

**MECANISMOS MORFOFISIOLÓGICOS DA RESISTÊNCIA DE RAÇAS
PRIMITIVAS DE ALGODOEIRO AO BICUDO**

THIELE DA SILVA CARVALHO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO -2016**

MECANISMOS MORFOFISIOLÓGICOS DA RESISTÊNCIA DE RAÇAS PRIMITIVAS DE ALGODOEIRO AO BICUDO

THIELE DA SILVA CARVALHO

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

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO – 2016**

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

C331m Carvalho, Thiele da Silva.
Mecanismos morfofisiológicos da resistência de raças primitivas de algodoeiro ao bicudo [manuscrito] / Thiele da Silva Carvalho. - 2016.
51 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Anthonomus grandis. 2. Bicudo do algodoeiro. 3. Cotonicultura. 4. Gossypium hirsutum. I. Título.

21. ed. CDD 633.51

**MECANISMOS MORFOFISIOLÓGICOS DA RESISTÊNCIA DE RAÇAS
PRIMITIVAS DE ALGODOEIRO AO BICUDO**

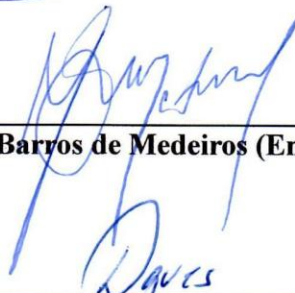
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de concentração: Agricultura familiar e sustentabilidade.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2016

Banca examinadora:



Prof. Dr. Francisco José Correia Farias (Melhorista) - Embrapa Algodão



Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros (Entomologia) - UFPB



**Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva (Entomologia) – Embrapa Algodão
Orientador**

DEDICATÓRIA

“À minha amada mãe, sempre presente espiritualmente, me abençoando e intercedendo a Deus para meu sucesso no trabalho e crescimento profissional”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a intercessão de Nossa Senhora junto a ele, que permitiram sucesso em mais uma etapa de minha longa caminhada profissional.

À minha mãe, Maria de Fátima Dias da Silva Carvalho (*in memoriam*) e a meu pai Severino Farias de Carvalho, pelo amor incondicional, apoio, incentivo e participação em todas as etapas importantes da minha vida.

As minhas amadas irmãs, Thaise da Silva Carvalho e Tatiana da Silva Carvalho que sempre confiaram no meu trabalho, potencialidade e dedicação.

A meus tio(a)s, primo(a)s, cunhado, avós e avôs de São Paulo, Campina Grande e outras localidades do país que independente de estarem perto ou distantes sempre torceram por mim.

Ao meu orientador Carlos Alberto Domingues da Silva, grande exemplo como dirigente e pesquisador, pelo grande apoio e incentivo a minha carreira profissional ao me receber de braços abertos desde o início, confiando na minha dedicação e trabalho. A ele todo meu respeito e admiração.

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

À Universidade Estadual da Paraíba, ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Agrárias e à Embrapa Algodão pela realização deste curso.

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

Aos funcionários do laboratório de Patologia e Biologia Molecular de Insetos da Embrapa Algodão, Eduardo, Airton e Antônio por terem me auxiliado na execução e desenvolvimento desse trabalho e, principalmente, pela amizade.

A todos os meus verdadeiros amigos, destacando Silvia, Suziane, Marília, Regina, Jasmine Bráulio, Lissandra, Tatiana, Mayara, Juliana, Renata, Thiago, Sales, Maria, Bruna,

Socorro, Aninha e Josa que estiveram sempre comigo durante essa jornada e sempre me apoiaram em todas as minhas decisões.

Aos meus colegas de mestrado Anselmo, Antônio, Carisa, Dalila, Daniela, Emannuella, Emanuela, Eveline, Celson, Idaline, Moisés, Ramon, Rayssa, Renata, Ruana, Saint- Clear, Ubiele e Walmir.

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

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	09
LISTA DE FIGURAS.....	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo geral.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1. Importância econômica e social da cultura do algodoeiro.....	18
3.2. Bicudo-do-algodoeiro.....	19
3.3. Resistência de algodoeiros ao bicudo.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Local do estudo.....	25
4.2. Origem das linhagens de algodoeiro.....	25
4.3. Seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo.....	25
4.4. Preferência para alimentação e oviposição do bicudo.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1. Seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo.....	29
5.2. Preferência para alimentação e oviposição do bicudo.....	35
6. CONCLUSÕES.....	41
7. REFERÊNCIAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Números médios de tricomas, glândulas de gossipol e de nectários, alturas e diâmetros das hastes das plantas de algodão com 120 dias de idade. Campina Grande, Paraíba, 2014.....	30
Tabela 2. Número médio de botões florais com orifício de alimentação e oviposição \pm erro padrão, por fêmeas de <i>Anthonomusgrandis</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae) e de <i>Braconvulgaris</i> e <i>Catolaccusgrandis</i> emergidos em função dalinhagem de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, 2014.....	33
Tabela 3. Número médio de tricomas, glândulas de gossipol e dentes nas brácteas e o de glândulas de gossipol nas sépalas e de glândulas de nectários nos botões florais de seis linhagens de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, 2014.....	36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Número médio não acumulado (A) e acumulado (B) de botões florais com orifício de alimentação pelo bicudo em oito linhagens e uma cultivar de algodoeiro em função das avaliações. Campina Grande, Paraíba, 2014..... 31
- Figura 2. Número médio não acumulado (A) e acumulado (B) de botões florais com orifício de oviposição pelo bicudo em oito linhagens e uma cultivar de algodoeiro em função das avaliações. Campina Grande, Paraíba, 2014..... 32
- Figura 3. Número médio de adultos do bicudo sobre os botões florais de seis linhagens de algodoeiro em função de nove períodos de avaliação. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra na linha não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em raiz de $x+0,5$ para fins de análise estatística..... 37
- Figura 4. Número médio de adultos do bicudo-do-algodoeiro (A) e de orifícios de alimentação (B) sobre botões florais de seis linhagens de algodoeiros em teste com chance de escolha. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra por coluna não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados do gráfico A transformados em raiz de $x+0,5$ 38
- Figura 5. Número médio orifícios de alimentação (A) e de oviposição (B) sobre botões florais de algodoeiros de cinco linhagens em teste de confinamento. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra por coluna não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 39

RESUMO

CARVALHO, Thiele da Silva.M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão.Fevereiro de 2016. Mecanismos morfofisiológicos da resistência de raças primitivas de algodoeiros ao bicudo.Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva.

O bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), é uma praga de grande importância para a cotonicultura brasileira em função das injúrias provocadas sobre os botões florais, flores e maçãs do algodoeiro. Entre as alternativas para o manejo dessa praga pode-se destacar a tática de controle baseada na resistência de plantas aos insetos. Objetivou-se determinar o mecanismo morfofisiológico envolvido na resistência de algumas raças primitivas de algodão ao bicudo. Foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento visou selecionar as linhagens mais promissoras quanto à resistência ao bicudo entre as linhagens TB15, TB41, TB75, TB80, TB85, TB87, TB90, TB91 oriundas de raças primitivas de algodoeiros e a cultivar BRS 187 8H (testemunha). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram representados pelas linhagens e a cultivar de algodoeiros citadas. O segundo experimento visou determinar a preferência para alimentação e oviposição do bicudo sobre os botões florais das seis linhagens mais promissoras selecionadas no primeiro experimento em teste com e sem chance de escolha. No teste com escolha, utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial com seis linhagens de algodoeiro ($G_1 = TB90$; $G_2 = TB87$; $G_3 = TB80$; $G_4 = TB75$; $G_5 = TB41$ e $G_6 = Grandless$), nove horários de avaliação (15 min, 30 min, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) e dez repetições. No teste sem chance de escolha, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, representados por adultos do bicudo alimentados com botões florais das mesmas linhagens de algodoeiros utilizadas no teste de escolha, exceto a cultivar Grandless e cinco repetições. Os dados de ambos os experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P=0,05$),

utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) da Universidade Federal de Viçosa. Foram estimados no experimento de seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo, os coeficientes de correlação de Pearson entre o número de botões florais com orifício de alimentação e oviposição pelo bicudo e os números médios de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 das folhas e altura e diâmetro das hastes das plantas de algodoeiro com 120 dias de idade. No ensaio de preferência de alimentação e oviposição do bicudo foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre o número de botões florais com orifício de alimentação e oviposição pelo bicudo e os números médios de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 e dos dentes nas brácteas, de glândulas de gossipol por cm^2 nas sépalas e o de nectários nos botões florais das linhagens de algodoeiros. No campo, a linhagem de algodoeiro menos preferida para oviposição foi TB80. No teste de chance de escolha, a linhagem de algodoeiro com menor número de bicudos e de orifícios de alimentação foi TB41. Sob condições de confinamento, as cultivares TB80 e TB41 foram menos preferidas para alimentação enquanto que a linhagem TB90 apresentou menor número de orifícios de oviposição. Os mecanismos morfofisiológicos de resistência de raças primitivas testadas contra o bicudo estão relacionados às menores quantidades de glândulas de gossipol e de nectários presentes, respectivamente, nas folhas e na base dos botões florais.

Palavras-chave: *Anthonomus grandis*, resistência de plantas, *Gossypium hirsutum*

ABSTRACT

The cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), is a very important pest for the Brazilian cotton due to the injuries caused on the squares, flowers and bolls. These injuries reduce the production and are responsible for causing great economic losses to the farmer. Among the alternatives for the management of this pest can highlight the control tactics based on plant resistance to insects. This research aimed to determine the morphophysiological mechanism involved in resistance of some primitive races of cotton against boll weevil. The work were conducted in the field, in an area infested by the bollweevils, in the greenhouse and in the laboratory of Pathology and Molecular Biology of Insects at EmbrapaCotton, municipality of Campina Grande, state of Paraíba. Two experiments were conducted. The first experiment aimed to select the most promising lines for resistance to boll weevil among the lines TB 15, TB 41, TB 75, TB 80, TB 85, TB 87, TB 90, TB 91 originating from primitive races of cotton and BRS 187 8H (control). The experimental design was randomized blocks with nine treatments and 4 repetitions. The treatments were represented by lines and cultivar cited cotton. Data were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5% probability. Pearson correlation coefficients were estimated between the number of punctured squares to feed and oviposition by the boll weevil and the average number of trichomes and gossypol glands per cm² leaf, height and diameter of the cotton rods with 120 days old. The second experiment aimed at determining the preference for feeding and oviposition of boll weevil on the squares of the six most promising lines selected in the first experiment in test with and without chance of choice. In the choice test was used completely randomized design in a factorial scheme with six cotton lines (G1=TB 90, G2= TB87, G3= TB 80; G4= TB 75; G5= TB 41 and G6= Grandless) nine hours evaluation (15 min, 30 min, 1 hour, 2 hours, 4 hours, 6 hours, 8 hours, 12 hours and 24 hours) and ten replicates. In the test no choice, the experimental design was completely randomized, with five treatments, represented

by boll weevil adults fed with cotton squares of the same lines of cotton used in the test of choice except to cultivate Grandless and five replications. The average number of trichomes and gossypol glands per cm^2 and teeth on bracts and the gossypol glands per cm^2 on the sepals and of the nectaries in squares of cotton lines was determined to establish a correlation with the damage caused by feeding and oviposition of boll weevil on the squares. Data from tests with and without choice were subjected to analysis of variance (ANOVA) at 5% probability and the averages compared by Tukey test at 5% probability. In the field, the less preferred cotton line for oviposition was TB80. In the test-choice, the cotton line with smaller number of the boll weevil and punctured squares by feeding was TB41. Under no chance of choice, the cultivars TB80 and TB41 were less preferred for food and line TB90 showed smaller number of punctured squares by oviposition. The Morphophysiological mechanisms of resistance primitive race tested against the boll weevil are related to minor amounts of glands of the gossypol and nectaries present, respectively, in the leaves and at the base of square.

Key-words: *Anthonomus grandis*, plant resistance, *Gossypium hirsutum*.

