



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

BRUNA LAÍS NASCIMENTO ALVES

**SELEÇÃO DOS GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS COM BASE NO CRESCIMENTO
COMPENSATÓRIO DOS BOTÕES FLORAIS EM RESPOSTA AO DANO
OCASIONADO PELO BICUDO**

CAMPINA GRANDE-PB

2020

BRUNA LAÍS NASCIMENTO ALVES

**SELEÇÃO DOS GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS COM BASE NO CRESCIMENTO
COMPENSATÓRIO DOS BOTÕES FLORAIS EM RESPOSTA AO DANO
OCASIONADO PELO 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: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva

CAMPINA GRANDE-PB

2020

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

A474s Alves, Bruna Laís Nascimento.
Seleção dos genótipos de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais em resposta ao dano ocasionado pelo bicudo [manuscrito] / Bruna Laís Nascimento Alves. - 2020.
40 p.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2020.
"Orientação : Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva, Embrapa Algodão ."
1. Anthonomus grandis. 2. Gossypium hirsutum. 3. Resistência de plantas. 4. Algodoeiro. I. Título
21. ed. CDD 633.51

BRUNA LAÍS NASCIMENTO ALVES

**SELEÇÃO DOS GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS COM BASE NO CRESCIMENTO
COMPENSATÓRIO DOS BOTÕES FLORAIS EM RESPOSTA AO DANO
OCASIONADO PELO BICUDO**

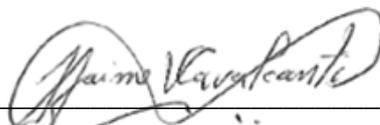
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias
/Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 05 de Março de 2020

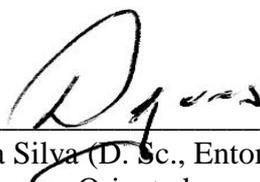
BANCA EXAMINADORA



Robério de Oliveira (Dr., Agronomia) – UFPB



Prof. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (D. Sc., Biologia molecular) – CNPA - Embrapa Algodão



Prof. Carlos Alberto Domingues da Silva (D. Sc., Entomologia) – CNPA- Embrapa Algodão
Orientador

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus por me conceder a vida e permitir essa realização.

Aos meus pais Lourivaldo e Rozimere, por todo apoio, incentivo e confiança em mim depositada. E aos meus irmãos Rosa Luíza e João Paulo, por torcerem por essa concretização.

Ao meu companheiro e esposo Manoel Neto, pela compreensão e paciência constante em todos os momentos. E pela ajuda indispensável.

E aos demais familiares por todo carinho e ajuda. Em especial aos meus avós Luíza Fernandes, José do Nascimento e Rosa do Nascimento (*in memoriam*), a qual serei eternamente grata, por me instruírem a ter dedicação e determinação, nas metas impostas.

A Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, instituição a qual o Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias está vinculado.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, por todo o aprendizado e comprometimento em sala de aula.

Meu reconhecimento ao orientador Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva, pessoa de grande conhecimento e personalidade. Agradeço imensamente pela atenção dispensada às orientações, as valiosas sugestões, transmissão de conhecimentos, toda disponibilidade e realização deste trabalho de pesquisa.

A Embrapa Algodão pelo espaço concedido e pelo suporte à condução da pesquisa, executada no campo experimental, casa de vegetação e laboratório.

A todos do Laboratório de Entomologia que de forma direta ou indireta demonstraram empenho na realização da pesquisa. E pela amizade formada, jamais os esquecerei: Tardelly, Josivaldo, Antônio, Airton, Eduardo, Ruth, Thiele e Rayanne.

A Rayanne Ferreira, a qual foi companheira de turma, de pesquisa e pela qual criamos um vínculo, sou grata por cada momento durante a pesquisa, sua disponibilidade foi indispensável.

A todos os colegas de turma, pela convivência, interação e partilha de conhecimentos. Os quais serão sempre lembrados.

As amigas Anne Caroline e Márcia Paloma, pela ajuda e disponibilidade nos momentos que mais precisei.

A banca examinadora por total disponibilidade, pelas correções e argumentações, imprescindíveis na construção deste trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro para concretização dessa pesquisa.

E a todos que contribuíram ou deram apoio para tal realização, mais uma conquista na minha vida acadêmica, me proporcionando conhecimento e qualificação.

ALVES, Bruna Laís Nascimento. M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Fevereiro de 2020. **Seleção de genótipos de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais em resposta ao dano ocasionado pelo bicudo.** Campina Grande, PB, 2020. Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva.

RESUMO

O bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman é a principal praga do algodoeiro, causador de danos severos à produção, se medidas de controle não forem adotadas. O bicudo pode ser controlado pela utilização de cultivares de algodoeiros tolerantes. Plantas de algodão desenvolveram uma série de mecanismos diretos e indiretos contribuindo para sua resistência e a capacidade de tolerar e/ou compensar à injúria provocada por insetos-praga sobre suas estruturas reprodutivas. A presente pesquisa teve por objetivo selecionar genótipos de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais em resposta ao dano ocasionado pelo bicudo. O primeiro experimento visou selecionar genótipos de algodoeiros com maior crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente da planta. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2, representado pelos genótipos de algodão FM975WS, TMG81WS, IMA6501B2RF e BRS432B2RF, com remoção de 100% dos botões florais aos 50, 70 e 90 dias após a emergência das plantas e pelos tipos de produção, passiva (testemunha, sem remoção) e ativa (com remoção) de botões florais, com quatro repetições. No segundo experimento, foram avaliados os danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos TMG81WS e BRS432B2RF, com maior e menor crescimento compensatório dos botões florais após sua remoção aos 50 dias de idade das plantas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2, representado pelos genótipos supracitados e pelas pulverizações com carbamato ou sem pulverização (testemunha). Observou-se que o genótipo de algodoeiro com maior crescimento compensatório dos botões florais foi TMG81WS, principalmente após sua remoção artificial aos 50 e 70 dias de idade das plantas. O crescimento compensatório dos botões florais nos genótipos de algodão aumenta de forma crescente ao longo do período de produção exponencial de botões florais e pode ser utilizado para selecionar genótipos tolerantes ao dano provocado pelo bicudo em áreas de produção de algodão orgânico e/ou agroecológico.

Palavras chave: *Anthonomus grandis*. *Gossypium hirsutum*. resistência de plantas a insetos.
tolerância.

ALVES, Bruna Laís Nascimento. M.Sc. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. February 2020. **Selection of cotton genotypes based on the compensatory growth of flower buds in response to the damage caused by the weevil.** Campina Grande, PB, 2020. Advisor: Prof. Carlos Alberto Domingues da Silva.

