas para as estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro não se ajustaram à distribuição binomial positiva e 15, 16 e 14 dentre as 20 datas de avaliação realizadas nas

plantas cultivadas com espaçamento de 50, 75 e 100 cm se ajustaram à distribuição de Poisson (Tabelas 4-6). Desta forma, o número de amostras requeridas para avaliar as estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro foi calculado tendo por base a equação de distribuição de frequência binomial negativa.

3.3 Número de amostras para o plano de amostragem convencional

As regressões realizadas entre o parâmetro de agregação (K_{comum}) e o k de cada data de avaliação, em cada espaçamento, apresentaram inclinação significativa ($P < 0,05$) e intercepto não-significativo ($P > 0,05$) permitindo o cálculo do parâmetro de agregação ($K_{\text{comum}} = 5,71$). Assim, o número de amostras requerido para avaliação das estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro estabilizou sob um erro admitido de 15% (Figura 2). Desta forma, esse erro foi adotado para o cálculo do número de amostras requerido para a avaliação de estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro, independente do espaçamento em que as plantas foram cultivadas, sendo esse número de 21 plantas (Figura 2A), onde os resíduos estavam mais agrupados (Figura 2B)

4 Discussão

A tomada de decisão de controle do bicudo-do-algodoeiro é baseada na porcentagem de estruturas reprodutivas infestadas (AZAMBUJA & DEGRANDE, 2014), ou através da coleta de adultos do inseto, na fase vegetativa do algodoeiro, em armadilhas contendo o feromônio grandilure[®] (LIMA Jr. et al., 2013). Desta forma, a tomada de decisão de controle da praga é baseada em uma proporção de estruturas reprodutivas infestadas, quando o algodoeiro se encontra na fase reprodutiva (LIMA JR. et al., 2013). Neste contexto, atualmente não existe recomendação em relação à melhor unidade amostral ou ao número de amostras que deve ser

retirado por unidade de área que permita fazer essa estimativa de maneira ágil e precisa. As recomendações relativas à amostragem convencional existentes são baseadas na amostragem de todas as estruturas reprodutivas presentes em 100 plantas em talhões de até 100 ha (SILVA et al., 2013). Logo, esse fator, deve estimular a disseminação do plano de amostragem aqui definido para a tomada de decisão de controle e pode alterar a frequência de intervenções para o controle da praga.

Os ramos selecionados como unidades amostrais para a estimativa da infestação variaram entre as diferentes fases fenológicas e espaçamentos, apesar de terem sido constatadas algumas coincidências. Essa situação é resultado da modificação na morfologia das plantas e na dinâmica de surgimento e formação das estruturas reprodutivas. Nesse sentido, plantas que se desenvolvem sob espaçamentos mais adensados, normalmente crescem mais em altura e tendem a concentrar a produção de estruturas reprodutivas nos terços superior e mediano (JAHEDI et al., 2013; MUNIR et al., 2015). Assim, isso justificaria o fato de que nos espaçamentos mais adensados, de 50 e 75 cm, o ramo selecionado como unidade amostral e que foi prevalente na maioria das fases ter sido o 13º ramo, localizado mais acima na planta em comparação àqueles que foram selecionados no espaçamento de 100 cm (9º e 10º).

O algodoeiro é uma planta de crescimento indeterminado e que durante o seu ciclo de desenvolvimento fenológico apresenta sobreposição entre o surgimento e o desenvolvimento das diferentes estruturas reprodutivas que são foco da infestação pelo bicudo-do-algodoeiro (THE COTTON FOUNDATION, 2021). Além disso, botões florais são preferidos para infestação em relação às maçãs (BUSOLI et al., 2004; SHOWLER, 2004), sendo os botões de 5,5-8 mm de diâmetro os mais preferidos e as maçãs mais jovens (GREENBERG et al., 2005; SHOWLER et al, 2005). Desta forma, à medida que o ciclo de desenvolvimento fenológico das plantas avança, as estruturas reprodutivas preferidas para infestação também modificam sua localização nas plantas, justificando portanto a alteração das unidades amostrais selecionadas

ao longo das fases da planta, apesar de algumas coincidências decorrentes da sobreposição de diferentes estruturas reprodutivas preferidas para infestação na mesma planta.

As distribuições de frequência das estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro, independente do espaçamento em que as plantas foram cultivadas e na maior parte das avaliações, se ajustou à distribuição binomial negativa, o que ocorreu porque a variância foi maior do que as densidades médias (MOURA et al., 2007; ROSADO et al., 2014). Além disso, independentemente do espaçamento no qual as plantas foram cultivadas e da data de avaliação, as densidades de estruturas reprodutivas infestadas apresentaram um parâmetro de agregação comum (K_{comum}), possibilitando que fosse gerado um plano de amostragem único (BLISS & OWEN, 1958; YOUNG & YOUNG, 1998; ROSADO et al., 2014; LIMA et al., 2017), independente das especificidades contempladas neste estudo, isto é, diferentes espaçamentos ou fases de desenvolvimento do algodoeiro. Isso simplifica o plano de amostragem e favorece sua disseminação e adoção pelos produtores.

Desta forma, tendo por base os resultados obtidos no presente trabalho, em linhas gerais as estruturas reprodutivas infestadas pelo bicudo-do-algodoeiro devem ser amostradas no 13º ramo quando as plantas são cultivadas nos espaçamentos de 50 e 75 cm entre linhas e no 9º e 10º ramos quando as plantas são cultivadas no espaçamento de 100 cm entre linhas, com 21 plantas por talhão homogêneo de 192 m² e considerando um erro de precisão de 15%. Esses resultados são promissores, pois representam uma economia considerável no esforço de amostragem da praga em relação às recomendações vigentes, podendo ampliar sua adoção e, conseqüentemente, reduzir a frequência de intervenção via controle químico.

Referências

APARECIDO, L.E. de O.; MENESES, K.C.; SOUZA, G.R.; CARVALHO, M.J.; PEREIRA, W.B.S.; SILVA, P.A. da; MORAES, J.R. da S.C. de. Algorithms for forecasting cotton yield

based on climatic parameters in Brazil. Archives of Agronomy and Soil Science, DOI: 10.1080/03650340.2020.1864821.

ARRUDA, L.S.; TORRES, J.B.; ROLIM, G.; SILVA-TORRES, C.S.A. Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. Pest Management Science, 77: 1339-1347, 2021.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P.E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. Arquivos do Instituto Biológico, 81: 377-410, 2014.

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; MOURA, M.F.; SEMEÃO, A.A.; FERNANDES, F.L.; MORAIS, E.G.F. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. Neotropical Entomology, 37: 582–590, 2008.