1. INTRODUÇÃO

O bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é considerado a principal praga de estruturas reprodutivas do algodoeiro nas Américas (RAMALHO, 1994). O potencial do bicudo em causar perdas à produção do algodão advém do fato do inseto se alimentar, ovipositar e desenvolver-se nas estruturas reprodutivas da planta (SILVA, 2013). A planta atacada apresenta desenvolvimento vegetativo anormal e suas estruturas reprodutivas destruídas (botões florais e pequenas maçãs) comprometendo a produção e a qualidade do algodão colhido (SHOWLER, 2008).

O controle do bicudo do algodoeiro constitui-se em uma das principais preocupações do cotonicultor, dada à magnitude dos danos causados por essa praga. Embora esta possa ser controlada de forma eficiente com inseticidas químicos, o preço elevado desses produtos, a seleção de insetos resistentes e outros problemas decorrentes de sua utilização como o desequilíbrio biológico, os resíduos nos alimentos e a poluição ambiental têm estimulado a pesquisa de novos métodos de controle.

Dentre os vários métodos que podem ser empregados para controlar o bicudo, destaca-se aquele que se utiliza de variedades resistentes. Plantas cultivadas têm sido manipuladas geneticamente pelo homem, por meio do melhoramento clássico há muitos anos, mas apenas recentemente, os especialistas em melhoramento podem recorrer às técnicas da engenharia genética. No entanto, a introgressão de genes exógenos desejáveis para resistência a insetos em plantas comerciais de algodão é muitas vezes uma tarefa difícil e morosa. Por isto, o melhoramento genético clássico visando à obtenção de plantas resistentes a insetos, especialmente o bicudo, se constitui, ainda, em uma importante ferramenta para esse fim. Além disso, cultivares com níveis moderados de resistência são bastante interessantes, pois permitem que a praga seja mantida em níveis abaixo do limiar de dano econômico na lavoura, servindo de alimento para os inimigos

naturais, que assim auxiliam no controle do bicudo e de outras pragas para as quais a cultivar não é resistente (VENDRAMIN, 2002).

Os programas de melhoramento convencional de algodoeiros desenvolvidos no Brasil visando à obtenção de variedades resistentes ao bicudo, em geral, tem explorado características morfológicas como: folha “okra”, bráctea frego e coloração vermelha da planta que podem ser facilmente manipulados e introduzidos em novas bases genéticas. Na prática, porém, essas variedades têm apresentado baixos níveis de resistência contra o bicudo em condições de campo, provavelmente, devido a não incorporação de outros tipos de resistência, como antibiose ou tolerância, na planta de algodão.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Determinar mecanismos morfofisiológicos que conferem resistência a algumas linhagens oriundas de raças primitivas de algodoeiro ao bicudo.

2.2. Objetivos específicos

- Selecionar linhagens de algodoeiros mais promissoras dentre as linhagens TB 15, TB 41, TB 75, TB 80, TB 85, TB 87, TB 90, TB 91, que são oriundas de raças primitivas de algodoeiros potencialmente resistentes ao bicudo;
- Identificar os mecanismos de resistência das linhagens TB 15, TB 41, TB 75, TB 80, TB 85, TB 87, TB 90, TB 91, contra o bicudo do algodoeiro.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância econômica e social da cultura do algodoeiro

O algodoeiro herbáceo ou anual (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) é uma das 50 espécies já classificadas e descritas do gênero *Gossypium* (CRAVEN et al., 1994), sendo classificado da seguinte forma: Divisão: Embriophyta sifanogamae; Subdivisão: Fanerogamae ou espermatophyta; Filo: Angiospermae; Classe: Dicotyledoneae; Subclasse: Archichlamidae; Ordem: Malvales; Família: Malvaceae; Tribo: Hibisceae; Gênero: *Gossypium*; Espécie: *G. hirsutum*. (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008).

O algodão é considerado a fibra vegetal mais importante utilizada pelo homem como fonte de matéria-prima para a fabricação de tecidos em função das suas qualidades intrínsecas inigualáveis a outras fibras. A importância do algodoeiro para a indústria têxtil merece destaque graças a seu elevado grau de aproveitamento, desde a fibra até a semente (MARTUS, 2008). A fibra apresenta mais de quatrocentas aplicações na indústria, incluindo: confecção de fios para a tecelagem, feltros, cobertores e estofamentos; preparação de algodão hidrófilo para laboratórios e produção de celulose. A semente é composta basicamente por línter e óleo, sendo 60 e 40% dela representada pelo caroço ou amêndoa e pela fibra, respectivamente. A amêndoa possui entre 30% e 40% de proteínas e entre 35% e 40% de lipídios (CORRÊA, 1989).

As espécies cultivadas do gênero *Gossypium* são quatro, sendo duas delas, a *Gossypium herbaceum* e a *Gossypium arboreum*, originárias do Velho Mundo, enquanto as duas outras, *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*, do Novo Mundo (NEVES, 1965). Assume-se que a *Gossypium hirsutum* foi primeiramente domesticada por povos pré-colombianos da península de Yucatán. A raça selvagem de *G. hirsutum* (“*yucatanense*”), foi domesticada e se dispersou para o resto do continente americano. Evidências etno-botânicas sugerem que a raça

“*latifolium*” surgiu deste germoplasma (BRUBAKER et al., 1994). Os centros primários de origem de outras espécies do gênero *Gossypium* encontram-se distribuídas nas regiões Centro Ocidentais e Sul do México (18 espécies), Arábico e Norte da África (14 espécies) e Austrália (17 espécies), mas *G. hirsutum* e *G. barbadense* são nativas do México, onde foram originalmente domesticadas (MALEIA, 2010).

No mundo, os três maiores produtores de algodão são a Índia, com 5,98 milhões de toneladas, seguido pela China, com 5,17 milhões de toneladas e EUA com 2,82 milhões de toneladas (ICAC, 2016). O Brasil é o quinto maior produtor mundial de algodão, com uma produção estimada para a safra 2015/16 de 1495 mil toneladas (CONAB, 2016). O Nordeste destaca-se como umas das principais regiões produtoras dessa commodity, responsável pela produção de 728.885 toneladas de algodão em caroço na safra 2014/15 (IBGE, 2016). A Bahia é o maior produtor de algodão dessa região, com as principais áreas de cultivo localizadas à Oeste do estado e na Microrregião de Bom Jesus da Lapa e Caetité, ocupando uma área plantada de 20.000 hectares, cultivado em regime de sequeiro em sucessão a soja irrigada sob pivô central (CONAB, 2016). A importância econômica do algodoeiro para o país pode ser mensurada pela sua contribuição ao PIB nacional, que em 2013 foi de 19 bilhões de dólares. No entanto, se considerarmos todos os elos da cadeia produtiva do algodão, esse montante foi de 41 bilhões de dólares (RODRIGUES, 2015).

3.2. Bicudo-do-algodoeiro

O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) é um besouro com cerca de 6 mm de comprimento que apresenta um rostro fino e recurvado com tamanho equivalente a metade de seu corpo. Esse coleóptero, possui coloração marrom avermelhada logo após sua emergência dos botões florais, tornando-se cinza escuro com o tempo (SARAN; SANTOS, 2007). O ciclo biológico varia entre 12 e 17 dias, podendo ocorrer 5 a 6 gerações por safra de algodão. As fêmeas preferem ovipositar nos botões florais com cerca de seis milímetros de diâmetro (SHOWLER; CANTU, 2005), mas podem ovipositar nas maçãs recém-formadas ao final do ciclo da cultura (RAMALHO; JESUS, 1989). Seus ovos são depositados entre as anteras dos botões florais ou na parede da carpelada das maçãs, onde suas larvas se desenvolvem alimentando-se dessas estruturas vegetais (ALMEIDA et al., 2008). Esse comportamento alimentar provoca a queda dos botões florais e flores e impede a abertura das maçãs (carimãs), destruindo-as internamente.

O bicudo foi uma das principais causas do declínio do plantio do algodoeiro em todo o

Nordeste do Brasil (TORRES, 2008). Nas áreas de Cerrado, o bicudo-do-algodoeiro também é responsável pela maior parte das pulverizações com inseticidas de largo espectro de ação durante a fase reprodutiva da cultura (RICHETTI et al. 2004). Essas pulverizações têm sido realizadas, na maioria das vezes, sem critérios técnicos e de forma recorrente, tornando o agroecossistema vulnerável ao ataque de pragas, pois reduz as populações dos inimigos naturais favorecendo o surto populacional de outras pragas importantes dessa cultura.

O bicudo-do-algodoeiro tem sido controlado geralmente com inseticidas orgâno-sintéticos com várias aplicações durante o ciclo da cultura (RAMALHO, 1994). No entanto, a necessidade de se preservar o meio ambiente e reduzir os custos de produção, tem aumentado o interesse de cotonicultores, extensionistas e pesquisadores na busca de novas tecnologias de controle dessa praga, que sejam mais econômicas e menos prejudiciais ao agroecossistema (SILVA; RAMALHO, 2013), como por exemplo, o uso de cultivares de algodoeiros resistentes ao bicudo.

3.3. Resistência de algodoeiros ao bicudo

Nos últimos 30 anos intensificaram-se as pesquisas sobre resistência varietal às pragas do algodoeiro. Muito progresso foi alcançado pelos melhoristas e entomologistas no desenvolvimento de variedades resistentes aceitáveis comercialmente, e sua inclusão em sistemas integrados de manejo de insetos-praga (MACEDO et al., 2007).

O desenvolvimento de cultivares de algodoeiro de ciclo curto e rápida maturação tem sido a principal tática utilizada no melhoramento de algodoeiros para o controle do bicudo, por ser facilmente adaptável e eficiente (LUTTRELL et al., 1994). A produção de maçãs do algodoeiro concentrada no início do período de frutificação é, ainda hoje, um mecanismo de escape bastante utilizado (FEHR, 1987; EL-ZIK & THAXTON, 1989). Cultivares de ciclo curto e rápida maturação como CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2 e CNPA 7H, sintetizadas pela Embrapa Algodão, são os principais mecanismos de resistência dessa malvácea contra o bicudo no Brasil (BASTOS et al., 2008), porque produzem a maioria de seus frutos ao final da primeira geração dessa praga e antes do início da segunda geração da mesma. Por isto, o produtor de algodão localizado em áreas infestadas por bicudos, se aproveita dessa ‘janela de frutificação’ para escapar dos seus danos (GANNAWAY, 1994). Essas cultivares de ciclo curto podem produzir maçãs e escapar do dano provocado pela primeira geração do bicudo se o nível de infestação dessa praga não exceder 50 fêmeas por hectare. No entanto, o prejuízo econômico pode ser inevitável se forem encontradas 148 ou mais fêmeas do bicudo por hectare (WALKER et al., 1976).

O principal caráter morfológico do algodoeiro associado à resistência contra o bicudo é a bráctea frego (JONES, 1972). Este tipo de bráctea mutante foi observado, pela primeira vez, no campo em cultivo comercial de ‘Stoneville 2B’. As brácteas frego são estreitas, alongadas e retorcidas, curvando-se para fora da estrutura frutífera (NILES, 1980) e facilmente diferenciadas das brácteas normais.

A redução na oviposição em algodoeiros com bráctea frego é controversa. Reduções na taxa de oviposição de fêmeas de *A. grandis* variando de 60 a 100% têm sido reportadas (JENKINS et al., 1969; MAXWELL et al., 1969; JENKINS; PARROT, 1971), embora SCHUSTER et al. (1981) não tenham observado diferenças na quantidade de orifícios de oviposição entre os algodoeiros com brácteas frego e aqueles com brácteas normais. Este fato pode estar relacionado à dificuldade do amostrador em separar com precisão, botões florais com orifício de alimentação daqueles com orifício de oviposição (SMITH, 1992).