ABSTRACT

The cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman is the main pest of cotton, causing severe damage to production, if control measures are not adopted. The boll weevil can be controlled by the use of tolerant cotton cultivars. Cotton plants have developed a series of direct and indirect mechanisms contributing to their resistance and the ability to tolerate and/or compensate for injury caused by insect pests on their reproductive structures. The present research aims to select cotton genotypes based on the compensatory growth of cotton squares in response to the damage caused by the boll weevil. The first experiment aimed to select cotton genotypes with greater compensatory growth of the cotton squares artificially removed from the plant. The experimental design was randomized blocks, in a 4 x 2 factorial scheme, represented by the cotton genotypes FM975WS, TMG81WS, IMA6501B2RF and BRS432B2RF, with 100% removal of cotton squares at 50, 70 and 90 days after emergence of plants and by the types of production, passive (control, without removal) and active (with removal) of squares, with four replications. In the second experiment, the damage caused by the boll weevil on the genotypes TMG81WS and BRS432B2RF was evaluated, with greater and lesser compensatory growth of cotton squares after their removal at 50 days of age. The experimental design was randomized blocks, in a 2 x 2 factorial scheme, represented by the above-mentioned genotypes and by the sprayings with carbamate or without spraying (control). It was observed that the cotton genotype with the highest compensatory growth of cotton squares was TMG81WS, mainly after its artificial removal at 50 and 70 days of age. The compensatory growth of the cotton squares in genotypes increases steadily over the period of exponential of the cotton squares production and can be used to select genotypes tolerant to the damage caused by the boll weevil in areas of organic and/or agroecological cotton production.

Keywords: *Anthonomus grandis*. *Gossypium hirsutum*. plant resistance to insects. tolerance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem média de plantas de algodão com botões florais danificados pelo bicudo com orifício de alimentação e/ou oviposição, número médio de maçãs e produção de algodão em caroço (g) por planta em função dos tratamentos e genótipos de algodoeiros.....	29
---	-----------

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Média do número total de botões florais removidos das plantas de algodão aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade..... **24**
- Figura 2.** Média do número total de botões florais repostos pelos genótipos de algodão após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade..... **25**
- Figura 3.** Média do número total de botões florais produzidos ativamente (barra cinza) e passivamente (barra branca) pelos genótipos de algodão após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade..... **26**
- Figura 4.** Compensação de botões florais (%) pelos genótipos de algodoeiros após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade..... **28**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Resistência de plantas ao bicudo do algodoeiro.....	14
2.2. Melhoramento de algodoeiros para resistência aos insetos-praga.....	15
2.3. Crescimento compensatório do algodoeiro.....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1. Local do estudo.....	19
3.2. Genótipos de algodoeiro.....	19
3.3. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais.....	19
3.4. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros.....	20
3.5. Análise dos dados.....	22
4. RESULTADOS	23
4.1. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais.....	23
4.2. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros.....	27
5. DISCUSSÃO	30
5.1. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais.....	30
5.2. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros.....	31
6. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L. é a espécie mais importante cultivada no mundo. No Brasil, existe uma expectativa de que a produção brasileira chegue 27,39 milhões de toneladas, resultado que significaria um aumento de 5,4% no volume produzido para a safra 2019/2020 (CONAB, 2019). A produtividade média estimada das lavouras de algodão deverá ser de 1.658 Kg/ha e alcançar 1,70 milhões de hectares de área plantada (CONAB, 2020). O Brasil ocupa a quarta colocação no “*ranking*” e responde por 10,6% da produção total global, sendo os maiores produtores a Índia, China e Estados Unidos, conforme o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2020).

O algodoeiro é atacado por diversas espécies de artrópodes-praga, dentre os quais se destaca o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). O bicudo possui uma extraordinária capacidade de reprodução e é um inseto de reprodução sexuada. No ciclo normal da cultura, que dura de 150 a 170 dias, este inseto pode produzir de três a sete gerações, cada uma em torno de 12 a 17 dias dependendo das condições de umidade e temperatura, sendo considerado desta forma uma das pragas mais dinâmicas e agressivas de que se tem conhecimento (RAMALHO e WANDERLEY, 1996). O potencial do bicudo em causar perdas à produção advém do fato do inseto se alimentar, ovipositar e desenvolver no interior das estruturas reprodutivas do algodoeiro (PRAÇA, 2007).

Dentre os vários métodos que podem ser empregados para controlar o bicudo, destaca-se aquele que se utiliza de variedades resistentes. No Brasil, o principal programa de melhoramento convencional visando à obtenção de algodoeiros resistentes ao bicudo foi desenvolvido pela Embrapa Algodão ao final da década de 1980, utilizando raças primitivas de algodoeiros do México e América Central (CARVALHO et al., 1996; FARIAS et al., 1999). Esse programa se concentrava basicamente no desenvolvimento de cultivares de algodoeiro de ciclo curto e rápida maturação para reduzir o tempo de exposição das plantas, a colonização e infestação de insetos-praga, particularmente o bicudo (SILVA e ALMEIDA, 1998). Em anos recentes, os programas de melhoramento convencional foram praticamente abandonados por causa dos recentes avanços observados na área de engenharia genética e consequente disponibilização de cultivares de algodoeiros *Bt* transgênicas resistentes aos lepidópteros-praga. No entanto, essas cultivares não dispensa pulverizações de inseticidas para combater o bicudo e assim, acabam por aumentar os custos de produção do algodão.

Sendo assim e considerando as dificuldades técnicas encontradas na obtenção de cultivares de algodoeiros geneticamente modificados 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. O algodoeiro tem uma capacidade conhecida de tolerar e/ou compensar à injúria provocada por insetos-praga sobre suas estruturas reprodutivas. Essa capacidade de compensação depende de vários fatores, que incluem o momento e a intensidade da injúria, a idade fisiológica da estrutura injuriada, a cultivar de algodão e o ambiente em que o algodão é cultivado (SADRAS, 1995). No entanto, não existem pesquisas utilizando essas informações para a seleção de genótipos de algodoeiro com base na sua tolerância ou crescimento compensatório de botões florais danificados pelo bicudo. Partiu-se da hipótese de que existe variabilidade genética entre genótipos de algodoeiro para produzir ativamente maior número de botões florais em resposta ao ataque *A. grandis*. Essa característica de resistência do algodoeiro é de fundamental importância para o manejo integrado de pragas e poderá oferecer importantes informações para o controle do bicudo, com uma nova abordagem sobre os trabalhos de melhoramento de plantas visando à resistência contra essa praga.

Por essa razão, o objetivo desta pesquisa foi selecionar genótipos de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais em resposta ao dano ocasionado pelo bicudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Resistência de plantas aos insetos-praga

Ao longo 400 milhões de anos, as plantas e os insetos têm coexistido e desenvolveram interações refinadas que afetam ambos os organismos em todos os níveis, desde os bioquímicos básicos até as genéticas de populações (FÜRSTENBERG-HÄGG et al., 2013). Sob a perspectiva da resistência de planta a insetos, uma planta é considerada resistente quando sofre menor injúria a um determinado inseto fitófago em relação a outras plantas, consideradas suscetíveis em igualdade de condições, devido à presença de um gene ou conjunto de genes responsáveis pela expressão de caracteres fenotípicos que conferem à planta essa condição de resistência (PAINTER, 1968; LARA, 1991; BUSOLI et al., 2015). As características da resistência podem ser diretas (intrínseca), na qual as plantas investem em defesa contra herbívoros, ou indireta (extrínseca), quando a redução na herbivoria ocorre pelo investimento da planta em interações com outras espécies (PRICE et al., 1980; CORTESERO et al., 2000; KENNEDY, 2003).