BÉLOT, J.L.; BARROS, E.M.; MIRANDA, J.E. Riscos e oportunidades: O bicudo-do-algodoeiro-do-algodoeiro, in Desafios do cerrado. Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA), 2016. , p. 77–118.

BLISS, C.I.; OWEN, A.R.G. Negative binomial distributions with a common k. Biometrika 45 (1/2), 37-58, 1958.

BUSOLI, A.C.; PEREIRA, F.F.; LOPÉZ, 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.

CARMO, D. das G. do; LOPES, M.C.; ARAÚJO, T.A. de; RAMOS, R.S.; SOARES, J.R.S.; PAES, J. da S.; PICANÇO, M.C. Conventional sampling plan for green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), in bell pepper crops. *Crop Protection* 145: 105645, 2021.

GREENBERG, S.M.; SPURGEON, D.W.; SAPPINGTON, T.W.; SÉTAMOU, M. Size-dependent feeding and reproduction by boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 98: 749-756, 2005.

GRIGOLLI, J. F.J.; SOUZA, L.A.; MOTA, T.A.; FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C. Sequential sampling plan of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) in cotton plants. *Journal of Economic Entomology*, 110: 763–769, 2017.

HABIB, M.E.M.; FERNANDES, W.D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. *Revista de Agricultura*, 58: 74, 1983

Instituto mato-grossense de economia agropecuária (IMEA). Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=1&s=696277432068079616>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.

JAHEDI, M.B.; VAZIN, F.; RAMEZANI, M.R. Effect of row spacing on the yield of cotton cultivars. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 46: 31-38, 2013.

LIMA Jr, I.S. de; DEGRANDE, P.E.; MIRANDA, J.E.; SANTOS, W.J. Evaluation of the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) suppression program in the state of Goiás, Brazil. *Neotropical Entomology*, 42: 82-88, 2013.

LIMA, C.H.O.; SARMENTO, R.A.; PEREIRA, P.S.; GALDINO, T.V.S.; SANTOS, F.A.; SILVA, J.; PICANÇO, M.C. Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. *Pest Management Science*, 73: 2345–2352, 2017.

LOPES, M.C.; RIBEIRO, A.V.; COSTA, T.L.; ARCANJO, L. de P.; FARIAS, E.S.; BACCI, L.; QUEIROZ, R.B.; PICANÇO, M. C. Conventional sampling plan for scouting *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*, 112: 2433–2440, 2019.

MOURA, M.F.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C; BARROS, E.C.; CHEDIK, M.; MORAIS, E.G.F. Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. *Journal of Applied Entomology*, 131: 215–220, 2007.

MUNIR, M.K.; TAHIR, M.; SALEEM, M.F.; YASEEN, M. Growth, yield and earliness response of cotton to row spacing and nitrogen management. *Journal of Animal Plant Science*, 25: 729-738, 2015.

NEVES, R.C.S.; COLARES, F.; TORRES, J.B.; SANTOS, R.L.; BASTOS, C.S. Rational practices to manage boll weevils colonization and population growth on family farms in the Semiárido region of Brazil. *Insects* 5: 818-831, 2014.

OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal of Applied Entomology*, 137: 1-15, 2013.

PINTO, C.B.; SARMENTO, R.A.; GALDINO, T.V. da S.; PEREIRA, P.S.; BARBOSA, B.G.; LIMA, C.H.O.; SILVA, N.R.; PICANÇO, M.C. Standardized sampling plan for the thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on watermelon crops. *Journal of Economic Entomology*, 110: 748–754, 2017.

ROLIM, G.G.; COELHO, R.R.; ANTONINO, J.D.; ARRUDA, L.S.; RODRIGUES, A.S.; BARROS, E.M.; TORRES, J.B. Field-evolved resistance to beta-cyfluthrin in the boll weevil: detection and characterization. *Pest Management Science*, 77: 4400-4410, 2021.

ROSADO, J.F.; SARMENTO, R.A.; PEDRO NETO, M.; GALDINO, T.V.S.; MARQUES, R.V.; ERASMO, E.A.L.; PICANÇO, M.A. Sampling plans for pest mites on physic nut. *Experimental and Applied Acarology*, 63: 521–534, 2014.

SANTOS, R.C. dos, LOPES, M.C.; SARMENTO, R. de A.; PEREIRA, P.S.; PICANÇO, M.M.; PIRES, W. dos S.; NOLETO, L.R.; ARAÚJO, T.A. de; PICANÇO, M.C. Conventional sampling plan for thrips in tropical soybean fields. *Crop Protection*, 148: 105740, 2021.

SAS, 2002. The SAS system. Version 9.00. SAS Institute, Cary.

SHOWLER, A.T. Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition. *Journal of Economic Entomology*, 97: 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*, 98: 572-579, 2005.

SILVA, C.A.D da; RAMALHO, F. de S.; MIRANDA, J.E.; ALMEIDA, R.P. de.; RODRIGUES, S.M.M.; ALBUQUERQUE, F.A. Sugestões técnicas para o manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013. 12p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 135.).

SILVA, E.M.; CRESPO, A.L.B.; FARIAS, E.S.; BACCI, L.; QUEIROZ, R.B.; PICANÇO, M.C. Conventional sampling plan for scouting *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*, 112: 2433–2440, 2019.

SOUTHWOOD, T.R. *Ecological methods: with particular reference to study of insect population*. New York: Chapman and Hall, 1978, 524p.

The cotton foundation. Cotton physiology today. Disponível em: <https://www.cotton.org/tech/ace/growth-and-development.cfm>. Acesso em: 04 de novembro de 2021.

YOUNG, L.; YOUNG, J. *Statistical ecology: a population perspective*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565p.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson (*r*) e inclinação da regressão linear (*b*) realizadas entre as densidades relativas e absolutas de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* em unidades amostrais representadas pelos diferentes ramos das plantas de algodão cultivadas no espaçamento de 50 cm entre linhas e avaliadas em diferentes fases do ciclo fenológico.