Algodoeiros com bráctea frego conferem resistência ao *A. grandis* porque torna os botões florais morfológicamente menos adequados para postura (MAREDA et al., 1993) afetando, por isto, o comportamento da praga. A mobilidade do *A. grandis* aumenta oito vezes de planta para planta, nos algodoeiros com bráctea frego (MITCHELL et al., 1973) com fêmeas dessa praga gastando significativamente mais tempo para oviposição nesse tipo de algodoeiro. Esse aumento de mobilidade dos bicudos na lavoura de algodão aumenta, também, a probabilidade desse inseto entrar em contato com a calda do inseticida. Além disso, cultivos de algodoeiros com bráctea frego pulverizados com inseticidas, apresentam uma quantidade sete vezes maior do produto que aqueles com brácteas normais (JENKINS, 1976) e *Braconmellitor* Say (Hymenoptera: Braconidae), um importante parasitóide do bicudo, prefere ovipositar em botões florais de algodoeiros com bráctea frego que naqueles com brácteas normais (MCGOVERN; CROSS, 1986).

Enquanto os algodoeiros com brácteas frego podem conferir resistência contra o bicudo, existem algumas evidências de que eles aumentam a suscetibilidade da planta a percevejos manchadores, cigarrinhas e espécies relacionadas (GANNAWAY, 1994). Uma importante questão, a saber, é se os problemas advindos com o aumento da suscetibilidade de algodoeiros com bráctea frego aos percevejos podem anular os efeitos positivos da resistência desses algodoeiros contra o bicudo.

A incorporação do caráter ‘folha-okra’ em algodoeiros tem conferido resistência contra o bicudo. Algodoeiros exibindo o caráter ‘folha-okra’ apresentam 40% de folhas a menos que os algodoeiros sem esse caráter, o que possibilita mais de 70% de penetração de luz através da copa das plantas (ANDRIES et al., 1969). Esse fato aumenta a temperatura e reduz a umidade relativa

no interior da copa da planta, aumentando a dissecação dos botões florais e dos insetos (REDDY, 1974).

Algodoeiros altamente pubescentes podem reduzir o dano provocado pelo bicudo (RUDGERS, 2004; EL-ZIK & THAXTON, 1989). O mecanismo de defesa é mecânico. Sabe-se que as linhagens de algodoeiro piloso produzem tricomas dentro e fora da bráctea, mas aquelas altamente pubescentes não produzem tricomas na porção interna da bráctea, por isto, esse caráter permite que as brácteas fiquem coladas por um efeito ‘tipo velcro’, protegendo o botão floral. Esse tipo de proteção é reduzida com o desenvolvimento da planta e o consequente aumento do tamanho dos botões florais (GANNAWAY, 1994).

Outros caracteres de resistência ao bicudo incluem plantas de coloração vermelha, redução de anteras, nível de gossipol e de fatores de supressão da oviposição. Com exceção da redução de anteras e do aumento dos fatores de supressão da oviposição, essas características tendem a apresentar resultados misturados (SMITH, 1992).

Raças primitivas de *G. hirsutum*L., oriundas do México e América Central também foram testadas para resistência contra o bicudo (BASTOS et al., 2008). MAXWELL et al. (1969) descrevem um fator de supressão de oviposição que foi encontrado em *G. barbadense*. Fator semelhante de supressão de oviposição tem sido encontrado em algumas raças estoques de *G. hirsutum* com reduções na oviposição acima de 84% (JENKINS, 1976).

Além dessas características morfológicas do algodoeiro mencionadas, várias outras substâncias químicas do metabolismo secundário (compostos nitrogenados e fenólicos, terpenóides, ácidos orgânicos, lipídeos e compostos correlatos) podem atuar, direta ou indiretamente, nas defesas dessa planta contra pragas (STYRSKY et al., 2006). A utilização de mecanismos de defesa indireta pelas plantas de algodão pode ocorrer através da liberação de compostos voláteis que atraem os inimigos naturais, ou ainda, pela presença de estruturas morfológicas nas plantas que favorecem a sua presença e manutenção. Esses mecanismos podem afetar o terceiro nível trófico resultando em interações tritróficas (AHMAD et al. 2004; D’ALESSANDRO e TURLINGS, 2005; HEIL, 2008). O algodoeiro é um bom exemplo da possibilidade de utilização conjunta de inimigos naturais e resistência de plantas, com base em substâncias voláteis produzidas por estas. Os genótipos de algodoeiro com glândulas de gossipol produzem cerca de cem vezes maior quantidade de substâncias que atraem *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *H. virescens* que genótipos sem essas glândulas (ELZEN et al., 1985; 1986). Além disso, plantas de algodoeiro atacadas por insetos fitófagos podem sintetizar e liberar voláteis que auxiliam aos inimigos naturais localizarem seus hospedeiros (HARE, 2011).

No Brasil, excetuando as antigas cultivares de algodão de ciclo curto sintetizadas pela Embrapa Algodão, os programas de melhoramento convencional de plantas de algodoeiro visando o controle do bicudo tem se restringido ao uso de cultivares de algodoeiro com brácteas frego, folhas okras e de coloração vermelha (SOARES; LARA, 1993; MORALES et al., 1997; VIDAL NETO et al., 2005; SILVA et al., 2008). A seleção de plantas resistentes ao bicudo com base na utilização de raças primitivas de algodão foi realizada com sucesso (CARVALHO et al., 1996; FARIAS et al., 1999) com algumas delas apresentando menores taxas de botões florais danificados e de emergência de adultos (CARVALHO et al., 1996; BATES et al., 1991). No entanto, os mecanismos morfofisiológicos envolvidos nesse tipo de resistência foram pouco estudados e permanecem obscuros. Além disso, faltam informações sobre outros fatores de resistência contra o bicudo relacionado à redução da oviposição, viabilidade de ovos e de outros estádios imaturos dessa praga, como por exemplo, o uso de cultivares de algodão com baixo teor de açúcares nas anteras (HEDIN & MACCARTY JR., 1990, 1995), reduzido número de anteras (MEYER et al., 1969, 1971, 1972) e com elevada proliferação interna de células e/ou formação de substância gelatinosa na parede carpelar dessas estruturas (HINDS, 1906). Isto é importante porque as fêmeas do bicudo ovipositam entre as anteras dos botões florais ou na parede carpelar das maçãs, onde suas fases imaturas se desenvolvem alimentando-se dessa estrutura. Por isto, conhecer os principais mecanismos morfofisiológicos envolvidos na resistência de algumas raças primitivas de algodoeiros contra o bicudo poderá oferecer importantes informações sobre o tema, com uma nova abordagem sobre os trabalhos de melhoramento de plantas visando a resistência contra essa praga.

Outra tecnologia importante recentemente disponível é o uso de plantas transgênicas resistentes aos insetos-praga, com destaque para a incorporação de genes que codificam as proteínas tóxicas da bactéria, *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), a mais utilizada; além de colesterol oxidase; lectinas; inibidores de α -amilase; inibidores de proteinases; proteínas inseticidas vegetativas; quitinases; peroxidase; entre outras (FRIZZAS; OLIVEIRA, 2006). Na safra 2012/13, verificou-se um incremento na área cultivada com algodão transgênico de 546,7 mil hectares, ou seja, 13% a mais que na safra 2011/12 o que corresponde à metade da área cultivada com algodão no Brasil (CÉLERES, 2013). Apesar dessa tendência para substituição das cultivares de algodões convencionais por transgênicas, as cultivares transgênicas de algodão *Bt* resistentes a lepidópteros-praga disponibilizadas até o momento, ainda, não dispensam pulverizações de inseticidas contra o bicudo. A Embrapa desenvolve projeto para estudar o transcriptoma do bicudo, mas ainda, não dispõe de linhagens de algodão transgênicas contra essa praga. Isto se deve, em parte, as dificuldades encontradas na transformação dessas plantas, pois

as duas formas principais de transferência de DNA exógeno em diversas culturas, incluindo o algodão (RAJASEKARAN et al., 2000) é realizada via *Agrobacterium* ou por biobalística (RECH et al., 2008). No algodão, a maioria das plantas transformadas por *Agrobacterium* são variedades Coker ou derivadas, de difícil regeneração em plantas transgênicas férteis a partir de cultivares comerciais de algodão (LEELAVATHI et al., 2004). No caso da biobalística, a maioria das plantas de algodão bombardeadas e supostamente transgênicas apresenta apenas células da camada epidérmica do córtex da planta transformada, e por isto, a maioria dos seus descendentes não herda o transgene (RECH et al., 2008).

Por esta razão e considerando as dificuldades técnicas encontradas na obtenção de cultivares de algodão geneticamente modificadas resistentes ao bicudo, à seleção de plantas de algodão resistentes ao bicudo via melhoramento genético convencional se constitui, ainda, em uma ferramenta bastante útil para reduzir populações dessa praga que merece ser estudada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do estudo

O trabalho foi conduzido no campo em área experimental infestada pelo bicudo, em casa de vegetação e no laboratório de Patologia e Biologia Molecular de Insetos da Embrapa Algodão, localizados no município de Campina Grande, Estado da Paraíba, Brasil, localizados a 7° 13' 50" S de latitude e 35° 52' 52" W de longitude.

4.2. Origem das linhagens de algodoeiro

As linhagens de algodoeiros, *Gossypium hirsutum* L., denominadas TB 15, TB 41, TB 75, TB 80, TB 85, TB 87, TB 90, TB 91, foram originadas da geração F₂, a partir do cruzamento da linhagem PNH₃ com outra linhagem oriunda do cruzamento entre a cultivar Stoneville 213 com raças silvestres mexicanas de algodoeiros e codificados por T-277, T-326 e T-1180 (Carvalho et al., 1996). Essas linhagens foram escolhidas por apresentar ciclo curto, rápida maturação, boa produtividade e serem menos preferidas para alimentação e oviposição pelo bicudo.

4.3. Seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo

As sementes das linhagens de algodoeiros citadas foram obtidas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Algodão e plantadas no campo em uma área de 1600m² no espaçamento de 0,90 x 0,10 m, deixando-se uma planta por cova após o desbaste.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram representados pelas oito linhagens de algodoeiros mencionadas anteriormente e uma cultivar BRS 187 8H (testemunha).

Foram realizadas avaliações semanais para se determinar o número de orifícios de alimentação e oviposição efetuados pelo bicudo e o de parasitóides emergidos dos botões florais

do algodoeiro das linhagens citadas. Foram considerados botões florais com orifício de alimentação somente aqueles que apresentavam perfurações. Os botões florais com mais de uma perfuração e que apresentavam pelo menos uma delas cobertas por substância cerosa depositada pelas fêmeas do bicudo foram denominadas botões florais com orifícios de oviposição. Em cada parcela, examinaram-se os botões florais presentes na copa de cinco plantas mais aqueles caídos ao solo por linhagem de algodão. Os botões florais caídos ao solo na projeção da copa de cada planta foram coletados, levados ao laboratório para confirmação do dano e separação daqueles com orifício de oviposição, em recipientes plásticos até a emergência dos adultos do bicudo e de seus parasitoides. A porcentagem de insetos emergidos foi determinada, dividindo-se o número de adultos do bicudo de parasitoides pelo total de estruturas reprodutivas com orifício de oviposição contidos em cada recipiente plástico. Para cada linhagem de algodão, um recipiente plástico com tampa, medindo 0,20m x 0,30m x 0,10m, respectivamente, de largura, comprimento e altura e fechado no ápice por uma tela plástica de nylon de 0,5mm de malha, foi utilizado para estimar a porcentagem de bicudos emergidos dos botões florais.

O número médio de tricomas, glândulas de gossipol por cm^2 e de nectários nas folhas das linhagens de algodoeiro foi determinado para se estabelecer correlação com os danos provocados pelo bicudo sobre os botões florais. Efetuou-se a contagem dos tricomas e glândulas em três discos foliares de 1,5cm de diâmetro, da terceira folha expandida por planta de cada linhagem de um total de vinte e cinco folhas coletadas uma única vez durante o período de formação dos botões florais. Os discos foliares foram cortados sobre a nervura central dos segundo, terceiro e quarto recortes da folha. O número médio de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 de folha foi determinado dividindo-se a média do número de tricomas e de glândulas de gossipol nos três discos por folha pela área do disco foliar.