O mecanismo de defesa constitutiva é composto por estruturas morfológicas e compostos químicos que dificultam o acesso dos herbívoros às plantas, podendo ainda influenciar alguns parâmetros do ciclo biológico, como o desenvolvimento e a reprodução dos insetos (COLEY e BARONE, 1996; KARBAN e BALDWIN, 1997; LUCAS et al., 2000) e ácaros (FADINI et al., 2004), agindo de forma contínua. Algumas plantas podem ser menos atraentes para espécies de pragas ou tolerar mais danos do que outras. Tamanho da planta, forma, coloração, pêlos foliares, espessura da cutícula e produtos químicos naturais (atrativos e repelentes) podem afetar a suscetibilidade a pragas (FÜRSTENBERG-HÄGG et al., 2013; LU et al., 2016). Compostos químicos podem ser encontrados em várias estruturas vegetais e em concentrações ou quantidades variadas de acordo com seu estágio de desenvolvimento, tais como: monoterpenos, e substâncias tóxicas (proteínas e aminoácidos, compostos cianogênicos, alcalóides e saponinas) (COLEY e BARONE, 1996; GOULD, 1998).

Assim, esses fatores que determinam a resistência das plantas hospedeiras ao estabelecimento dos insetos fitófagos são hereditários e operam de maneira combinada, e tendem a tornar a planta inadequada para a utilização desses organismos e, embora vários pesquisadores tenham tentado classificar o mecanismo de resistência, o termo definido por Painter (1968) - não preferência, antibiose e tolerância - foi amplamente aceito (KOGAN e ORTMAN, 1978; PANDA e KHUSH, 1995).

A antixenose ou não preferência é o mecanismo de resistência empregado pelas plantas para impedir ou reduzir a colonização dos insetos fitófagos (PANDA e KHUSH, 1995). Na antibiose, os insetos se alimentam normalmente das plantas e esta exerce um efeito adverso sobre sua biologia, com reflexos na sobrevivência, desenvolvimento e reprodução (PAINTER, 1968; LARA, 1991). A tolerância, por sua vez, é uma característica genética da planta que a torna capaz de suportar ao ataque de uma determinada população de insetos-praga, quer seja pela regeneração dos tecidos destruídos, emissão de novos ramos ou perfilhos, ou por outro meio qualquer, sem haver perda de rendimento econômico ou redução da qualidade do produto comercializável (PANDA e KHUSH, 1995). Esse tipo de resistência depende, exclusivamente, da planta e não atua sobre o inseto (PAINTER, 1968; LARA, 1991). Normalmente é possível observar diferentes níveis de respostas das plantas ao ataque de determinado inseto, de modo que diferentes graus de resistência podem ser atribuídos.

Assim, a manifestação da resistência pode estar condicionada a fatores da própria planta, ao inseto-praga e ao ambiente. A vulnerabilidade das plantas ao ataque de insetos-praga depende, portanto, da idade e local da infestação na planta, fases do seu ciclo fenológico e das suas reações à injúria ocasionada por esses artrópodes. No que diz respeito aos insetos, o grau de resistência das plantas depende da sua fase de desenvolvimento e idade, bem como da espécie, raça ou biótipo (BUENO et al., 2006). Outros fatores importantes são o acondicionamento pré-imaginal e o tamanho da população desses organismos.

2.2. Melhoramento de algodoeiros para resistência ao bicudo do algodoeiro

O bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é considerado praga-chave do algodoeiro nas Américas (SALVADOR et al., 2014). O potencial do bicudo em causar perdas à produção do algodão advém do fato do inseto se alimentar, ovipositar e desenvolver-se no interior dos botões florais e pequenas maçãs dessa planta (PRAÇA, 2007; SILVA e RAMALHO, 2013; SILVA e SILVA, 2015). A planta atacada apresenta desenvolvimento vegetativo anormal e suas estruturas reprodutivas destruídas comprometendo a produção e a qualidade da fibra (SHOWLER, 2008; SILVA e RAMALHO, 2013). Estima-se que os prejuízos econômicos ocasionados pelo bicudo à cotonicultura brasileira variam de 51 a 74 milhões de dólares por ano (OLIVEIRA et al., 2013).

Dentre os vários métodos que podem ser empregados para controlar o bicudo, destaca-se aquele que se utiliza de variedades resistentes. Plantas de algodão desenvolveram uma série de

mecanismos diretos e indiretos que contribuem para a sua resistência contra artrópodes herbívoros em ecossistemas naturais (HAGENBUCHER et al., 2013).

A incorporação de características morfológicas como pilosidade, folhas “okra”, brácteas frego e coloração vermelha da planta, pode proporcionar certo grau de resistência direta às plantas de algodão contra o bicudo (SILVA et al., 2008). Além dessas características morfológicas do algodoeiro, 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 (HARE, 2011). Esses mecanismos podem afetar o terceiro nível trófico resultando em interações tritróficas (HEIL, 2008).

No Brasil, o principal programa de melhoramento convencional visando à obtenção de algodoeiros resistentes ao bicudo foi desenvolvido pela Embrapa Algodão ao final da década de 1980, utilizando raças primitivas de algodoeiros do México e América Central (CARVALHO et al., 1996; FARIAS et al., 1999). As linhagens obtidas apresentavam menores taxas de botões florais danificados com orifícios de alimentação, oviposição e de emergência de adultos do bicudo (CARVALHO et al., 1996; FARIAS et al., 1999). Esse programa, também, foi responsável pela geração das cultivares de algodão CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2 e CNPA Precoce 3, que apresentavam ciclo curto, rápida frutificação e adequada produtividade, características indispensáveis para a convivência com o bicudo.

2.3. Crescimento compensatório do algodoeiro

Os ecologistas estudaram milhares de interações planta-herbívoro para entender melhor como os herbívoros afetam o crescimento e a aptidão das plantas (TURCOTTE et al., 2014). A herbivoria é frequentemente prejudicial para as plantas (CRAWLEY, 1989, BIGGER e MARVIER, 1998; MASSAD, 2013), mas as plantas também podem tolerar lesões (MCNAUGHTON, 1983). Tolerância, ou compensação, é uma estratégia de defesa da planta para manter o crescimento e a adequação após os danos (PAINTER, 1958). As plantas sofrem alterações morfológicas e fisiológicas, como aumento de ramificações, aumento da fotossíntese e armazenamento de metabólitos modificados após herbivoria para mitigar essas lesões (PRINS e

VERKAAR, 1992; TIFFIN, 2000). Em alguns casos, essas alterações podem resultar em supercompensação, em que as plantas danificadas têm maior aptidão do que as plantas não danificadas (AGRAWAL, 2000).