Espaçamento	Ramo	Fase 1: 126-136 DAP			Fase 2: 140-150 DAP			Fase 3: 175-185 DAP			Fase 4: 189-199 DAP			Fase 5: 203-213 DAP		
		<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)
0,5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	0,29 ^{ns}	-	100,00	-	-	-	0,38 ^{ns}	-	100,00	
	5	0,36 ^{ns}	-	100,00	0,62*	(± 1,33)	42,30	0,31 ^{ns}	-	59,63	0,19 ^{ns}	-	58,49	-0,31 ^{ns}	-	51,92
	6	0,12 ^{ns}	-	45,88	-0,17 ^{ns}	-	54,61	0,13 ^{ns}	-	45,88	-0,02 ^{ns}	-	42,15	-0,17 ^{ns}	-	36,99
	7	0,55*	2,68 (± 0,96)	34,21	0,30 ^{ns}	-	21,38	0,16 ^{ns}	-	27,62	-0,04 ^{ns}	-	29,50	0,15 ^{ns}	-	26,59
	8	0,17*	-	18,89	0,13 ^{ns}	-	16,19	0,12 ^{ns}	-	25,13	0,55*	4,91 (± 1,74)	24,55	-0,13 ^{ns}	-	23,51
	9	0,42*	-	26,00	0,61*	2,87 (± 1,89)	15,62	0,61*	3,57 (± 1,10)	17,03	0,48*	4,69 (± 2,01)	15,22	0,39 ^{ns}	-	25,36
	10	0,45*	2,63 (± 1,24)	22,23	0,51*	3,03 (± 1,20)	12,50	0,66*	2,86 (± 0,78)	16,35	0,61*	2,60 (± 0,80)	24,83	0,69*	2,57 (± 0,63)	26,68
	11	0,71*	3,33 (± 0,78)	18,57	0,61*	3,56 (± 1,10)	11,71	0,43 ^{ns}	-	14,73	0,23 ^{ns}	-	15,44	0,22 ^{ns}	-	17,66
	12	0,58*	2,63 (± 0,87)	17,59	0,69*	3,45 (± 0,86)	11,38	0,54*	2,13 (± 0,79)	20,99	0,35 ^{ns}	-	17,01	0,41 ^{ns}	-	17,12
	13	0,62*	2,57 (± 0,77)	19,95	0,65*	4,95 (± 1,35)	7,14	0,66*	3,64 (± 0,97)	18,65	0,64*	3,15 (± 0,89)	16,72	0,61*	3,86 (± 1,18)	12,85
	14	0,74*	3,43 (± 0,74)	28,10	0,41 ^{ns}	-	9,71	0,51*	3,57 (± 1,41)	11,92	0,10 ^{ns}	-	16,01	0,18 ^{ns}	-	18,41
	15	0,53*	3,92 (± 1,46)	33,33	0,79*	4,66 (± 0,86)	13,14	0,15 ^{ns}	-	19,39	0,42 ^{ns}	-	13,68	0,23 ^{ns}	-	18,97
	16	-	-	-	0,24 ^{ns}	-	17,74	0,49*	3,26 (± 1,38)	12,41	0,50*	4,28 (± 1,74)	10,88	0,76*	4,43 (± 0,91)	20,80
	17	-	-	-	0,68 ^{ns}	4,57 (± 1,17)	18,73	0,49*	2,82 (± 1,19)	18,91	0,76*	4,97 (± 1,00)	17,18	0,72*	4,25 (± 0,95)	15,21
	18	-	-	-	-	-	-	0,66*	5,00 (± 1,34)	17,74	0,74*	4,95 (± 1,06)	15,40	0,74*	4,59 (± 0,98)	13,44
	19	-	-	-	-	-	-	0,09 ^{ns}	-	13,02	0,30 ^{ns}	-	18,54	0,50*	4,33 (± 1,78)	15,02
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79*	6,14 (± 1,11)	21,77	0,53*	2,77 (± 1,04)	22,68
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39 ^{ns}	-	17,21	0,05 ^{ns}	-	20,22
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

†VR – variância relativa; IC₉₅ = intervalo de confiança a 5% de significância. ^{ns}Não significativo e *significativo a *P*<0,05.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (*r*) e inclinação da regressão linear (*b*) realizadas entre as densidades relativas e absolutas de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* em unidades amostrais representadas pelos diferentes ramos das plantas de algodão cultivadas no espaçamento de 75 cm entre linhas e avaliadas em diferentes fases do ciclo fenológico.

Espaçamento	Ramo	Fase 1: 126-136 DAP			Fase 2: 140-150 DAP			Fase 3: 175-185 DAP			Fase 4: 189-199 DAP			Fase 5: 203-213 DAP		
		<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)
0,75	3	-	-	-	-	-	-	0,20 ^{ns}	-	100,00	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	0,00 ^{ns}	-	68,82	0,43 ^{ns}	-	42,69	-0,10 ^{ns}	-	68,82	-0,05 ^{ns}	-	49,62
	5	0,32 ^{ns}	-	75,66	0,38 ^{ns}	-	44,26	0,28 ^{ns}	-	29,87	0,34 ^{ns}	-	24,92	0,29 ^{ns}	-	27,18
	6															
		0,24 ^{ns}	-	34,45	0,52*	(± 1,08)	16,60	-0,09 ^{ns}	-	21,69	-0,05 ^{ns}	-	27,96	-0,21 ^{ns}	-	34,53
	7	0,19 ^{ns}	-	32,77	-0,07 ^{ns}	-	15,23	0,38 ^{ns}	-	22,98	0,24 ^{ns}	-	21,69	-0,05 ^{ns}	-	33,56
	8	0,26 ^{ns}	-	21,68	0,28 ^{ns}	-	15,56	-0,05 ^{ns}	-	19,45	0,32 ^{ns}	-	16,58	-0,26 ^{ns}	-	24,55
	9		2,46													
		0,55*	(± 0,88)	22,62	0,53*	(± 1,21)	9,66	0,53*	(± 1,03)	20,06	0,36 ^{ns}	-	14,62	0,32 ^{ns}	-	18,59
	10															
		0,42 ^{ns}	-	25,46	0,15 ^{ns}	-	9,73	0,64*	(± 1,04)	15,55	0,54*	(± 1,55)	14,98	0,42 ^{ns}	-	26,34
	11															
		0,42 ^{ns}	-	14,35	0,51*	(± 1,33)	9,20	0,20 ^{ns}	-	15,52	0,56*	(± 1,75)	11,52	0,29 ^{ns}	-	20,51
	12															
		0,43 ^{ns}	-	22,78	0,63*	(± 0,93)	12,05	0,40 ^{ns}	-	16,60	0,76*	(± 1,10)	16,14	-0,06 ^{ns}	-	22,38
	13															
		0,65*	(± 0,70)	20,71	0,71*	(± 0,83)	13,46	0,37 ^{ns}	-	13,20	0,68*	(± 1,43)	15,52	0,63*	(± 1,08)	17,59
	14															
		0,42 ^{ns}	-	23,41	0,72*	(± 0,88)	11,46	0,16 ^{ns}	-	11,39	0,42 ^{ns}	-	13,46	0,66*	(± 1,58)	17,77
	15															
		0,44 ^{ns}	-	15,55	0,64*	(± 1,22)	11,11	0,64*	(± 0,93)	15,33	0,59*	(± 1,31)	22,94	0,46*	(± 1,33)	21,49
	16															
		0,27 ^{ns}	-	24,05	0,47*	(± 1,50)	12,04	0,42 ^{ns}	-	19,16	0,60*	(± 1,45)	18,20	0,68*	(± 1,23)	17,24
	17															
	-	-	-	0,36 ^{ns}	-	16,19	0,49*	(± 1,18)	19,57	0,39 ^{ns}	-	18,09	0,35 ^{ns}	-	15,40	
18																
	-	-	-	-	-	-			3,20	0,48*	(± 1,36)	19,58	0,54*	(± 1,88)	17,51	
19																
	-	-	-	-	-	-						5,79	0,74*	(± 1,02)	21,80	
20																
	-	-	-	-	-	-			0,25 ^{ns}	-	17,74	0,59*	(± 1,88)	15,62	0,72*	(± 1,10)
21																
	-	-	-	-	-	-			0,09 ^{ns}	-	18,83	0,60*	(± 1,88)	18,01	0,72*	(± 1,10)
22																
	-	-	-	-	-	-						7,93		4,19		
23																
	-	-	-	-	-	-						0,60*	(± 2,49)	19,14	0,59*	(± 1,35)
24																
	-	-	-	-	-	-						7,76		3,83		
25																
	-	-	-	-	-	-						0,65*	(± 2,14)	19,58	0,59*	(± 1,25)
26																
	-	-	-	-	-	-						7,70		-	-	
27																
	-	-	-	-	-	-						0,56*	(± 2,71)	20,75		