4.4. Preferência para alimentação e oviposição do bicudo

A preferência do bicudo para se alimentar e ovipositar em seis linhagens de algodoeiros foi avaliada em teste com e sem chance de escolha. As linhagens de algodoeiros utilizadas em ambos os testes foram selecionadas a partir dos resultados obtidos no primeiro experimento, considerando o seguinte critério: as duas linhagens com maiores (TB87, TB75) e menores (TB90 e TB80) quantidades de orifícios de alimentação e oviposição pelo bicudo, respectivamente; e as linhagens TB41 e Grandless por apresentarem maior número de parasitoides emergidos e ausência de glândulas de gossipol, respectivamente. Cada linhagem de algodoeiro foi plantada em casa de vegetação em uma linha de três metros de comprimento, com espaçamento de 0,90x0,20 m entre linhagens, deixando-se uma planta por cova após o desbaste. Aos 35 dias após

a germinação, quando os botões florais apresentavam tamanho médio de aproximadamente 5 mm de diâmetro, foi iniciado o bioensaio.

No teste com chance de escolha, utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial com seis linhagens de algodoeiro (G_1 = TB 90; G_2 = TB87; G_3 = TB 80; G_4 = TB 75; G_5 = TB 41 e G_6 = Grandless), nove horários de avaliação (15 min, 30 min, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 12 horas e 24 horas) e dez repetições. A parcela constou de um tubo de PVC de 50 mm de diâmetro por 10 cm de altura, contendo no seu interior um disco de isopor de 120 mm de diâmetro com seis botões florais de algodão de cada linhagem com cerca de seis milímetros de diâmetro, posicionados de forma equidistante entre si e nas bordas do disco e cobertos por tecido de “voil”.

No centro de cada placa de isopor foi liberado 10 adultos do bicudo com cerca de oito dias de idade e provenientes de botões florais danificados no campo. Foi avaliada a posição relativa dos bicudos em relação aos botões florais de cada linhagem de algodoeiro nos dez horários de avaliação e, também o número de orifícios de alimentação e oviposição nessas estruturas reprodutivas com 24 horas após o início do bioensaio.

No teste sem chance de escolha, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, representados por adultos do bicudo alimentados com as mesmas linhagens de algodoeiros utilizadas no teste de escolha, exceto a cultivar Grandless e cinco repetições. Os bicudos adultos foram obtidos no campo de botões florais de algodoeiros com orifício de oviposição, pertencentes a cultivar CNPA 8H, e colocados em gaiolas, onde permaneceram até a emergência dos adultos. Setenta e cinco bicudos adultos emergidos com oito dias de idade foram sexados e agrupados em número de cinco indivíduos, na proporção de 4 fêmeas para 1 macho por recipiente de plástico contendo quatro botões florais dos respectivos tratamentos e mantidos em estufa incubadora B.O.D. até o término das observações. Os botões florais foram trocados a cada dois dias durante quinze dias.

O número médio de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 e dos dentes nas brácteas e o de glândulas de gossipol por cm^2 nas sépalas e os de nectários nos botões florais das linhagens de algodoeiro foi determinado para se estabelecer correlação com os danos provocados pela alimentação e oviposição do bicudo sobre os botões florais. Efetuou-se a contagem dos tricomas e glândulas de gossipol em um disco 1,5cm de diâmetro recortado da bráctea e da sépala, e também, o número dos dentes nas brácteas e o de glândulas de nectário em um total de quinze botões florais de cada linhagem coletadas uma única vez durante o período de formação dos botões florais. O número médio de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 de bráctea e

sépala foi determinado dividindo-se a média do número de tricomas e de glândulas de gossipol dos discos pela área do disco das brácteas e sépalas de cada linhagem.

4.5. Análise dos dados

Os dados de ambos os experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P=0,05$), utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) da Universidade Federal de Viçosa. Foram estimados no experimento de seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo, os coeficientes de correlação de Pearson entre o número de botões florais com orifício de alimentação e oviposição pelo bicudo e os números médios de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 das folhas e altura e diâmetro das hastas das plantas de algodoeiro com 120 dias de idade. No ensaio de preferência de alimentação e oviposição do bicudo foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre o número de botões florais com orifício de alimentação e oviposição pelo bicudo e os números médios de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 e dos dentes nas brácteas, de glândulas de gossipol por cm^2 nas sépalas e o de nectários nos botões florais das linhagens de algodoeiros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Seleção de linhagens de algodoeiros resistentes ao bicudo

O número de glândulas de gossipol e de nectários por cm^2 de folha e o número de tricomas por folha variaram entre as linhagens de algodoeiros testadas (Tabela 1), mas as alturas e os diâmetros das hastes dessas linhagens de algodoeiros com 120 dias de idade não diferiram. A linhagem de algodoeiro com maior número de glândulas de gossipol por cm^2 de folha foi TB87, seguida pela TB91 (Tabela 1) e a menor TB80, seguida pela TB41. O número de glândulas de nectário por cm^2 de folha foi menor na linhagem TB90, e os maiores nas demais. As linhagens de algodoeiros com maiores números de tricomas por cm^2 de folha foram TB41 e TB91 e as menores TB80 e TB90.

Os primeiros botões florais com orifício de alimentação e oviposição por adultos do bicudo-do-algodoeiro foram observados aos 7 e 14 dias (Figura 1 e 2), após o aparecimento dos botões florais, respectivamente. Os maiores picos de botões florais com orifício de alimentação e oviposição por adultos desse inseto foram observados aos 49 (Figura 1) e 35 dias (Figura 2), respectivamente, após o aparecimento dos botões florais. Tais resultados eram esperados, pois as populações de bicudos nas lavouras de algodoeiro são baixas no início da formação dos primeiros botões florais, mas aumentam rapidamente quando os botões florais de maior tamanho tornam-se disponíveis (SHOWLER, 2004, 2005; SHOWLER et al., 2005).

Os números de botões florais com orifício de alimentação e oviposição por fêmeas do bicudo, *A. grandis* e de seus parasitóides, *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae) e *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) emergidos desses botões florais variaram com as linhagens de algodoeiro (Tabela 2). As linhagens de algodoeiro com maior número de botões

florais com orifício de alimentação e oviposição por adultos do bico foram TB87 e TB 75 (Figuras 1 e 2, Tabela 2), respectivamente. Por sua vez, as linhagens de algodoeiro com menor número de botões florais com orifício de alimentação foram TB90 e BRS 8H e o menor com

Tabela 1. Números médios de tricomas, glândulas de gossipol e de nectários, alturas e diâmetros das hastes das plantas de algodão com 120 dias de idade. Campina Grande, Paraíba, 2014.

Linhagens	⁽¹⁾ Glândulas de gossipol/cm ² de folha	Glândulas de Nectário/folha	Tricoma/cm ² de folha	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
TB15	92,46 ± 4,52 abc	1,00 ± 0,00 a	12,14 ± 09,39 ab ⁽²⁾	78,85 ± 2,81	0,73 ± 0,04
TB41	75,57 ± 5,64 cd	1,00 ± 0,00 a	13,19 ± 10,29 a	75,05 ± 4,31	0,75 ± 0,09
TB75	95,60 ± 5,10 abc	1,00 ± 0,00 a	12,58 ± 08,94 ab	83,15 ± 7,20	0,69 ± 0,08
TB80	66,23 ± 4,13 d	1,04 ± 0,04 a	10,71 ± 09,50b	72,70 ± 4,64	0,75 ± 0,06
TB85	95,27 ± 4,76 abc	1,00 ± 0,00 a	12,92 ± 11,17 ab	92,55 ± 2,48	0,80 ± 0,03
TB87	103,88 ± 4,87 a	1,16 ± 0,09 a	11,18 ± 17,31 ab	77,25 ± 4,14	0,70 ± 0,07
TB90	82,27 ± 3,77 bcd	0,04 ± 0,04b	10,54 ± 06,76b	74,00 ± 3,70	0,74 ± 0,05
TB91	101,39 ± 5,38ab	1,20 ± 0,12 a	13,46 ± 20,88 a	84,65 ± 0,70	0,79 ± 0,03
BRS8H ⁽³⁾	88,04 ± 5,38 abc	1,17 ± 0,10 a	11,89 ± 14,99 ab	81,05 ± 6,03	0,82 ± 0,06
F	6,82	3,74	32,52	1,95	0,55
P	0,01	0,01	0,01	N.S	N.S
C.V.	26,45	32,41	22,94	11,21	16,53

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna por característica morfológica não são diferentes pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade. ⁽²⁾Dados transformados em raiz de x + 0,5. ⁽³⁾Testemunha, cultivar de algodão. N.S= Não significativo.

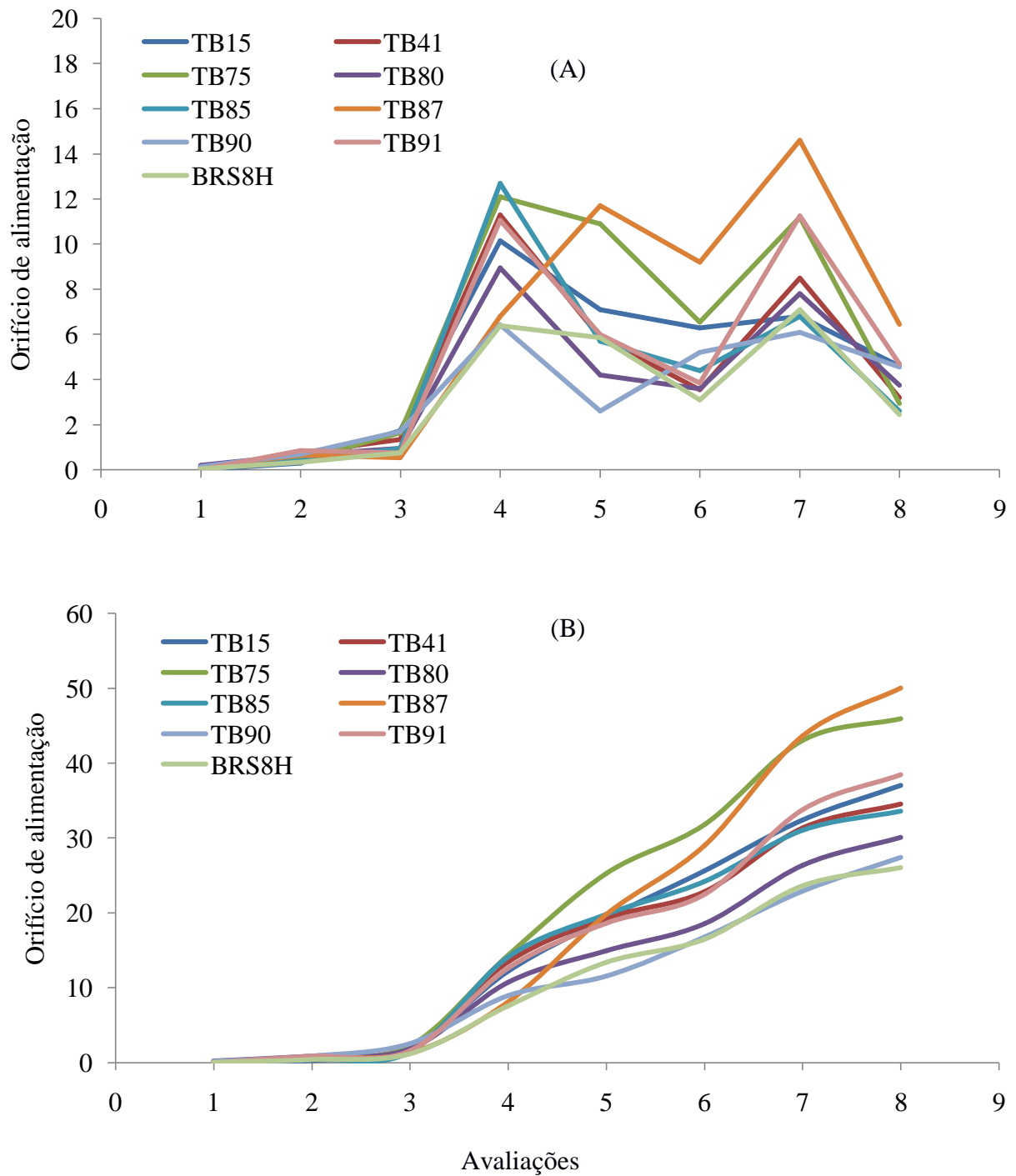


Figura 1. Número médio não acumulado (A) e acumulado (B) de botões florais com orifício de alimentação pelo bicudo em oito linhagens e uma cultivar de algodoeiro em função das avaliações. Campina Grande, Paraíba, 2014.