O algodoeiro tem uma capacidade conhecida de tolerar e/ou compensar à injúria provocada por insetos-praga sobre suas estruturas reprodutivas. Essa capacidade de compensação depende de vários fatores, que incluem o momento e a intensidade da injúria, a idade fisiológica da estrutura injuriada, a cultivar de algodão e o ambiente em que o algodão é cultivado (SADRAS, 1995). A floração e frutificação do algodão continua cerca de dois a três meses e produz uma grande quantidade de botões florais, flores e maçãs neste período. No entanto, a maioria dessas estruturas reprodutivas é perdida por abscisão desde o início do abotoamento até a colheita (DEMIRBILEK e ÖZEL, 2015). A abscisão ocorre geralmente por razões fisiológicas ou por causa do ataque de insetos-praga. Sua intensidade e duração são importantes para o rendimento final e a precocidade (HEITHOLT, 1993; DEMIRBILEK e ÖZEL, 1999). Diversos estudos têm sido conduzidos para simular a abscisão de botões florais (EID, 1973; PAN et al., 1987; PETTIGREW et al., 1992, 1993; HEITHOLT, 1997; MANN et al., 1997; SADRAS, 1998; HOLMAN e OOSTERHUIS, 1999; COOK e KENNEDY, 2000), flores (PATTERSON et al., 1978; AVIRAM e RIMON, 1980; AHMED e ABDEL-AL, 1988; UNGAR et al., 1989; JONES et al., 1996a; JONES et al., 1996b; WELLS, 2001) e de botões florais, flores e maçãs em conjunto (MORTON, 1979; GUINN, 1985; UNGAR e al., 1987; DESHMUKH et al., 1988; MORENO-ALVARADO et al., 1990; GUINN e BRUMMETT, 1992; PETTIGREW, 1994; SADRAS, 1996) nos diferentes estágios, períodos e durações do ciclo de cultivo do algodoeiro. A maioria desses estudos, porém, tem se concentrado na remoção precoce, particularmente de botões florais, para simular os danos causados por insetos-praga, mas há resultados diferentes sobre as remoções tardias dessas estruturas reprodutivas. Ensaio conduzido por Morton (1979), Pan et al. (1987) e Demirbilek e Özel (2015), por exemplo demonstraram não haver diferenças na compensação de botões florais quando essas estruturas vegetais são removidas manualmente no início ou no final do período de florescimento do algodoeiro.

Nesses estudos, os pesquisadores visaram determinar o impacto dessa abscisão simulada sobre o rendimento e a qualidade das fibras do algodoeiro. No entanto, não existem pesquisas utilizando essas informações para a seleção de genótipos de algodoeiro com base na sua tolerância ou crescimento compensatório de botões florais danificados pelo bicudo. Essa característica de resistência do algodoeiro é de fundamental importância para o manejo integrado de pragas e poderá oferecer importantes informações para o controle do bicudo, com uma nova abordagem sobre os trabalhos de melhoramento de plantas visando à resistência contra essa

praga. Isto se deve ao fato do algodoeiro poder compensar a perda de botões florais de menor porte mais facilmente do que as estruturas de frutificação maiores, porque a planta investiu pouco tempo ou energia em sua produção (STEWART et al., 2001). Em contraste, injúrias e abscisões de frutos (maçãs), especialmente maçãs grandes, representam uma perda muito maior de investimento para a planta e, em muitos ambientes produtores de algodão, deixam pouco tempo para a planta compensar essa injúria. Finalmente, cultivares que possuem resistência por não preferência ou antibiose poderão perder a habilidade em manter uma dada praga em baixas densidades populacionais, o mesmo não sendo verificado em relação a cultivares que apresentam resistência do tipo tolerância (BASTOS et al., 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação sem acesso ao bicudo e no campo em área experimental na Embrapa Algodão, em área com histórico de ocorrência do bicudo, localizados no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, no ano de 2019. Foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento visou selecionar algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente da planta, sem mensurar abscisão natural. No segundo avaliar os danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros previamente selecionados no primeiro experimento.

3.2. Genótipos de algodoeiro

Sementes dos genótipos de algodoeiros FM975WS e TMG81WS com ciclo tardio e os genótipos IMA6501B2RF e BRS432B2RF com ciclo médio a tardio obtidos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Algodão, foram semeadas em saquinhos 9 x 18 cm para produção de mudas e transplantadas em casa de vegetação em uma área de 65,6 m² (4 m largura x 16,4 m de comprimento) para o primeiro experimento e de 200 m² (10 m largura x 20 m de comprimento) para o segundo experimento. Esses genótipos foram escolhidos por apresentarem ciclo semelhante, produtividade média superior a 300 @/ha de algodão em caroço e por serem as mais plantadas pelos produtores brasileiros localizados no bioma Cerrado.

3.3. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais

A seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente da planta foi determinada em casa de vegetação para evitar o ataque do bicudo, lagartas de lepidópteros-praga e do percevejo manchador.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2, representado pelos quatro genótipos de algodão supramencionados, com remoção de 100% dos botões florais aos 50, 70 e 90 dias após a emergência das plantas e pelos tipos de produção passiva (testemunha, sem remoção) e ativa (com remoção) de botões florais, com quatro repetições (blocos). Os botões florais foram removidos uma única vez em cada período pré-estabelecido.

A média do número total de botões florais produzidos (M_{ntbp}) foi determinada, somando-se a média do número total de botões florais produzidos por cada genótipo após sua remoção no período x, a média do número total de botões florais removidos por este genótipo neste mesmo período.

A média do número total de botões florais produzidos ativamente (M_{ntbpa}) em cada período de remoção x foi calculado utilizando-se a equação: $M_{ntbpa} = \frac{(M_{ntbp} - M_{ntbpp})}{(100 - M_{ntbpp})} \times 100$ adaptada de Abbott (1925), onde M_{ntbpp} é a média do número total de botões florais produzidos passivamente (testemunha, sem remoção) contabilizados no mesmo período de remoção x.

A compensação é a porcentagem da média do número total de botões florais produzidos ativamente em determinado período de remoção dividido pela média do número total de botões florais produzidos por genótipo neste mesmo período e foi estimada utilizando-se a equação:

$$C_{omp} = \frac{M_{ntbpa}}{M_{ntbp}} \times 100.$$

As parcelas foram compostas por uma fileira de algodão com 4 m de comprimento, cada uma com os quatro genótipos citados, plantados no espaçamento de 0,90 m x 0,10 m (110.000 plantas ha⁻¹). Em cada metro de fileira, todos os botões florais produzidos pelos genótipos de algodoeiros testados foram removidos artificialmente da planta nos períodos pré-estabelecidos de remoção, utilizando-se uma tesoura de poda previamente desinfetada com álcool absoluto. Os pulgões, moscas-brancas e os ácaros foram controlados até os 40 dias após a emergência das plantas por meio do tratamento das sementes do algodão com thiamethoxan (Cruiser 700 WS®) na dose de 3g/1Kg de sementes e após esse período, com inseticida botânico a base de *Nicotiana tabacum*.

Foram realizados os tratos culturais normais necessários para condução da lavoura (adubação com base na análise de solo, capina manual, etc.).

As observações foram efetuadas a cada dez dias, contando-se o número de botões florais removidos, produzidos, repostos e compensados de forma ativa e passiva em todas as plantas de algodão presentes em um metro de fileira de dois metros por parcela. Os botões florais contados foram marcados com fitas de tecido colorido, evitando recontagem.