†VR – variância relativa; IC₉₅ = intervalo de confiança a 5% de significância. ^{ns}Não significativo e *significativo a *P*<0,05.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson (*r*) e inclinação da regressão linear (*b*) realizadas entre as densidades relativas e absolutas de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* em unidades amostrais representadas pelos diferentes ramos das plantas de algodão cultivadas no espaçamento de 100 cm entre linhas e avaliadas em diferentes fases do ciclo fenológico.

Espaçamento	Ramo	Fase 1: 126-136 DAP			Fase 2: 140-150 DAP			Fase 3: 175-185 DAP			Fase 4: 189-199 DAP			Fase 5: 203-213 DAP		
		<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)	<i>r</i>	<i>b</i> (IC ₉₅)	VR (%)
	3															
	4	0,41 ^{ns}	-	100,00	0,49*	4,07 (± 1,71)	71,17	0,27 ^{ns}	-	33,33	0,34 ^{ns}	-	33,98	0,54*	3,27 (± 1,19)	36,99
	5	0,37 ^{ns}	-	64,07	0,10 ^{ns}	-	29,91	0,14 ^{ns}	-	26,15	0,34 ^{ns}	-	31,53	0,62*	2,80 (± 0,83)	35,30
	6	0,44 ^{ns}	-	51,87	0,51*	3,14 (± 1,26)	34,84	-0,14 ^{ns}	-	31,90	0,02 ^{ns}	-	25,21	-0,09 ^{ns}	-	34,56
	7	0,13 ^{ns}	-	28,66	0,47*	3,87 (± 1,70)	26,30	0,24 ^{ns}	-	27,44	-0,08 ^{ns}	-	29,37	0,43 ^{ns}	-	30,43
	8	0,49*	2,61 (± 1,09)	28,82	0,59*	4,17 (± 1,35)	14,24	0,21 ^{ns}	-	24,98	0,22 ^{ns}	-	15,48	-0,43 ^{ns}	-	13,42
	9	0,54*	2,88 (± 1,06)	20,04	0,42 ^{ns}	-	14,37	0,58*	3,19 (± 1,05)	15,45	0,58*	3,52 (± 1,16)	16,71	0,44*	2,77 (± 1,31)	15,21
	10	0,68*	3,32 (± 0,84)	16,55	0,43 ^{ns}	-	11,09	0,73*	2,78 (± 0,61)	17,56	0,65*	3,72 (± 1,03)	12,97	0,46*	2,62 (± 1,18)	15,13
	11	0,35 ^{ns}	-	17,07	0,49*	3,46 (± 1,46)	9,99	0,39 ^{ns}	-	10,95	0,43 ^{ns}	-	10,96	0,11 ^{ns}	-	15,67
	12	0,48*	3,09 (± 1,32)	12,85	0,60*	4,97 (± 1,56)	8,95	0,58*	3,05 (± 1,01)	12,30	0,39 ^{ns}	-	15,92	0,37 ^{ns}	-	16,49
	13	0,41 ^{ns}	-	13,55	0,58*	3,86 (± 1,27)	10,67	0,09 ^{ns}	-	12,33	0,38 ^{ns}	-	9,94	0,00 ^{ns}	-	9,00
	14	0,73*	4,00 (± 0,89)	13,29	0,55*	4,78 (± 1,73)	9,33	0,25 ^{ns}	-	11,76	0,69*	5,41 (± 1,32)	12,32	0,60*	3,60 (± 1,14)	12,73
	15	0,68*	4,92 (± 1,26)	15,81	0,36 ^{ns}	-	8,94	0,37 ^{ns}	-	16,17	0,50*	3,71 (± 1,53)	14,36	0,19 ^{ns}	-	18,57
	16	0,50*	3,20 (± 1,32)	26,48	0,41 ^{ns}	-	11,42	0,45*	2,91 (± 1,35)	17,24	0,58*	4,57 (± 1,52)	17,01	0,39 ^{ns}	-	15,62
	17	0,10 ^{ns}	-	32,94	0,49*	5,33 (± 2,26)	11,39	0,22 ^{ns}	-	17,30	0,24 ^{ns}	-	16,36	0,27 ^{ns}	-	18,41
	18	-	-	-	0,67*	6,22 (± 1,61)	17,10	0,49*	3,75 (± 1,59)	14,74	0,19 ^{ns}	-	13,31	0,47*	2,64 (± 1,18)	19,21
	19	-	-	-	0,76*	9,03 (± 1,81)	16,67	0,17 ^{ns}	-	16,42	0,31 ^{ns}	-	13,42	0,45*	2,07 (± 0,96)	20,77
	20	-	-	-	-	-	-	0,41 ^{ns}	-	13,34	0,53*	4,03 (± 1,51)	12,89	0,49*	2,40 (± 1,00)	17,51
	21	-	-	-	-	-	-	0,44 ^{ns}	-	14,87	0,52*	5,27 (± 2,03)	10,44	0,20 ^{ns}	-	16,89
	22	-	-	-	-	-	-	0,21 ^{ns}	-	16,67	0,08 ^{ns}	-	14,88	-0,08 ^{ns}	-	19,66
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13 ^{ns}	-	14,29	0,02 ^{ns}	-	21,46
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23 ^{ns}	-	13,90	-	-	-

†VR – variância relativa; IC₉₅ = intervalo de confiança a 5% de significância. ^{ns}Não significativo e *significativo a *P*,0,05.