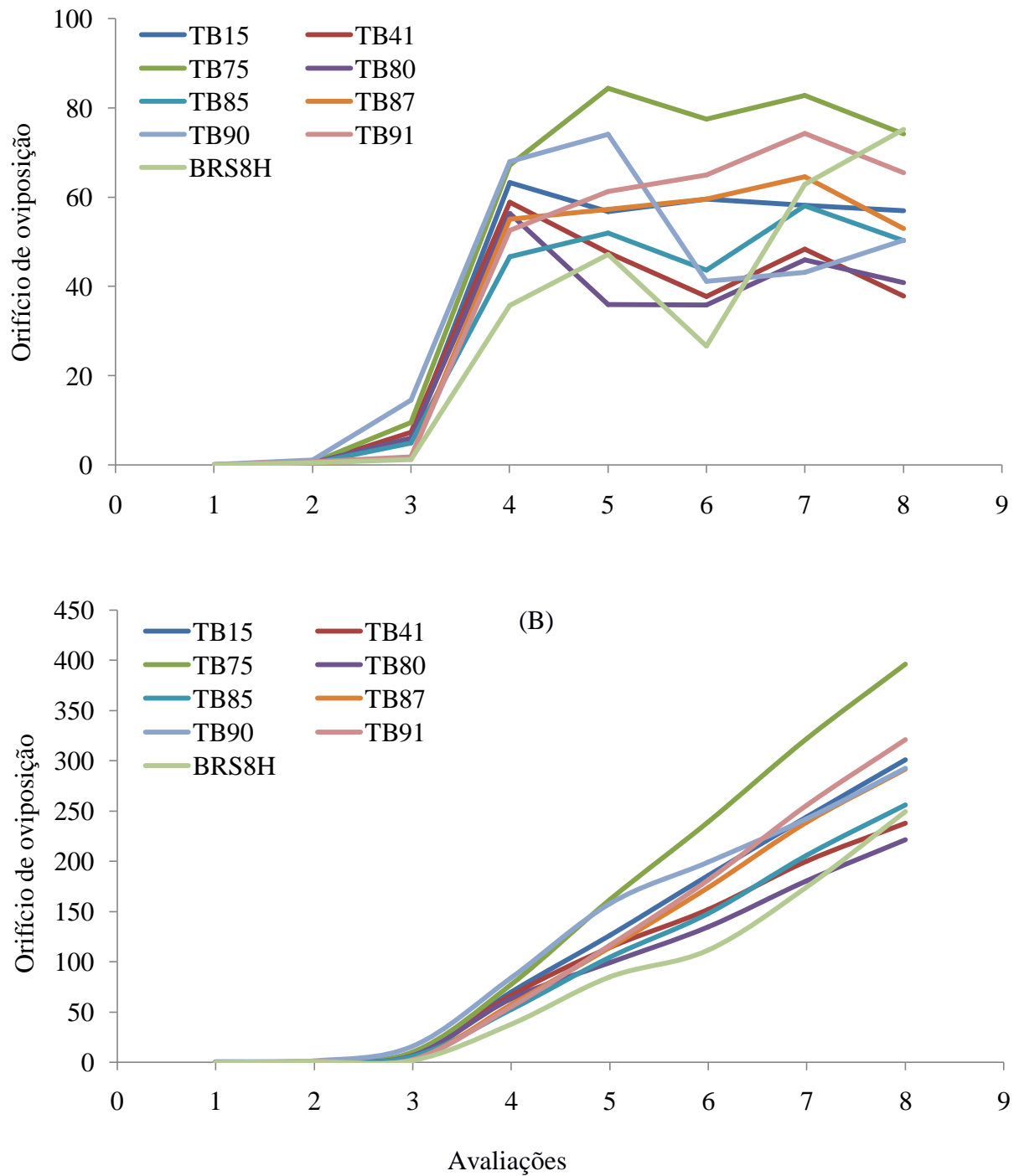


Figura 2. Número médio não acumulado (A) e acumulado (B) de botões florais com orifício de oviposição pelo bicudo em oito linhagens e uma cultivar de algodoeiro em função das avaliações. Campina Grande, Paraíba, 2014.

Tabela 2. Número médio de botões florais com orifício de alimentação e oviposição \pm erro padrão, por fêmeas de *Anthonomusgrandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) e de *Braconvulgaris* e *Catolaccusgrandis* emergidos em função da linhagem de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, 2014.

Linhagens	Botões florais			
	Orifício de alimentação	Orifício de oviposição	<i>Braconvulgaris</i>	<i>Catolaccusgrandis</i>
T1= TB15	4,63 \pm 0,57 a ¹ b	37,63 \pm 5,47 ab	0,85* \pm 0,02 ab	0,92* \pm 0,41 ab
T2= TB41	4,32 \pm 0,94 ab	29,75 \pm 4,57 ab	0,95 \pm 0,39 a	0,94 \pm 0,39 a
T3= TB75	5,74 \pm 0,93 ab	49,52 \pm 4,80 a	0,83 \pm 0,38 ab	0,90 \pm 0,40 abc
T4= TB80	3,76 \pm 0,70 ab	27,69 \pm 3,43b	0,83 \pm 0,41 ab	0,85 \pm 0,39 abc
T5= TB85	4,20 \pm 1,12 ab	32,03 \pm 3,18 ab	0,87 \pm 0,39 ab	0,75 \pm 0,38 c
T6= TB87	6,26 \pm 0,10 a	36,44 \pm 3,61 ab	0,75 \pm 0,38b	0,83 \pm 0,43 abc
T7= TB90	3,43 \pm 0,56b	36,56 \pm 3,13 ab	0,81 \pm 0,39 ab	0,77 \pm 0,38 bc
T8= TB91	4,81 \pm 0,89 ab	40,14 \pm 3,25 ab	0,79 \pm 0,41b	0,87 \pm 0,35 abc
T9= BRS8H	3,26 \pm 0,29b	31,18 \pm 7,02 ab	0,77 \pm 0,38b	0,87 \pm 0,35 abc
F	3,14	2,37	3,44	3,32
P	0,01	0,05	0,01	0,01
C.V.	25,33	24,07	7,95	8,47

¹Médias seguidas pela mesma letra por coluna e linhagem não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Médias transformadas em raiz de $x+0,5$ para fins de análise estatística.

orifício de oviposição foi TB80. Portanto, se considerarmos que a não preferência se dá quando uma planta é menos preferida pelo inseto que outra em igualdade de condições, para alimentação, oviposição ou abrigo (PANDA; KHUSH, 1995), então se pode inferir que as linhagens TB87 e TB 75 são as mais preferidas para alimentação e oviposição do bicudo, respectivamente; enquanto que as BRS 8H e TB90 são as menos preferidas para alimentação e TB80 a menos preferida para oviposição do bicudo. Esses resultados concordam com aqueles obtidos para as linhagens TB90 e TB80 que se mostraram produtivas nos ensaios de campo em áreas infestadas pelo bicudo na estação experimental de Barbalha, CE (BELTRÃO et al., 2001). Por outro lado, discorda da ausência de não preferência para alimentação entre a linhagem TB90 e a cultivar BRS Rubi em ensaios de laboratório e casa telada (SILVA et al., 2015), o que pode ser atribuído ao reduzido número de variedades utilizados por estes autores.

As maiores emergências dos parasitoides *Braconvulgaris* (Hymenoptera: Braconidae) e *Catolaccusgrandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) foram observadas nos botões florais da linhagem

TB41 (Tabela 2 e 3). Tal fato pode ser atribuído aos mecanismos de defesa indireta dessa linhagem de algodão por meio da liberação de compostos voláteis que atraem *B.vulgaris* e *C.grandis*, ou ainda, pela presença de estruturas morfológicas na planta que favoreçam a presença e manutenção desses organismos (AHMAD et al., 2004; D’ALESSANDRO e TURLINGS, 2005; HEIL, 2008; HARE, 2011). Estudos conduzidos em algodoeiro após a alimentação de lagartas de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) constataram a liberação de compostos voláteis como mirceno, (*Z*)-3-acetato de hexenila, (*E*)-beta-ocimeno, linalol, (*E*) 4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT) e (*E,E*)-4,8,12-trimetil-1,3,7,11-tridecatetraeno (TMTT) atraentes ao parasitoide generalista *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) e ao parasitoide especialista *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) (RÖSE et al. 1998). Isto é importante porque os parasitoides *B.vulgaris* e *C.grandis* são considerados os principais responsáveis por ocasionar elevadas taxas de mortalidade natural do bicudo em lavouras de algodão (RAMALHO et al., 1993; RAMALHO e MALAQUIAS, 2015). Por outro lado, as menores emergências do parasitoide *B. vulgaris* foram observadas nos botões florais das linhagens TB87, TB90 e BRS8H e a menor emergência de *C. grandis* foi observada nos botões florais da linhagem TB85, indicando que essas linhagens devem ser preteridas em programas de manejo integrado do algodoeiro por não favorecerem o parasitismo natural das larvas do bicudo.

O número de botões florais danificados pelo bicudo se correlacionou positivamente com o número de glândulas de gossipol presentes nas folhas das linhagens testadas ($r=0,62$; $P=0,04$), de tal maneira que quanto maior o número de glândulas de gossipol por cm^2 de folha maior o número de orifícios de alimentação e oviposição efetuados por adultos do bicudo. Esses resultados indicam que os algodoeiros com glândulas de gossipol podem produzir substâncias voláteis atrativas e auxiliar os adultos do bicudo a localizarem as lavouras de algodão, mesmo na ausência de botões florais. Isto explica, em parte, porque os bicudos podem colonizar as lavouras de algodão na ausência de botões florais (SHOWLER, 2007). O efeito atrativo das glândulas de gossipol presentes em algodoeiros foi demonstrado para *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) (ELZEN et al., 1985, 1986). Segundo esses autores, os algodoeiros com glândulas de gossipol produzem aproximadamente cem vezes maior quantidade de substâncias voláteis que atraem *C. sonorensis* que os sem glândulas. O gossipol é um aldeído fenol sesquiterpeno com concentrações variáveis nas folhas de algodão dependendo da variedade e outras partes da planta de algodão com predisposição glandular para este composto (RUDGERS et al. 2004; YUNIS e DARRAG, 2007). O gossipol não é prejudicial ao bicudo nas concentrações encontradas na maioria dos algodoeiros cultivados (BELL et al., 1987) e pode atuar como estimulante alimentar para esse inseto (HEDIN

et al., 1968). No entanto, o efeito atrativo da presença de glândulas de gossipol em algodoeiros sobre o bicudo não havia sido demonstrado até o momento. Essa informação é importante e pode ser utilizada para controlar o bicudo se o caráter ausência de glândulas de gossipol for incorporado às cultivares de algodoeiros transgênicos que expressem a proteína tóxica do *Bt*, para prejudicar a localização das lavouras de algodão pelo bicudo sem comprometer o controle dos lepidópteros-praga sensíveis ao gossipol.

5.2. Preferência para alimentação e oviposição do bicudo

Os números médios de tricomas, glândulas de gossipol e dentes nas brácteas e o de glândulas de gossipol nas sépalas e de glândulas de nectários nos botões florais variaram com as linhagens de algodoeiros (Tabela 3). Os maiores números de tricomas nas brácteas dos botões florais foram observados nas linhagens Grandless e TB41 e o menor na TB75. Por outro lado, o maior número de glândulas de gossipol por cm² de bráctea e o de dentes por bráctea foi observado na linhagem TB87. Os menores números de glândulas de gossipol por cm² de bráctea foi observado na linhagem Grandless e o de dentes nas linhagens TB90, TB80 e TB41. O menor número de glândulas de gossipol por cm² de sépala foi observado na linhagem Grandless e os maiores nos demais tratamentos. O menor número de glândulas de nectário por botão floral foi observado nas linhagens TB90 e os maiores nos demais tratamentos.