3.4. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros

Foram utilizados os genótipos de algodoeiro TMG81WS e BRS432B2RF com maior e menor crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente aos 50 dias de

idade das plantas, respectivamente, no primeiro experimento. Os genótipos de algodão foram plantados no campo experimental da Embrapa Algodão, em área infestada pelo bicudo.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2, representado pelos genótipos de algodoeiros e pelos tratamentos pulverizados com carbamato (Metomil 216 SL[®]) a 172 g.i.a/ha⁻¹, quando o bicudo atingia o nível de controle e sem pulverização (testemunha). A parcela constou de 32 fileiras de algodão de 3,90 m de comprimento, metade dela cultivada com o genótipo TMG81WS e a outra metade com o genótipo BRS432B2RF, plantados no espaçamento de 0,70m x 0,10m (140.000 plantas ha⁻¹), em 4 repetições. Os insetos sugadores e os ácaros foram controlados com pulverizações de thiamethoxan (Actara 250 WG[®]) a 100 g.e.a. ha⁻¹ e abamectina (Vertimec 18 CE[®]) a 7,2 g.i.a. ha⁻¹, respectivamente.

Efetuiu-se uma avaliação prévia antes de iniciar as avaliações periódicas do plantio de algodão para se determinar o nível populacional e a distribuição espacial dos adultos do bicudo na área experimental. Como foi constatada a presença de poucos exemplares do bicudo, os quais se encontravam mal distribuídos na área, efetuou-se uma liberação de cinco fêmeas grávidas do bicudo com oito dias de idade por parcela, totalizando 80 fêmeas do bicudo.

As avaliações foram feitas a cada cinco dias, observando-se um botão floral de tamanho médio (4-6 mm de diâmetro) por planta, localizado na metade superior do dossel e registrando-se a presença ou não de orifícios de alimentação e/ou oviposição em 20 plantas amostradas ao acaso por parcela, por meio do caminhar em ziguezague (SILVA et al., 2013).

As pulverizações contra o bicudo foram realizadas sempre que 10% das plantas apresentavam botões florais com orifícios de alimentação e/ou oviposição e logo após o aparecimento dos primeiros botões florais até a formação do primeiro capulho, utilizando-se um pulverizador costal manual com capacidade para 20 litros de calda e bico D₂ do tipo cone vazio. O bico do pulverizador foi posicionado lateralmente à fileira a cerca de 20 cm das plantas de algodão (RAMALHO e JESUS, 1988). A vazão foi ajustada conforme o estágio de crescimento da cultura e variou de 150 a 300 litros de água/ha.

Foram realizados os tratos culturais normais necessários para condução da lavoura (adubação com base na análise de solo, capina manual, etc.).

As porcentagens médias de botões florais de algodão danificados pelo bicudo por orifício de alimentação e/ou oviposição, as médias do número de maçãs de tamanho médio (28-32 mm de diâmetro) e da produção de algodão em caroço foram determinadas. A produção de algodão foi estimada por meio da pesagem da pluma de algodão com caroço, colhido manualmente dos capulhos, de todas as plantas de parcela.

3.5. Análise dos dados

No primeiro experimento, as médias dos números totais de botões florais removidos, repostos, produzidos de forma ativa e passiva e compensados por data de remoção foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade. No segundo experimento, as médias das porcentagens de botões florais de algodão danificados pelo bicudo por orifício de alimentação e/ou oviposição, número de maçãs e produção de algodão em caroço (g) por planta, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) da Universidade Federal de Viçosa.

4. RESULTADOS

4.1. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais

As médias dos números totais de botões florais removidos dos genótipos de algodoeiros aos 50 ($F_{3,105} = 0,99$; $P > 0,05$), 70 ($F_{3,105} = 1,05$; $P = 0,37$) e 90 ($F_{3,105} = 1,27$; $P = 0,29$) dias de idade das plantas não variaram entre os genótipos de algodoeiros (Figura 1 – A, B, C), mas as médias dos botões florais repostos por genótipo após sua remoção aos 50 ($F_{3,105} = 3,77$; $P = 0,01$), 70 ($F_{3,105} = 3,28$; $P = 0,02$) e 90 ($F_{3,105} = 2,91$; $P = 0,04$) variaram (Figura 2 - A, B e C). A maior média de botões florais repostos após os 50 dias de remoção foi produzida no genótipo IMA6501B2RF e a menor no BRS432B2RF. Na remoção aos 70 dias, as maiores médias de botões florais repostos foram nos genótipos FM975WS e BRS432B2RF e a menor no TMG81WS. Na remoção aos 90 dias, a maior média de botões florais repostos foi no BRS432B2RF e a menor no IMA6501B2RF.

As médias dos números totais de botões florais de algodão produzidos de forma ativa e passiva diferiram com o período de remoção e formas de produção para todos os genótipos avaliados (Figura 3 – A, B, C), com as médias de botões florais produzidos de forma ativa sendo sempre maiores que as médias de botões florais produzidos de forma passiva.

As médias dos números totais de botões florais de algodão produzidos de forma ativa e passiva após sua remoção aos 50 dias apresentaram interação significativa entre genótipos e formas de produção ($F_{3,213} = 3,26$; $P = 0,02$) (Figura 3 – A, B, C), com as maiores médias de botões florais produzidos passivamente pelos genótipos FM975WS, IMA6501B2RF e BRS432B2RF e a menor pelo TMG81WS.

Na remoção aos 70 dias, as médias de produção variaram entre os genótipos ($F_{3,213} = 5,09$; $P = 0,02$) e formas de produção ($F_{1,213} = 295,84$; $P < 0,01$) (Figura 3 – A, B, C). A maior média de botões florais foi produzida de forma ativa e passiva pelo genótipo FM975WS, seguido pelo BRS432B2RF. As menores médias de botões florais foram produzidas de forma ativa e passiva pelos genótipos IMA6501B2RF e TMG81WS, respectivamente. Na remoção aos 90 dias, observaram-se apenas variações entre as formas de produção dos botões florais ($F_{1,213} = 799,61$; $P < 0,01$), com maior produção de botões florais de forma ativa que passiva.