Tabela 4. Teste de qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas de acordo com as distribuições binomial negativa, binomial positiva, e Poisson das densidades de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes estágios fenológicos das plantas de algodoeiro cultivadas com espaçamento entre linhas de 50 cm.

Espaçamento (cm)	Dias após o plantio (DAP)	Binomial negativa		Binomial Positiva		Poisson	
		χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
50	Fase 1: 126-136 DAP						
	126	0,3 ^{ns}	2	8,0 x 10 ^{2*}	3	1,2 ^{ns}	5
	129	3,5 ^{ns}	3	4,3 x 10 ^{4*}	4	3,5 ^{ns}	4
	133	1,6 ^{ns}	2	1,4 x 10 ^{3*}	3	1,9 ^{ns}	3
	136	2,5 ^{ns}	2	2,8 x 10 ^{3*}	3	2,6 ^{ns}	3
	Fase 2 – 140-150 DAP						
	140	2,1 ^{ns}	4	6,4 x 10 ^{4*}	5	3,9 ^{ns}	5
	143	6,8 ^{ns}	3	1,4 x 10 ^{4*}	4	6,9 ^{ns}	4
	147	8,3 ^{ns}	6	1,2 x 10 ^{7*}	7	21,8 ^{ns}	7
	150	4,4 ^{ns}	7	5,1 x 10 ^{11*}	8	22,3 [*]	8
	Fase 3 – 175-185 DAP						
	175	4,8 ^{ns}	2	8,4 x 10 ^{2*}	3	5,8 ^{ns}	3
	178	3,5 ^{ns}	3	4,0 x 10 ^{4*}	4	3,4 ^{ns}	4
	182	7,0 ^{ns}	5	1,3 x 10 ^{9*}	6	8,3 ^{ns}	6
	185	2,1 ^{ns}	4	6,8 x 10 ^{7*}	5	2,0 ^{ns}	5
	Fase 4 – 189-199 DAP						
	189	8,6 ^{ns}	5	2,0 x 10 ^{7*}	6	63,7 [*]	6
	192	0,7 ^{ns}	1	3,0 x 10 [*]	1	0,7 ^{ns}	1
	196	4,0 ^{ns}	3	2,2 x 10 ^{5*}	4	5,4 ^{ns}	4
	199	1,0 ^{ns}	2	2,9 x 10 ^{3*}	3	1,1 ^{ns}	3
Fase 5 – 203-213 DAP							
203	3,3 ^{ns}	2	1,1 x 10 ^{2*}	3	8,1 [*]	3	
206	1,9 ^{ns}	5	2,8 x 10 ^{4*}	6	18,6 [*]	6	
210	1,1 ^{ns}	3	3,3 x 10 ^{6*}	4	6,7 ^{ns}	4	
213	13,7 ^{ns}	8	6,1 x 10 ^{12*}	9	34,4 [*]	9	

†ns-não significativo; *significativo a $P>0,05$; GL – graus de liberdade.

Tabela 5. Teste de qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas de acordo com as distribuições binomial negativa, binomial positiva, e Poisson das densidades de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes estágios fenológicos das plantas de algodoeiro cultivadas com espaçamento entre linhas de 75 cm.

Espaçamento (cm)	Dias após o plantio (DAP)	Binomial negativa		Binomial Positiva		Poisson	
		χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
75	Fase 1: 126-136 DAP						
	126	0,4 ^{ns}	1	1,4 x 10 [*]	1	0,5 ^{ns}	1
	129	1,2 ^{ns}	1	2,4 x 10 [*]	1	1,1 ^{ns}	1
	133	0,0 ^{ns}	1	1,1 x 10 [*]	1	0,0 ^{ns}	1
	136	0,3 ^{ns}	1	5,2 x 10 [*]	2	0,7 ^{ns}	2
	Fase 2 – 140-150 DAP						
	140	5,9 ^{ns}	5	2,1 x 10 ^{7*}	6	8,8 ^{ns}	6
	143	2,8 ^{ns}	4	2,1 x 10 ^{6*}	5	6,1 ^{ns}	5
	147	8,6 ^{ns}	9	-	8	15,1 ^{ns}	8
	150	15,0 ^{ns}	10	-	11	39,0 [*]	11
	Fase 3 – 175-185 DAP						
	175	4,9 ^{ns}	2	2,1 x 10 ^{2*}	3	7,5 ^{ns}	3
	178	2,5 ^{ns}	1	6,7 x 10 ^{2*}	2	2,8 ^{ns}	2
	182	3,7 ^{ns}	5	1,6 x 10 ^{9*}	6	5,1 ^{ns}	6
	185	2,1 ^{ns}	4	6,8 x 10 ^{7*}	5	3,4 ^{ns}	5
	Fase 4 – 189-199 DAP						
	189	6,0 ^{ns}	6	-	7	54,0 [*]	7
	192	0,7 ^{ns}	2	1,5 x 10 ^{2*}	3	3,8 ^{ns}	3
	196	8,2 ^{ns}	6	-	7	8,7 ^{ns}	7
	199	4,6 ^{ns}	6	2,6 x 10 ^{10*}	7	7,5 ^{ns}	7
	Fase 5 – 203-213 DAP						
203	0,4 ^{ns}	1	6,6 x 10 [*]	2	6,1 [*]	2	
206	1,4 ^{ns}	5	1,8 x 10 ^{6*}	6	4,8 ^{ns}	6	
210	13,3 [*]	6	-	7	12,6 ^{ns}	7	
213	5,1 ^{ns}	6	1,6 x 10 ^{6*}	7	48,7 [*]	7	

†ns-não significativo; *significativo a $P>0,05$; GL – graus de liberdade.

Tabela 6. Teste de qui-quadrado (χ^2) entre as frequências observadas e esperadas de acordo com as distribuições binomial negativa, binomial positiva, e Poisson das densidades de estruturas reprodutivas infestadas em diferentes estágios fenológicos das plantas de algodoeiro cultivadas com espaçamento entre linhas de 100 cm.