O número de adultos do bicudo sobre os botões florais de seis linhagens de algodoeiro com chance de escolha em função do tempo não apresentou interação significativa entre as linhagens de algodoeiro e os períodos de tempo avaliados ($F_{40:486} = 0,21$; $p > 0,05$), o que indica que o número de adultos do bicudo sobre os botões florais não depende do período de avaliação. O número de adultos do bicudo sobre os botões florais no teste de escolha variou com o período de avaliação ($F_{8:486} = 5,86$; $p < 0,05$) com aumentos no número de adultos desse inseto sobre essas estruturas vegetais no período compreendido entre 15 min a 180 min (Figura 3). A partir desse período o número médio de bicudos sobre os botões florais permaneceu inalterado até o término das observações, ou seja, após escolher o botão floral de uma determinada linhagem os bicudos não migram para outros botões florais enquanto o botão floral escolhido permanecerem condições adequadas para alimentação e postura desse inseto. Resultado

Tabela 3. Número médio de tricomas, glândulas de gossipol e dentes nas brácteas e o de glândulas de gossipol nas sépala e de glândulas de nectários nos botões florais de seis linhagens de algodoeiro. Campina Grande, Paraíba, 2015.

Linhagens	Botão floral				
	Tricoma/cm ²	Bráctea Glândulas de Gossipol/cm ²	Número de dentes	Sépala Glândulas de Gossipol/cm ²	Glândulas de nectário
TB90	133,45 ± 08,31 bc ⁽¹⁾	23,80 ± 2,33 b	9,43 ± 0,33 c	149,00 ± 11,96 a	0,20 ± 0,20 b
TB87	181,39 ± 16,56 ab	47,09 ± 4,44 a	13,76 ± 0,24 a	200,99 ± 15,11 a	2,60 ± 0,16 a
TB80	190,55 ± 17,31 ab	22,51 ± 2,54 b	9,54 ± 0,20 c	176,53 ± 17,64 a	2,67 ± 0,21 a
TB75	78,08 ± 04,17 c	29,27 ± 2,62 b	10,94 ± 0,26 b	174,62 ± 17,17 a	3,00 ± 0,00 a
TB41	221,45 ± 25,48 a	24,39 ± 2,07 b	9,58 ± 0,31 c	152,64 ± 17,13 a	2,73 ± 0,21 a
Grandless	237,40 ± 37,12 a	0,00 ± 0,00 c	10,35 ± 0,41 bc	0,00 ± 0,00 b	2,87 ± 0,09 a
F	10,32	31,95	30,39	24,61	41,67
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C.V.					

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna por característica morfológica não são diferentes pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade.

semelhante foi demonstrado para adultos do bicudo em ensaio de livre chance de escolha com botões florais tratados e não tratados com caulim (SHOWLER, 2002).

O número de adultos do bicudo sobre os botões florais ($F_{5;486} = 19,07$; $p < 0,05$) e o de orifícios de alimentação com 24 horas (1440 min) após o início do teste ($F_{5;45} = 2,47$; $p < 0,05$) variaram com as linhagens de algodoeiro (Figura 4), com maior número de bicudos e de orifícios de alimentação observados sobre a linhagem TB90 e os menores sobre TB41.

O número de botões florais danificados pelo bicudo se correlacionou negativamente com o número de glândulas de nectário presentes nos botões florais das linhagens testadas ($r = -0,87$; $P = 0,01$), de tal maneira que quanto maior o número de glândulas de nectário menor o número de orifícios de alimentação. Tais resultados indicam que a presença de nectários extraflorais localizados na base dos botões florais de algodoeiro pode exercer um importante papel como deterrente alimentar aos adultos do bicudo. Os nectários extraflorais são glândulas epidérmicas produtoras de néctar que estão localizados em partes vegetativas ou em partes reprodutivas da planta que não estão envolvidas na polinização (ELIAS, 1983). Essas estruturas podem recrutar predadores e parasitóides de insetos fitófagos, como o bicudo, fornecendo-lhes pistas que auxiliam na localização de hospedeiros ou alimentos (ROSE et al., 2006). Estudos recentes têm demonstrado que os padrões de secreção dos nectários extraflorais são muito mais

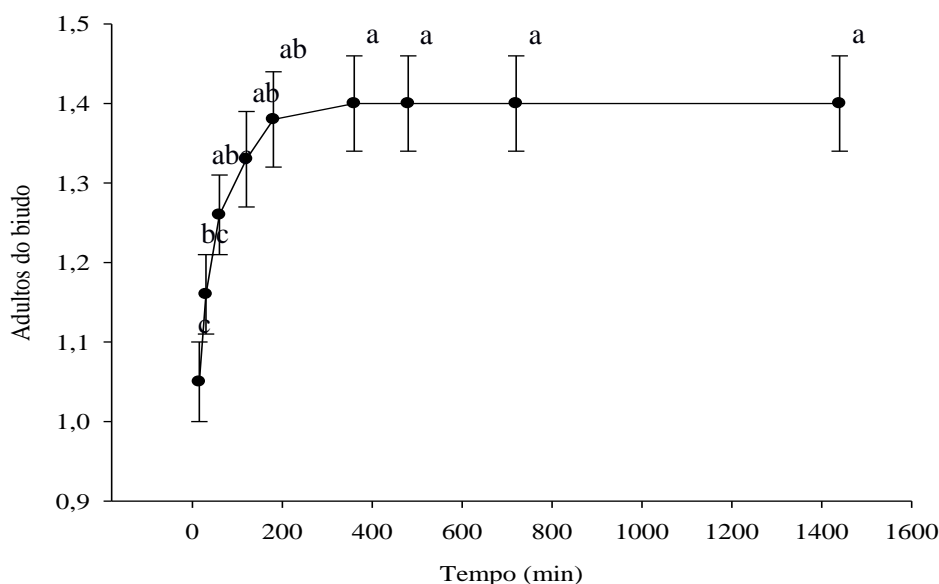


Figura 3. Número médio de adultos do bicudo sobre os botões florais de seis linhagens de algodoeiro em função de nove períodos de avaliação. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra na linha não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em raiz de $x+0,5$.

complexos do que inicialmente se assumia (HEIL, 2015). A secreção de nectários extraflorais é uma resposta à herbivoria e pode ser induzida diretamente pelos insetos fitófagos e também pela exposição das plantas não danificadas aos voláteis emitidos pelos insetos fitófagos (CHOH et al., 2006; KOST e HEIL, 2006; LI et al., 2012). Além disso, os adultos do bicudo podem ser capazes de detectar a presença das glândulas de nectário e, assim evitar a alimentação e postura nessas plantas, onde sua prole terá menor chance de sobreviver devido à ação de parasitóides. Espécies com preferência hospedeira são capazes de detectar pequenas mudanças na qualidade da planta, seja por elementos voláteis emitidos ou estrutura física do substrato onde a oviposição é feita, para aumentar o sucesso da sua descendência (ZALUCKI et al., 2002; HOPKINS et al., 2009; BRUCE e PICKETT, 2011). Assim, um possível reconhecimento da presença de nectários extraflorais na base dos botões florais de algodoeiros pelos adultos do bicudo, para oviposição, pode influenciar o processo de seleção da planta hospedeira.

No confinamento, o número de orifícios de alimentação ($F_{4;12} = 5,23$; $p = 0,01$) e oviposição ($F_{4;12} = 5,60$; $p < 0,01$) diferiram entre as linhagens de algodoeiros testadas (Figura 5), confirmando que o comportamento alimentar e de oviposição do bicudo pode ser modificada

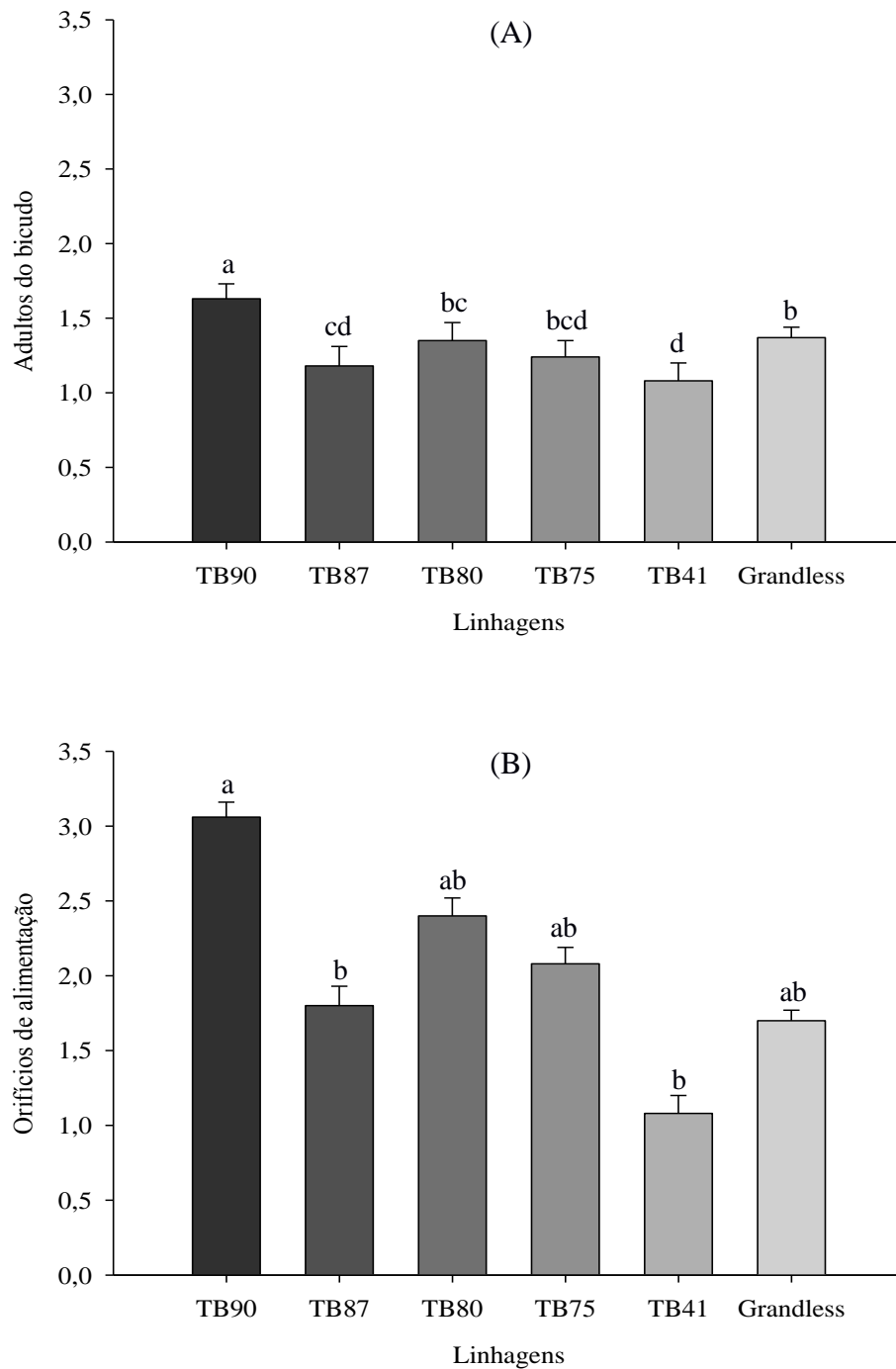


Figura 4. Número médio de adultos do bicudo-do-algodoeiro(A) e de orifícios de alimentação (B)sobre botões florais de seis linhagensde algodoeiros em teste com chance de escolha. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra por coluna não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.Dados do gráfico A transformados em raiz de $x+0,5$.