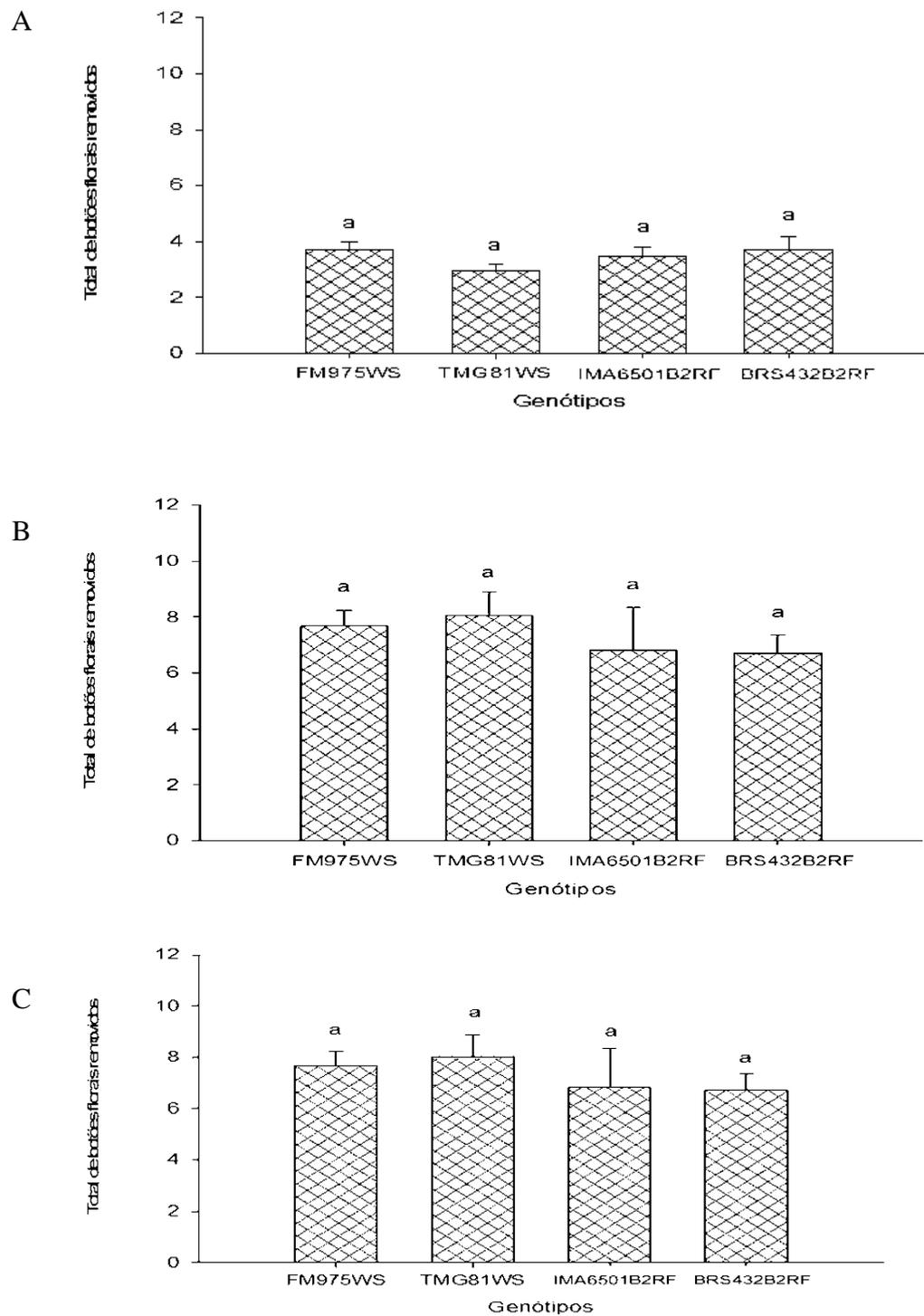


Figura 1. Média do número total de botões florais removidos das plantas de algodão aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas barras não são diferentes entre genótipos de algodão pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade. Médias transformadas em $\sqrt{x+0,5}$ para fins de análise estatística. Médias originais são apresentadas.

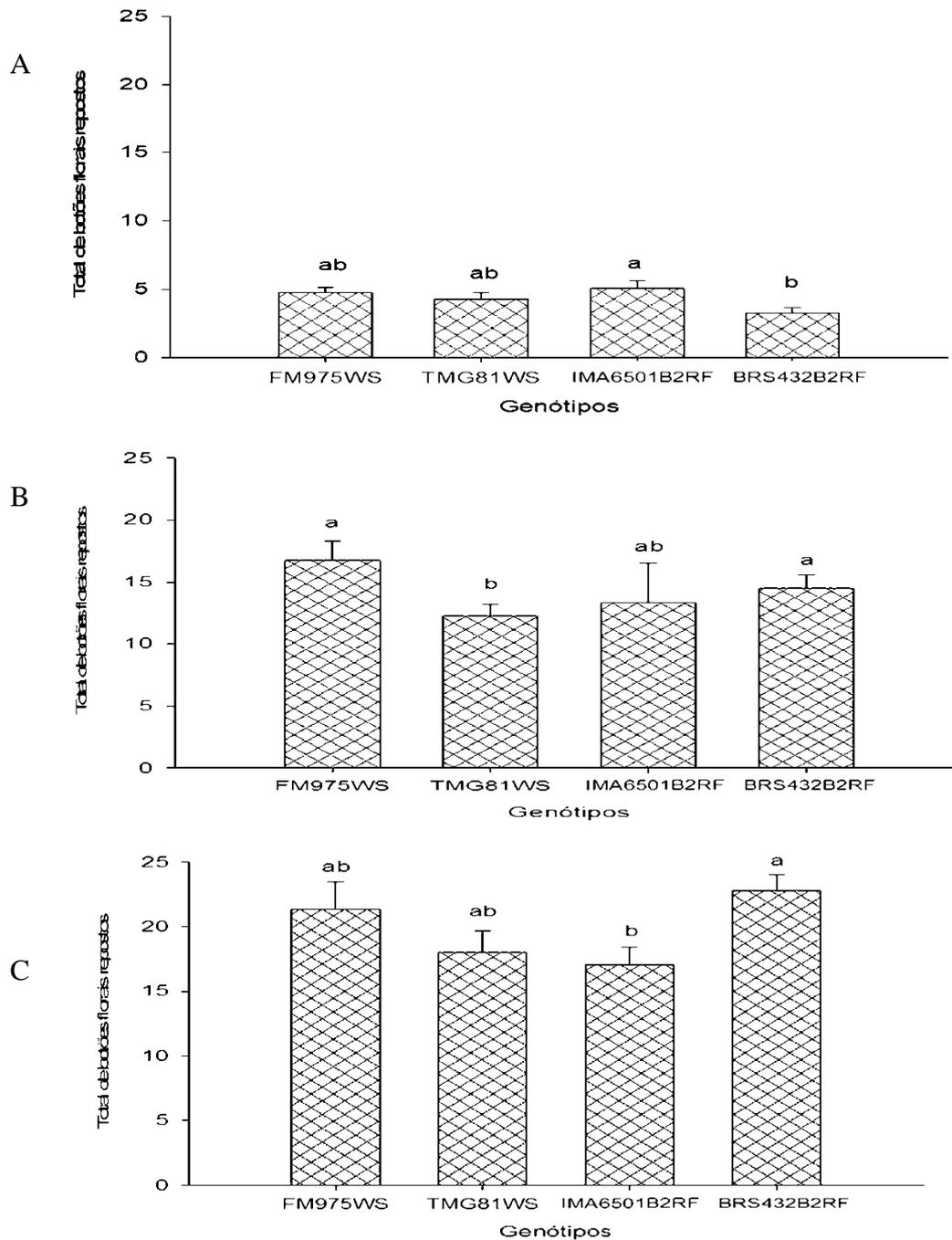


Figura 2. Média do número total de botões florais repostos pelos genótipos de algodão após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas barras não são diferentes entre genótipos de algodão pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade. Médias transformadas em $\sqrt{x+0,5}$ para fins de análise estatística. Médias originais são apresentadas.