Espaçamento (cm)	Dias após o plantio (DAP)	Binomial negativa		Binomial Positiva		Poisson	
		χ^2	GL	χ^2	GL	χ^2	GL
100	Fase 1: 126-136 DAP						
	126	11,6*	5	-	6	13,9*	6
	129	7,4 ^{ns}	6	-	6	6,2 ^{ns}	6
	133	4,4 ^{ns}	5	1,9 x 10 ^{6*}	6	7,6 ^{ns}	6
	136	0,8 ^{ns}	4	2,1 x 10 ^{7*}	6	1,8 ^{ns}	6
	Fase 2 – 140-150 DAP						
	140	5,5 ^{ns}	3	2,3 x 10 ^{5*}	4	3,5 ^{ns}	4
	143	4,3 ^{ns}	3	-	4	66,8*	4
	147	4,7 ^{ns}	4	8,1 x 10 ^{7*}	5	4,9 ^{ns}	5
	150	20,9*	5	-	6	28,6*	6
	Fase 3 – 175-185 DAP						
	175	5,6 ^{ns}	5	3,1 x 10 ^{5*}	6	12,0 ^{ns}	8
	178	12,4*	5	8,2 x 10 ^{4*}	6	22,9*	6
	182	4,5 ^{ns}	4	2,8 x 10 ^{5*}	5	4,9 ^{ns}	5
	185	14,0*	6	3,0 x 10 ^{8*}	7	31,5*	7
	Fase 4 – 189-199 DAP						
	189	6,2 ^{ns}	7	-	8	10,0 ^{ns}	8
	192	1,2 ^{ns}	4	2,8 x 10 ^{5*}	5	5,6 ^{ns}	5
	196	3,2 ^{ns}	5	1,3 x 10 ^{9*}	6	3,9 ^{ns}	6
	199	8,0 ^{ns}	7	-	8	9,0 ^{ns}	8
Fase 5 – 203-213 DAP							
203	2,0 ^{ns}	2	1,4 x 10 ^{3*}	3	25,7*	3	
206	3,0 ^{ns}	7	2,0 x 10 ^{9*}	8	10,2 ^{ns}	8	
210	2,8 ^{ns}	7	-	8	4,8 ^{ns}	8	
213	7,2 ^{ns}	5	1,3 x 10 ^{9*}	6	7,9 ^{ns}	6	

†ns-não significativo; *significativo a $P>0,05$; GL – graus de liberdade.

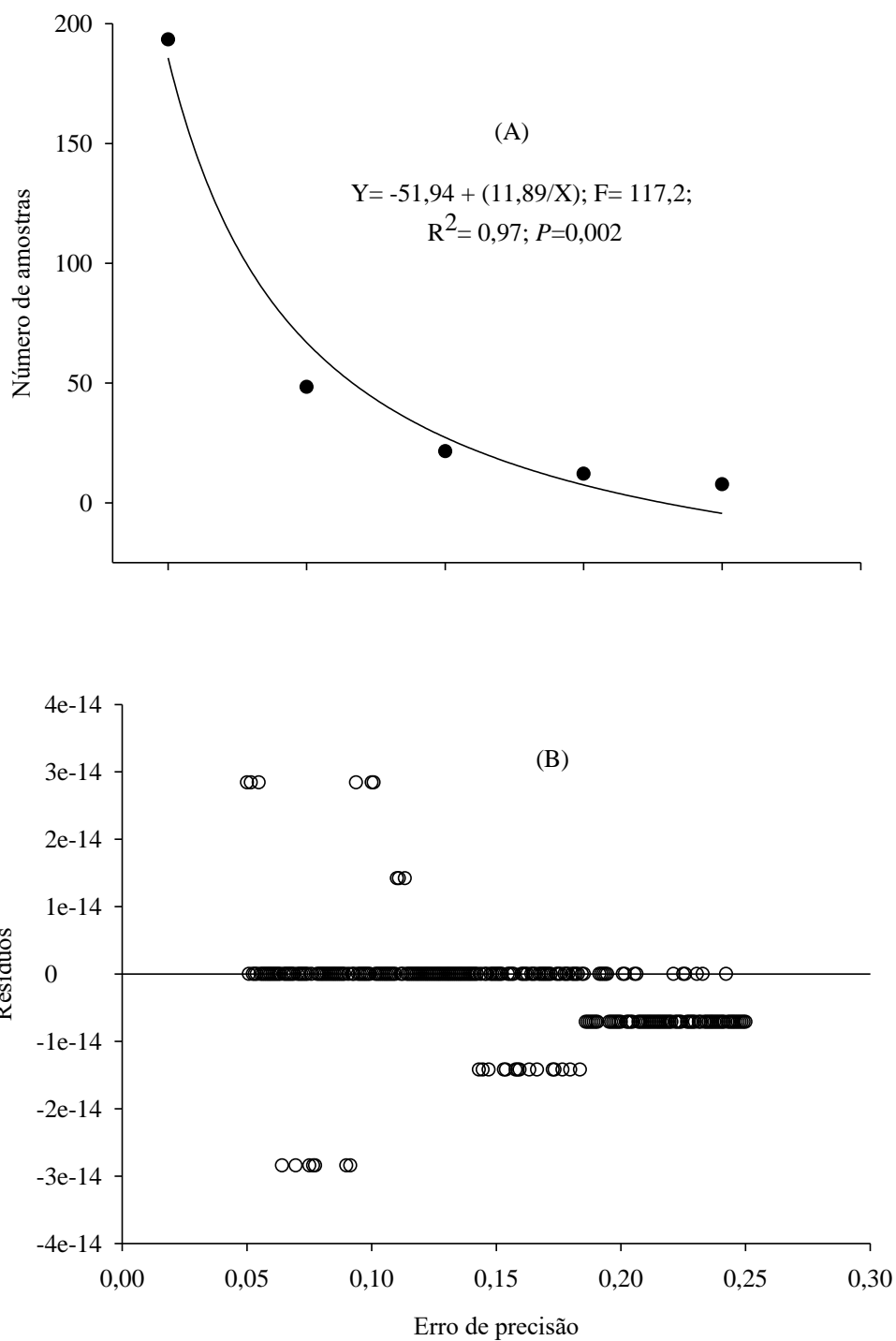


Figura 2. Número de amostras (estruturas reprodutivas de algodoeiro infestadas) (A) e resíduos da dispersão (B) do número estimado de amostras requerido para o plano convencional de amostragem de *Anthonomus grandis grandis* em função de diferentes níveis de precisão.

Material suplementar

Tabela 1S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. \pm EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro e frequência de ocorrência dos ramos avaliados nas plantas amostradas e cultivadas com diferentes espaçamentos entre linhas (n = 160 por fase).