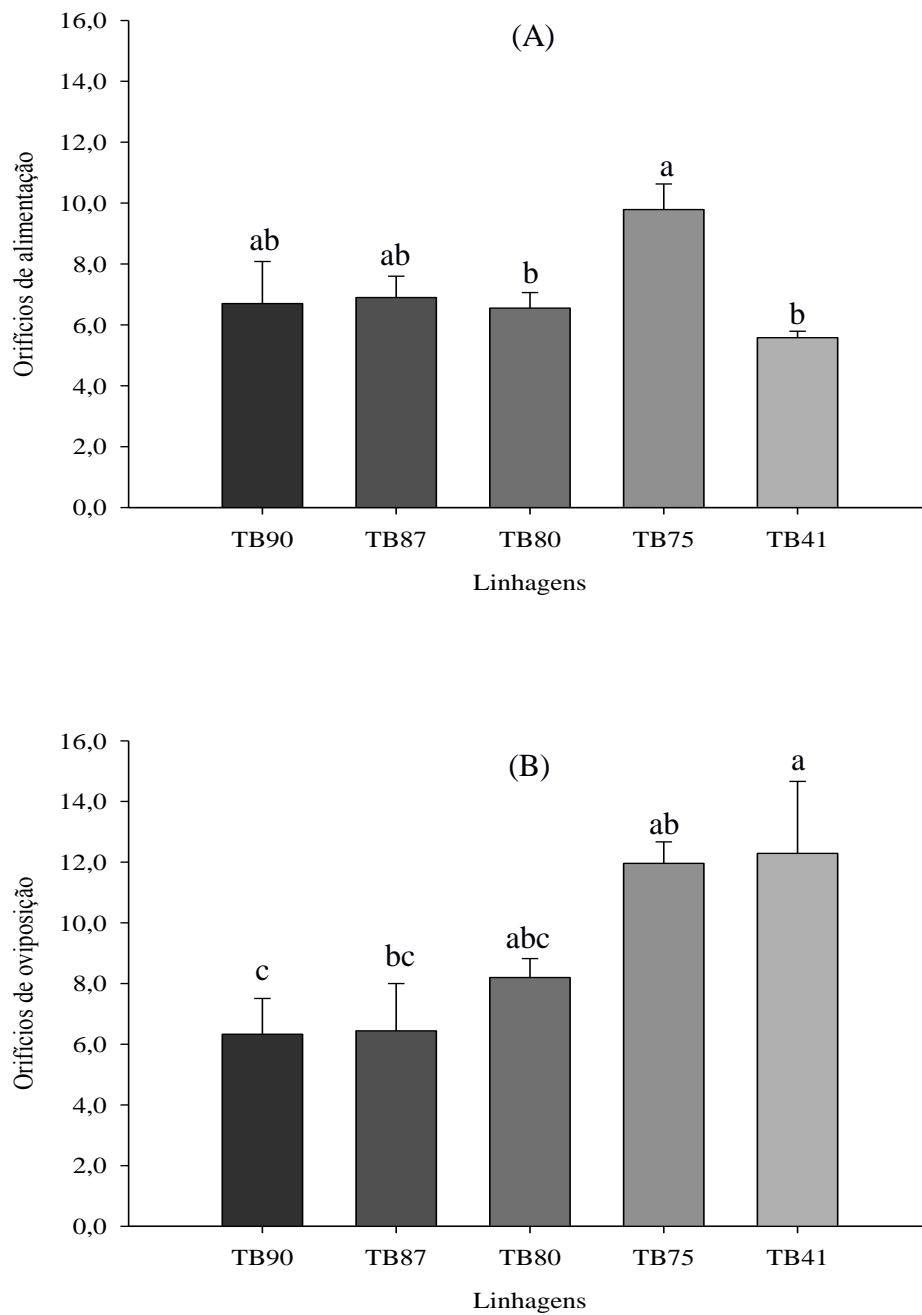


Figura 5. Número médio de orifícios de alimentação (A) e de oviposição (B) sobre botões florais de cinco linhagens de algodoeiros em teste sem chance de escolha. Campina Grande, Paraíba, 2015. Médias seguidas pela mesma letra por coluna não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

pelogenótipo de algodoeiro. O maior número de orifício de alimentação foi observado nos botões florais da linhagem de algodoeiro TB75 e os menores nas TB80 e TB41 (Figura 5).

Por sua vez, os maiores números de orifícios de oviposição foram observados nos botões florais das linhagens de algodoeiro TB41, seguido pela TB75 e os menores na TB90, seguidos pela TB87 e TB80. Tais resultados demonstram que o número de orifícios de alimentação e oviposição por adultos do bicudo na maioria das linhagens de algodoeiros testadas diferem daqueles observados a campo no primeiro experimento, indicando que na ausência de escolha, os bicudos tendem a aceitar e ovipositar em botões florais menos preferidos. Por outro lado, as menores quantidades de orifícios de oviposição observadas nas linhagens de algodoeiro TB90, TB87 e TB80 indicam um provável efeito de antibiose sobre as fêmeas do bicudo, já que a capacidade de postura em insetos é determinada pela oogênese, um processo biológico influenciado pela disponibilidade de nutrientes presentes no corpo da fêmea (WHEELER, 1996). Portanto, é provável que essas linhagens de algodoeiros com menores taxas de oviposição por fêmeas do bicudo contenham menores teores de açúcares em suas anteras. Os açúcares são carboidratos, responsáveis por fornecer energia rápida para os insetos para diversos processos metabólicos, incluindo a produção de ovos. Isto foi mostrado para linhagens de algodoeiros com ausência de galactose ou menores quantidades de açúcares (HEDIN e MCCARTY, 1990, 1995) na dieta de adultos do bicudo sem açúcares como, inositol e colina (VANDERZANT e RICHARDSON, 1964). Dessa forma, esforços para incorporar genes de resistência à oviposição das fêmeas do bicudo em linhagens comerciais de algodão com baixo teor de açúcar nas anteras pode ser bastante promissor em programas de melhoramento visando à resistência ao bicudo (HEDIN e MCCARTY, 1995).

Os resultados obtidos nessa pesquisa indicam que os principais mecanismos morfofisiológicos da resistência de raças primitivas de algodoeiros contra o bicudo estão relacionados às menores quantidades de glândulas de gossipole de nectários presentes, respectivamente, nas folhas e na base dos botões florais e as baixas quantidades de açúcares nas anteras dos botões florais dessas plantas. De tal maneira que as menores quantidades de glândulas de gossipol nas folhas de algodoeiros são importantes no processo de seleção do hospedeiro pelo bicudo porque produzem menos substâncias voláteis atrativas, enquanto que as menores quantidades de glândulas de nectários e de açúcares nos botões florais de algodoeiros atuam, respectivamente, como deterrente alimentar e por antibiose na redução da oviposição dos bicudos.

6. CONCLUSÕES

- No campo, os botões florais das linhagens de algodoeiro menos preferidas para alimentação por adultos do bicudo foram TB90 e BRS 187 8H e a menos preferida para oviposição foi TB80.
- Os botões florais das linhagens de algodoeiro com maiores emergências dos parasitoides *B. vulgaris* e *C. grandis* foi TB41.
- No teste com chance de escolha, a linhagem de algodoeiro com menor número de bicudos e de orifícios de alimentação foi TB41.
- No teste sem chance de escolha, as linhagens com menores números de orifícios de alimentação nos botões florais foram TB80 e TB41, e a linhagem com menor número de orifício de oviposição nos botões florais foi TB90.
- Os principais mecanismos morfofisiológicos da resistência das raças primitivas de algodoeiros testadas contra o bicudo estão relacionados às menores quantidades de glândulas de gossipole de nectários presentes, respectivamente, nas folhas e na base dos botões florais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.P.; SILVA, C.A.D; RAMALHO, F.S. Manejo integrado de pragas do algodão. p. 1034-1098. In: BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. (eds.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.2, 2008.

ANDRIES, J.A.; JONES, J.E.; SLOANE, L.W.; MARSHALL, J.G. Effects of okra leaf shape on boll rot, yield, and other important characters of upland cotton, *Gossypiumhirsutum*L. **Crop Science**, v.9, p 705-710, 1969.

BASTOS, C.S.; SUINAGA, F.A.; VIEIRA, R. de M.; LIMA, E.F. Resistência do algodoeiro a artrópodes-praga. p. 355-411. In: BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. (eds.). **O agronegócio do algodão no Brasil**, 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, 2008.

BATES, S.L.; WALKER, J.K.; SMITH, C.W. Studies of boll weevil resistance in two converted, day-neutral cotton race stocks. **Southwestern Entomologist**, v.16, p. 317-329, 1991.

BELL, A.A.; STIPANOVIC, R. D.; ELZEN, G. W.; WILLIAMS JR., H.J. p. 477- 490. In: WALLER, G.R. (ed.) "Allelochemicals, Role in Agriculture and Forestry," ACS Symposium Series no. 330. American Chemical Society: Washington, D.C., 1987.

BELTRÃO, N.E.M.; PEREIRA, J.R.; OLIVEIRA, J.N. 2001. Comportamento de cultivares precoces de algodão, com resistência ao bicudo em várias densidades de plantio no Cariri do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Algodão, Campo Grande, MS, 3p.

BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2ªed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 570p.

BRUBAKER, C.L.; PATERSON, A.H.; WENDEL, J.F. Reevaluating the origin of domesticated cotton (*Gossypiumhirsutum*) using nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). **American Journal of Botany**, v. 81, p. 1309-1326, 1994.

BRUCE, T.J.A; PICKETT, J.A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insect-finding the right mix. **Phytochemistry**, v. 72, p. 1605–1611. 2011.

CARVALHO, L.P. de; LUKEFAHR, M.J.; FARIAS, F.J.C.; VIEIRA, R. de M.; MOREIRA, J. de A.N.; COSTA, J.N. da. Seleção de algodoeiro com resistência ao bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p. 195-196, 1996.

CÉLERES. **Os benefícios econômicos da biotecnologia agrícola no Brasil: 1996/97 a 2012/2013**. 2013. Disponível em: http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/01/PressRelease2012_Economico.pdf. Acesso em: 24 de abril de 2014.

CHOH, Y.; KUGIMIYA, S.; TAKABAYASHI, J. Induced production of extrafloral nectar in intact lima bean plants in response to volatiles from spider mite-infested conspecific plants as a possible indirect defense against spider mites. **Oecologia**, v. 147, p. 455–60, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Levantamento de grãos 2015/2016. [S.l.] 2016. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 16-02-2016.

CORRÊA, J. R. V. Algodoeiro: Informações básicas para seu cultivo. Belém: Embrapa - UEPAE. 1989. 29 p. **Documentos**, 11.

CRAVEN, L.A.; STEWART, J.D.; BROWN, A.H.D.; GRACE, J.P. The Australian wild species of *Gossypium*. p. 278-281. In: CONSTABLE, G.A.; FORESTER, N.W. (eds.). **Challenging the future**: proceedings of the World Cotton Research Conference. CSIRO:Melbourne, Australia, 1994.

D'ALESSANDRO M., TURLINGS T. C. J. *In-situ* modification of herbivore-induced plant odors: a novel approach to study the attractiveness of volatile organic compounds to parasitic wasps. **Chemical Senses**, v.30, p. 739–753, 2005.

ELIAS, I. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. p. 174-203. In: BENTLEY, B.; ELIAS, T.S. (eds.) **The biology of nectaries**. New York: Columbia University Press, 1983.

ELZEN, G. W.; WILLIAMS, A. A.; BELL, R. D.; STIPANOVIC & S. B. VINSON. Quantification of volatile terpenes of glanded and glandless *Gossypium hirsutum* L. cultivars and lines by gas chromatography. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 33, p. 1079- 1082, 1985.

ELZEN, G. W.; WILLIAMS, H.J.; VINSON, S.B. Wind tunnel flight responses by the hymenopterous parasitoid *Camponotus norensis* to cotton cultivars and lines. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 42, p. 285-289, 1986.

EL-ZIK, K.M.; THAXTON, P.M. **Genetic improvement for resistance to pests and stresses in cotton**. p. 191–224. In: R.E. FRISBIE et al. (ed.) *Integrated pest management systems and cotton production*. John Wiley & Sons: New York, 1989.