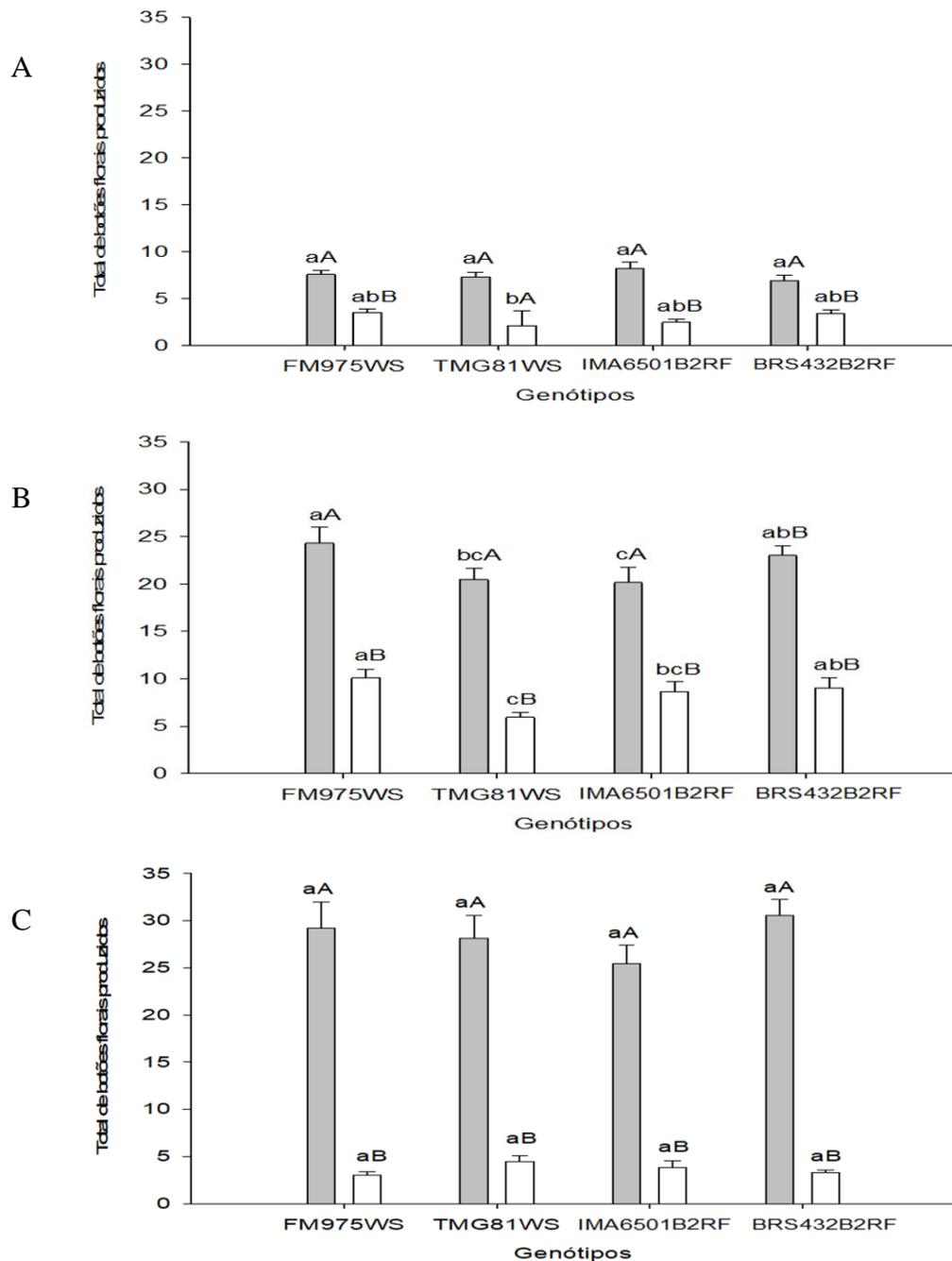


Figura 3. Média do número total de botões florais produzidos ativamente (barra cinza) e passivamente (barra branca) pelos genótipos de algodão após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula e maiúscula nas barras não são diferentes dentro e entre tratamentos, respectivamente pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade. Médias transformadas em $\sqrt{x+0,5}$ para fins de análise estatística. Médias originais são apresentadas.

As compensações de botões florais diferiram com o período de remoção entre os genótipos de algodoeiros (Figura 4 – A, B, C). As maiores porcentagens de compensação de

botões florais ocorreram nos genótipos TMG81WS e IMA6501B2RF após sua remoção aos 50 dias de idade das plantas e os menores nos genótipos BRS432B2RF e FM975WS. Na remoção aos 70 dias, a maior porcentagem de compensação de botões florais ocorreu no genótipo TMG81WS e a menor no IMA6501B2RF. Na remoção aos 90 dias, as porcentagens de compensação não diferiram entre os genótipos de algodoeiro.

4.2. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros

Os genótipos de algodão selecionados no experimento anterior e utilizados neste experimento foram TMG81WS e BRS432B2RF com maior e maior crescimento compensatório de botões florais removidos artificialmente da planta aos 50 dias de idade.

As porcentagens de botões florais danificados pelo bicudo por orifício de alimentação e/ou oviposição não variou entre os genótipos de algodoeiros ($F_{1,9} = 0,01$; $P > 0,05$) (Tabela 1), mas variou entre os tratamentos ($F_{1,9} = 5,06$; $P = 0,05$). As maiores porcentagens de botões florais danificados pelo bicudo foram observadas na testemunha e os menores no tratamento pulverizado com carbamato.

O número médio de maçãs por planta de algodão apresentou interação significativa entre tratamentos e genótipos ($F_{1,57} = 4,28$; $P = 0,04$), indicando que o número de maçãs produzidas por planta depende do tratamento e do genótipo considerado (Tabela 1). Os maiores número de maçãs foram produzidos no tratamento pulverizado com carbamato em ambos os genótipos de algodoeiros e na testemunha para o genótipo TMG81WS. Dentre os genótipos, o maior número de maçãs produzidas foi no TMG81WS da testemunha. No tratamento pulverizado com carbamato, não se observou diferenças entre os genótipos de algodoeiros testados.

A produção de algodão em caroço por planta não apresentou interação significativa entre tratamentos e genótipos ($F_{1,57} = 0,16$; $P > 0,05$), mas variou com os tratamentos ($F_{1,57} = 50,77$; $P < 0,01$) e genótipos ($F_{1,57} = 4,77$; $P = 0,03$) (Tabela 1). As maiores produções foram observadas no tratamento com carbamato para ambos os genótipos de algodoeiros testados e na testemunha apenas para o genótipo TMG81WS. Por outro lado, o genótipo de algodoeiro com maior produção de algodão em caroço na testemunha foi TMG81WS, não havendo diferenças entre os genótipos no tratamento com carbamato.