Fase	Ramos	0,5		0,75		1,0	
		Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)
	1						
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	0,20 \pm 0,20	5,00
	5	0,10 \pm 0,10	5,00	0,40 \pm 0,30	15,00	0,25 \pm 0,16	15,00
	6	0,20 \pm 0,09	20,00	1,30 \pm 0,45	45,00	0,60 \pm 0,31	25,00
	7	1,10 \pm 0,38	50,00	1,25 \pm 0,41	50,00	0,85 \pm 0,24	40,00
Fase 1 -	8	1,05 \pm 0,20	70,00	1,35 \pm 0,29	65,00	1,50 \pm 0,43	50,00
126-136	9	1,80 \pm 0,47	65,00	1,85 \pm 0,42	65,00	2,15 \pm 0,43	85,00
DAP	10	1,40 \pm 0,31	65,00	2,20 \pm 0,56	60,00	2,85 \pm 0,47	95,00
	11	2,10 \pm 0,39	75,00	2,45 \pm 0,35	95,00	2,75 \pm 0,47	85,00
	12	2,30 \pm 0,40	75,00	1,95 \pm 0,44	65,00	2,80 \pm 0,36	95,00
	13	2,20 \pm 0,44	80,00	2,30 \pm 0,48	70,00	3,05 \pm 0,41	95,00
	14	1,40 \pm 0,39	55,00	2,10 \pm 0,49	70,00	3,15 \pm 0,42	95,00
	15	0,75 \pm 0,25	40,00	1,95 \pm 0,30	85,00	2,00 \pm 0,32	80,00
	16	-	-	0,90 \pm 0,22	60,00	1,35 \pm 0,36	55,00
	17	-	-	-	-	0,70 \pm 0,23	45,00

Tabela 2S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. \pm EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro e frequência de ocorrência dos ramos avaliados nas plantas amostradas e cultivadas com diferentes espaçamentos entre linhas (n = 160 por fase).

Fase	Ramos	0,5		0,75		1,0	
		Densidade	Frequência	Densidade	Frequência	Densidade	Frequência
		\pm EPM	(%)	\pm EPM	(%)	\pm EPM	(%)
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	0,30 \pm 0,21	15,00	0,40 \pm 0,28	10,00
	5	0,50 \pm 0,21	30,00	0,60 \pm 0,27	25,00	1,00 \pm 0,30	45,00
	6	0,15 \pm 0,08	15,00	1,90 \pm 0,32	85,00	1,10 \pm 0,38	40,00
	7	0,85 \pm 0,18	60,00	1,90 \pm 0,29	90,00	1,10 \pm 0,29	55,00
	8	1,45 \pm 0,23	80,00	2,15 \pm 0,33	85,00	2,35 \pm 0,33	80,00
Fase 2 –	9	2,05 \pm 0,32	80,00	2,90 \pm 0,28	95,00	3,05 \pm 0,44	90,00
140-150	10	2,05 \pm 0,26	90,00	2,70 \pm 0,26	100,00	3,55 \pm 0,39	100,00
DAP	11	2,20 \pm 0,26	95,00	2,80 \pm 0,26	100,00	3,35 \pm 0,33	100,00
	12	2,65 \pm 0,30	100,00	2,75 \pm 0,33	95,00	3,20 \pm 0,29	100,00
	13	2,80 \pm 0,20	100,00	2,50 \pm 0,34	95,00	3,35 \pm 0,36	90,00
	14	2,15 \pm 0,21	95,00	2,75 \pm 0,32	95,00	2,90 \pm 0,27	95,00
	15	1,95 \pm 0,26	95,00	2,25 \pm 0,25	95,00	2,50 \pm 0,22	100,00
	16	1,30 \pm 0,23	80,00	1,95 \pm 0,23	90,00	2,50 \pm 0,29	100,00
	17	1,20 \pm 0,22	70,00	1,45 \pm 0,23	80,00	1,90 \pm 0,22	95,00
	18	-	-	-	-	1,50 \pm 0,26	75,00
	19	-	-	-	-	1,20 \pm 0,20	80,00

Tabela 3S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. \pm EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro e frequência de ocorrência dos ramos avaliados nas plantas amostradas e cultivadas com diferentes espaçamentos entre linhas (n = 160 por fase).

Fase	Ramos	0,5		0,75		1,0	
		Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	0,05 \pm 0,05	5,00	-	-
	4	0,05 \pm 0,05	5,00	0,55 \pm 0,23	30,00	0,75 \pm 0,25	35,00
	5	0,35 \pm 0,21	20,00	1,60 \pm 0,48	50,00	1,90 \pm 0,50	65,00
	6	0,20 \pm 0,09	20,00	1,55 \pm 0,34	70,00	0,75 \pm 0,24	50,00
	7	0,70 \pm 0,19	50,00	1,15 \pm 0,26	65,00	1,20 \pm 0,33	60,00
	8	1,00 \pm 0,25	50,00	1,60 \pm 0,31	80,00	1,65 \pm 0,41	60,00
	9	1,75 \pm 0,30	80,00	1,70 \pm 0,34	75,00	2,55 \pm 0,39	85,00
	10	2,45 \pm 0,40	85,00	1,95 \pm 0,30	80,00	3,25 \pm 0,57	95,00
Fase 3 –	11	2,25 \pm 0,33	90,00	2,45 \pm 0,38	85,00	2,60 \pm 0,28	95,00
175-185	12	2,10 \pm 0,44	75,00	1,90 \pm 0,32	85,00	3,35 \pm 0,41	95,00
DAP	13	1,70 \pm 0,32	75,00	2,35 \pm 0,31	95,00	2,65 \pm 0,33	95,00
	14	2,10 \pm 0,25	95,00	1,90 \pm 0,22	90,00	2,75 \pm 0,32	100,00
	15	1,75 \pm 0,34	70,00	2,20 \pm 0,34	85,00	2,10 \pm 0,34	85,00
	16	2,10 \pm 0,26	90,00	1,80 \pm 0,34	80,00	1,95 \pm 0,34	85,00
	17	1,60 \pm 0,30	85,00	1,55 \pm 0,30	75,00	2,15 \pm 0,37	85,00
	18	1,30 \pm 0,23	75,00	1,35 \pm 0,26	75,00	1,90 \pm 0,28	90,00
	19	1,10 \pm 0,14	90,00	1,30 \pm 0,23	80,00	1,80 \pm 0,30	75,00
	20	-	-	1,35 \pm 0,25	75,00	2,10 \pm 0,28	95,00
	21	-	-	-	-	1,30 \pm 0,19	85,00
	22	-	-	-	-	1,20 \pm 0,20	75,00

Tabela 4S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. \pm EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro e frequência de ocorrência dos ramos avaliados nas plantas amostradas e cultivadas com diferentes espaçamentos entre linhas (n = 160 por fase).