FARIAS, F.J.C.; LUKEFAHR, M.J.; COSTA, J.N.; FREIRE, E.C. Comportamento de progênies oriundas de raças primitivas de algodão herbáceo frente ao ataque do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p. 2235-2240, 1999.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 536p.

FRIZZAS, M.R.; OLIVEIRA, C.M. **Plantas transgênicas resistentes a insetos e organismos não-alvo: predadores, parasitóides e polinizadores**. *Universitas: Ciências da Saúde*, v.4, p. 63-82, 2006.

GANNAWAY, J.R. **Breeding for insect resistance**, p. 431-450. In: G.A. Mathews & J.P. Tunstall (eds.), *Insect pests of cotton*. Wallingford, CAB International, 1994. 593p.

HARE, J.D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v.56, 161–180, 2011.

HEDIN, P.A.; MCCARTY JR., J.C. Boll weevil *Anthonomus grandis* Boh. oviposition is decreased in cotton *Gossypium hirsutum* L. lines lower in anther monosaccharides and gossipol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p. 2735-2739, 1995.

HEDIN, P.A.; MCCARTY JR., J.C. Possible roles of cotton bud sugars and terpenoids in oviposition by the boll weevil. **Journal of Chemical Ecology**, v.16, p. 757-772, 1990.

HEDIN, P.A.; MILES, L.R.; THOMPSON, A.C.; MINYARD, J.P. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 16, p. 505- 513, 1968.

HEIL, M. Indirect defence via tritrophic interactions. **New Phytologist**, v.178, p. 41–61, 2008.

HINDS, W.E. Proliferation as a factor in the natural control of the Mexican cotton boll weevil. U.S.D.A. **Bureau of Entomology**, Bulletin 59. 1906.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 16-02-2016.

JENKINS, J.N. 1976. Boll weevil resistant cotton varieties. Davich, T B Chairman: **United States Department of Agriculture: Boll weevil suppression, management, and elimination technology. Proceedings of a conference**, February 13-15, 1974, Memphis, Tennessee: 45-49.

JENKINS, J.N., MAXWELL, F.G.; LAFEVER, H.N. The comparative preference of insects for glanded and glandless cottons. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, p. 352-356, 1969.

JENKINS, J.N.; PARROTT, W.L. Effectiveness of frego bract as a boll weevil resistance character in cotton. **Crop Science**, v.11, p. 739-743, 1971.

JONES, J.E. **Effect of morphological characters of cotton on insects and pathogens**. In: Beltwide cotton production research, 1972, Memphis. Proceedings. Memphis: National Cotton Council, 1972. p. 88-92.

KOST, C.; HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defence in neighbouring plants. **Journal of Ecology**, v.94, p. 619–28, 2006.

LEELAVATHI, S.. A simple and rapid *Agrobacterium*-mediated transformation protocol for cotton (*Gossypiumhirsutum* L.): embryogenic calli as a source to generate large numbers of transgenic plants. **Plant Cell Reports**, v. 22, p. 465–470, 2004.

LI, T; HOLOPAINEN, J.K.; KOKKO, H.; TERVAHAUTA, A.I.; BLANDE, J.D. Herbivore-induced aspen volatiles temporally regulate two different indirect defences in neighbouring plants. **Functional Ecology**, v.26, p.1176–85, 2012.

LUTTRELL, R G.; FITT, G.P.; RAMALHO, F.S.; SUGONYAEV, E.S. Cotton Pest Management: Part 1. A Worldwide Perspective. **AnnualReviewofEntomology**, v.39, p. 517-526, 1994.

MACEDO, L. P. M.; CUNHA, U. S.; VENDRAMIM, J. D. Gossipol: fator de resistência a insetos praga. **Campo Digital**, v.2, p. 34-42, 2007.

MALEIA, M. P. **Produtividade e divergência genética de cultivares comerciais de algodão (*Gossypiumhirsutum*L.raça latifolium H.) em Moçambique.** 94f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento). Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.

MAREDIA, K.M., WADDLE, B.A.; TUGWELL, N.P. Evaluation of rolled (Frego) bract cottons for tarnished plant bug and boll weevil resistance. **Southwestern Entomologist**, v.18, p. 219-227, 1993.

MARTUS, S. de. S. **Germinação, emergência da plântula, produtividade e qualidade da fibra de *Gossypiumhirsutum*L.cv.dp. 660 sob ação de bioestimulante.** 45f. Dissertação(Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2008.

MAXWELL, F.G.; JENKINS, J.O.; PARROTT, W.L.; BUFORD, W.T. Factors contributing to resistance and susceptibility of cottonand other hosts to the boll weevil.**Entomologia ExperimentalisetApplicata**, v.12, p. 801-810, 1969.

McGOVERN, W.L.; CROSS. W.H. Effects of two cotton varieties on levels of boll weevil parasitism [Col.: Curculionidae].**Entomophaga**, v.21, p. 123-125, 1986.

MEYER, V.G. Cytoplasmatic effects on another numbers interspecific hybrids of cotton. **Journal of Heredity**, v.56, p. 292-294, 1969.

MEYER, V.G. Cytoplasmatic effects on another numbers interspecific hybrids of cotton II. *Gossipiumherbaceum* and *G. harknessi*. **Journal of Heredity**, v.62, p. 77-78, 1971.

MEYER, V.G. Cytoplasmatic effects on another numbers interspecific hybrids of cotton III. *Gossipiulongicalyx*. **Journal of Heredity**, v.63, p. 33-34, 1972.

MITCHELL, H.C., CROSS, W.H., McGoVERN, W.L.; DAWSON, E.M. Behavior of the bolt weevil on frego bract cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.66, p. 677-680, 1973.

MORALES, L.; CENA, P.; MENDES NETO, F.P.; COSTA, S.F.; OLIVEIRA, F.T. de. Resistência de genótipos de algodoeiro a *Anthonomusgrandis* Boh., *Frankliniella* sp. e *Aphisgossypii* Glover. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.26, p. 93-97, 1997.

NEVES, O.S. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. 567p.

NILES, G.A. **Breeding cotton for resistance to insect pests**. p. 337-369. In: MAXWELL, F. G.; JENNINGS, P. R. (Eds). *Breeding plants resistant to insects*. New York: John Wiley, 1980.

PANDA, N.; KHUSH, G.S. **Host plant resistance to insects**. Oxford: Oxford University Press, 1995. 448p.

RAJASEKARAN, K.; HUDSPETH, R.L.; CARY, J.W.; ANDERSON, D.M.; CLEVELAND, T.E. High-frequency stable transformation of cotton (*Gossypiumhirsutum* L.) by particle bombardment of embryogenic cell suspension cultures. **PlantCellReports**, v.19, p.539-545, 2000.

RAMALHO, F. S.; GONZAGA, J. V.; SILVA, J. R. B. Método para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 877-887, 1993.

RAMALHO, F.S. Cotton pest management. Part 4.A Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 563-578, 1994.

RAMALHO, F.S.; JESUS, F.M.M. Evaluation of electrodynamic and conventional insecticides against cotton boll weevil and pink bollworm. **International Pest Control**, v. 31, p. 56-60, 1989.

RECH, E.L.; VIANNA, G.R.; ARAGÃO, F.J.L. High-efficiency transformation by biolistics of soybean, common bean and cotton transgenic plants. **Nature protocols**, v.3, p. 1-9, 2008.

REDDY, P.C.S. **Effects of three leaf shape genotypes of *Gossypium hirsutum* L. and row types on plant microclimate, boll weevil survival, boll root and important agronomic characters.** Thesis (PhD. in Entomology). Louisiana State University, Los Angeles, USA. 1974. 184p.

RICHETTI, A., G.A. MELO Filho, F.M. LAMAS, L.A. STAUF & A.C. FABRÍCIO. 2004. **Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.** Embrapa Pecuária Oeste, Dourados, MS, 16p.

RODRIGUES, J.C.J. **Algodão no Brasil: mudança, associativismo e crescimento.** p. 21-37. In: FREIRE, E.C. (ed.). **Algodão no cerrado do Brasil.** ABRAPA, Brasília, DF: Gráfica e Editora Positiva. 2015.

RÖSE, U.S.R.; LEWIS, W.J.; TUMLINSON, J.H. Extrafloral nectar from cotton (*Gossypium hirsutum*) as a food source for parasitic wasps. **Functional Ecology**, v. 20, p. 67-74, 2006.

RÖSE, U.R.S.; LEWIS, W.J., TUMLINSON, J.H. Specificity of systemically released cotton volatiles as attractants for specialist and generalist parasitoid wasps. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, p.303-319, 1998.

RUDGERS, J.A.; STRAUSS, S.Y.; WENDEL, J.F. Trade-offs among anti-herbivore resistance traits: insights from *Gossypieae* (Malvaceae). **American Journal of Botany**, v. 91, p. 871-880, 2004.

SARAN, P.E.; SANTOS, W.J. **Manual de pragas do algodoeiro**. Campinas: FMC Agrícola, 2007. 300p.

SCHUSTER, M.F.; LUKEFAHR, M.J.; MAXWELL, F.G. **Journal of Economic Entomology**, v.69, p. 400-402, 1981.

SHOWLER, A.T. Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.95, p.754-762, 2002.

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

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

SHOWLER, A.T. Relationships of different cotton square sizes to boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) feeding and oviposition in field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 1572-1579, 2005.

SHOWLER, A.T., GREENBERG, S.M.; SCOTT, Jr., A.W.; ROBINSON, J.R.C. Effects of planting dates on boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) and cotton fruit in the subtropics. **Journal of Economic Entomology**, v.98, p. 796-804, 2005.

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

SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S. Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Pest Science**, v.88, p. 563-569, 2013.

SILVA, F.P.; BEZERRA, A.P.L.; SILVA, A.F. Oviposição e alimentação do bicudo, *Anthonomusgrandis*Boheman, em linhagens mutantes de algodoeiro herbáceo de cultura de soca.**Revista Ciência Agronômica**, v.39, p. 85-89, 2008.

SILVA, I.P.F.; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypiumhirsutum*L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.10, 2011.

SILVA, J. B. **Interação de *Anthonomusgrandis* BOH. (Coleoptera: curculionidae) e genótipos de algodoeiro a resposta biológica e comportamental**. 86f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SMITH, C.W. History and status of host plant resistance in cotton to insects in the United States. **Advances in Agronomy**, v.48, p. 251-296, 1992.

SOARES, J.J.; LARA, F.M. Resistência do algodoeiro herbáceo a *Anthonomusgrandis*Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) e interações com inseticida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p. 1129-1135, 1993.

STYRSKY, J.D.; KAPLAN, I.; EUBANKS, M.D. Plant trichomes indirectly enhance tritrophic interactions involving a generalist predator, the red imported fire ant.**BiologicalControl**, v.36, p. 375-384, 2006.

TORRES, J.B. Controle de pragas do algodoeiro: expectativas de mudanças. **Ciência Agrícola**, v.8, p. 37-49, 2008.

VENDRAMIM, J.D. O controle biológico e a resistência de plantas. p. 511-519. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002.

VANDERZANT, E. S.; C. D. RICHARDSON. 1964. Nutritionoftheadultbollweevil: Lipidrequirements. **J. InsectPhusiol**, 10: 267-272

VIDAL NETO, F. das C.; SILVA, F.P. da; BLEICHER, E.; MELO, F.I.O. Mutantes morfológicos de algodoeiro herbáceo como fonte de resistência ao bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p. 123-128, 2005.

WALKER, J.K.; NILES, G.A.; GANNAWAY, J.R.; BRADSHAW, R.D.; GLODT, R.E. Narrow row planting of cotton genotypes and boll weevil damage. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 249-253, 1976.

WHEELER, D. The role of nourishment in oogenesis. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.407-431, 1996.

YOUNIS, H.M.; DARRAG, H. Terpenoid aldehydes in Egyptian cotton cultivars. **The FASEB Journal**, v. 21, p. 999-1000, 2007.

ZALUCKI, M.P.; CLARKE, A.R.; MALCON, S.B. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**. v. 47, p. 361–393, 2002.