Fase	Ramos	0,5		0,75		1,0	
		Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	0,30 \pm 0,21	15,00	1,20 \pm 0,41	35,00
	5	0,20 \pm 0,12	15,00	1,70 \pm 0,42	55,00	1,50 \pm 0,47	50,00
	6	0,40 \pm 0,17	25,00	0,65 \pm 0,18	45,00	1,25 \pm 0,32	55,00
	7	0,70 \pm 0,21	40,00	1,30 \pm 0,28	70,00	1,20 \pm 0,35	55,00
	8	0,85 \pm 0,21	60,00	1,70 \pm 0,28	80,00	2,30 \pm 0,36	85,00
	9	1,25 \pm 0,19	80,00	2,10 \pm 0,31	85,00	2,65 \pm 0,44	95,00
	10	1,75 \pm 0,43	80,00	2,70 \pm 0,40	90,00	3,60 \pm 0,47	95,00
	11	1,75 \pm 0,27	85,00	3,05 \pm 0,35	100,00	3,40 \pm 0,37	95,00
Fase 4 – 189-199 DAP	12	2,00 \pm 0,34	90,00	2,70 \pm 0,44	90,00	3,25 \pm 0,52	100,00
	13	2,25 \pm 0,38	80,00	2,45 \pm 0,38	90,00	3,05 \pm 0,30	100,00
	14	2,05 \pm 0,33	80,00	2,05 \pm 0,28	85,00	2,80 \pm 0,34	95,00
	15	1,45 \pm 0,20	85,00	2,00 \pm 0,46	80,00	2,50 \pm 0,36	85,00
	16	2,00 \pm 0,22	100,00	2,25 \pm 0,41	80,00	2,00 \pm 0,34	85,00
	17	1,65 \pm 0,28	80,00	1,85 \pm 0,33	85,00	2,20 \pm 0,36	85,00
	18	1,80 \pm 0,28	90,00	2,00 \pm 0,33	85,00	2,40 \pm 0,32	95,00
	19	1,10 \pm 0,20	70,00	2,05 \pm 0,32	80,00	2,30 \pm 0,31	90,00
	20	1,10 \pm 0,24	65,00	1,75 \pm 0,32	80,00	2,75 \pm 0,35	95,00
	21	0,80 \pm 0,14	70,00	1,25 \pm 0,24	70,00	2,55 \pm 0,27	100,00
	22	-	-	1,35 \pm 0,26	75,00	1,75 \pm 0,26	85,00
	23	-	-	1,10 \pm 0,23	65,00	1,85 \pm 0,26	85,00
	24	-	-	-	-	1,60 \pm 0,22	90,00

Tabela 5S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh. \pm EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro e frequência de ocorrência dos ramos avaliados nas plantas amostradas e cultivadas com diferentes espaçamentos entre linhas (n = 160 por fase).

Fase	Ramos	0,5		0,75		1,0	
		Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)	Densidade \pm EPM	Frequência (%)
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	4	0,10 \pm 0,10	5,00	0,45 \pm 0,22	25,00	1,00 \pm 0,37	35,00
	5	0,35 \pm 0,18	20,00	1,05 \pm 0,29	50,00	1,40 \pm 0,49	35,00
	6	0,50 \pm 0,18	30,00	0,70 \pm 0,24	35,00	0,95 \pm 0,33	50,00
	7	0,80 \pm 0,21	50,00	0,55 \pm 0,18	40,00	1,15 \pm 0,35	45,00
	8	0,95 \pm 0,22	60,00	0,85 \pm 0,21	55,00	2,30 \pm 0,31	95,00
	9	0,75 \pm 0,19	50,00	1,30 \pm 0,24	75,00	2,35 \pm 0,36	85,00
	10	1,85 \pm 0,49	75,00	1,70 \pm 0,45	65,00	2,60 \pm 0,39	85,00
	11	1,85 \pm 0,33	85,00	1,70 \pm 0,35	70,00	3,00 \pm 0,47	85,00
Fase 5 – 203-213 DAP	12	1,70 \pm 0,29	80,00	1,25 \pm 0,28	70,00	2,65 \pm 0,44	90,00
	13	2,25 \pm 0,29	95,00	2,30 \pm 0,40	85,00	3,15 \pm 0,28	100,00
	14	1,55 \pm 0,29	75,00	1,50 \pm 0,27	80,00	2,90 \pm 0,37	90,00
	15	1,40 \pm 0,27	80,00	1,75 \pm 0,38	65,00	2,10 \pm 0,39	90,00
	16	1,50 \pm 0,31	70,00	1,95 \pm 0,34	85,00	2,05 \pm 0,32	85,00
	17	2,05 \pm 0,31	85,00	1,65 \pm 0,25	90,00	1,55 \pm 0,29	80,00
	18	2,20 \pm 0,30	85,00	2,05 \pm 0,36	80,00	2,05 \pm 0,39	85,00
	19	1,40 \pm 0,21	85,00	1,70 \pm 0,37	80,00	2,35 \pm 0,49	85,00
	20	1,55 \pm 0,35	70,00	1,70 \pm 0,36	80,00	2,60 \pm 0,46	85,00
	21	1,15 \pm 0,23	65,00	1,50 \pm 0,34	65,00	2,10 \pm 0,35	80,00
	22	-	-	1,15 \pm 0,36	60,00	1,40 \pm 0,28	70,00
	23	-	-	-	-	1,60 \pm 0,34	70,00

Tabela 6S. Média da densidade de estruturas reprodutivas infestadas por *Anthonomus grandis grandis* Boh.

± EPM nas diferentes datas de avaliação de cada fase fenológica do algodoeiro (n = 40 por data de avaliação).

Fases	Dias após o plantio (DAP)	50	75	Média
		Média ± EPM	Média ± EPM	Média ± EPM
Fase 1	126	1,31 ± 0,29	0,69 ± 0,15	2,5
	129	1,35 ± 0,30	0,80 ± 0,18	2,6
	133	1,35 ± 0,30	0,59 ± 0,13	2,2
	136	1,33 ± 0,29	0,87 ± 0,20	1,9
Fase 2	140	1,75 ± 0,39	2,34 ± 0,52	2,2
	143	1,47 ± 0,33	2,19 ± 0,49	3,0
	147	2,63 ± 0,59	3,19 ± 0,71	1,8
	150	3,46 ± 0,77	3,63 ± 0,81	3,8
Fase 3	175	1,39 ± 0,31	1,37 ± 0,31	2,1
	178	1,49 ± 0,33	0,97 ± 0,22	2,3
	182	2,07 ± 0,46	1,93 ± 0,43	2,1
	185	1,66 ± 0,37	1,87 ± 0,42	2,8
Fase 4	189	3,55 ± 0,79	4,38 ± 0,98	3,5
	192	0,79 ± 0,18	1,39 ± 0,31	2,5
	196	1,93 ± 0,43	2,42 ± 0,54	2,1
	199	1,27 ± 0,28	2,99 ± 0,67	2,5
Fase 5	203	1,63 ± 0,36	1,56 ± 0,35	1,9
	206	2,15 ± 0,48	2,02 ± 0,45	2,6
	210	2,23 ± 0,50	2,26 ± 0,51	2,9
	213	3,72 ± 0,83	3,87 ± 0,86	2,1