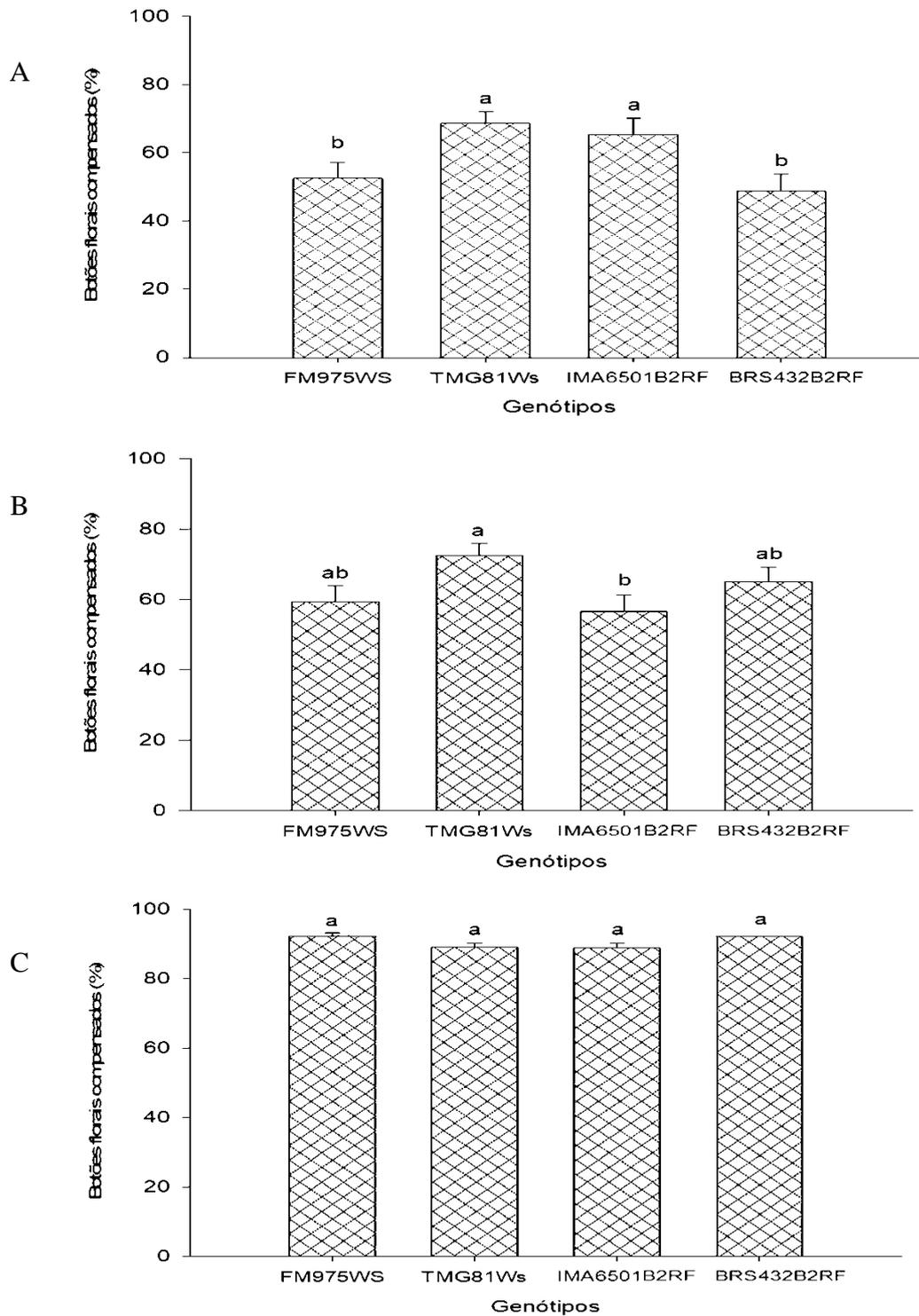


Figura 4. Compensação de botões florais (%) pelos genótipos de algodoeiros após sua remoção aos 50 (A), 70 (B) e 90 (C) dias de idade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas barras não são diferentes entre genótipos de algodão pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade.

Tabela 1. Porcentagem média de plantas de algodão com botões florais danificados pelo bicudo com orifício de alimentação e/ou oviposição, número médio de maçãs e produção de algodão em caroço (g) por planta em função dos tratamentos e genótipos de algodoeiros.

Variáveis	Tratamentos	Genótipos	
		TMG81WS	BRS432B2RF
Botões florais atacados (%)	Testemunha	13,44 ± 4,06 a A	12,50 ± 3,21 a A
	Carbamato	9,69 ± 2,58 b A	10,31 ± 1,76 b A
Nº de maçãs/planta	Testemunha	1,44 ± 0,13 a A	1,06 ± 0,37 b B
	Carbamato	1,50 ± 0,07 a A	1,49 ± 0,10 a A
Produção de algodão/planta	Testemunha	9,58 ± 0,57 a A	7,98 ± 2,00 b B
	Carbamato	13,74 ± 0,78 a A	12,64 ± 1,15 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula¹ na coluna e maiúscula² na linha não são diferentes pelo teste de Student Newman Keuls a 5 % de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

5.1. Seleção de algodoeiros com base no crescimento compensatório dos botões florais

As médias do número total de botões florais removidos dos genótipos de algodoeiros testados foram semelhantes às médias de 2,3; 6,3; 12,8 e de 2,8; 6,9; 14,1 botões florais removidos, respectivamente, com uma, duas e três semanas após o início do abotoamento dos genótipos de algodoeiros DPL NuCotn 33B, Paymaster 1244B e Paymaster 1220B (STEWART et al., 2001). Isto indica que o número de botões florais produzidos passivamente pelas plantas de algodão segue um padrão semelhante independente do genótipo considerado.

O número crescente de botões florais repostos e produzidos ativamente pelas plantas de algodão após as remoções aos 50, 70 e 90 dias, coincide com o período de maior formação dessas estruturas reprodutivas no algodoeiro. Nesse período, a curva de produção de botões florais do algodoeiro apresenta crescimento exponencial dos 38 aos 90 dias, decrescendo a partir desta data até os 120 dias de idade das plantas (OOSTERHUIS, 1992; ROSOLEM, 2001). Isto se deve, provavelmente, ao aumento crescente do número de botões florais repostos e produzidos ativamente nesse período pelos genótipos de algodoeiro testados. Estudos visando determinar o impacto da remoção de botões florais em cultivares de algodão têm sido contraditórios. Resultados da simulação manual dos danos causados por insetos-praga, por meio da remoção manual de botões florais das cultivares de algodão Deltapine 90 e Siokra, indicaram que essas cultivares responde de forma diferente à perda de botões florais (BROOK et al., 1992). Por outro lado, a resposta das cultivares de algodão *Bt* (DPL NuCotn 33B, Paymaster 1244B e Paymaster 1220B) e não *Bt* (Paymaster 1220) a remoção de botões florais foram semelhantes no período de pré-florescimento (STEWART et al., 2001).

As variações na quantidade de botões florais repostos e compensados pelos genótipos de algodoeiros testados dependendo da idade da planta em que essa remoção foi realizada confirmam estudos anteriores com base na simulação do abortamento realizados por Jones et al., (1996a), Stewart et al. (2001) e Demirbilek & Özel (2015). O algodoeiro tem uma reconhecida capacidade de compensar as injúrias ocasionadas pelos insetos-praga as suas estruturas reprodutivas, principalmente sobre os botões florais. No entanto, essa capacidade de compensação depende de vários fatores, incluindo o momento e a intensidade da injúria, a idade fisiológica e o tipo da estrutura reprodutiva danificada, a cultivar de algodão e o ambiente em que o algodão está se desenvolvendo (SADRAS, 1996).

Nesta pesquisa descobrimos que o genótipo de algodoeiro TMG81WS apresentou as maiores compensações de botões florais, principalmente após sua remoção aos 50 e 70 dias de idade das plantas. Isto é importante porque a sensibilidade das estruturas de frutificação do algodão a abscisão varia durante o ciclo fenológico da cultura, bem como, com o tamanho e a idade dos botões florais (HAKE et al., 1989; NGUYEN e BLUM, 2004). As taxas de abscisão de botões forais são tipicamente baixas no início do período reprodutivo e aumentam com a idade da planta até o “cut out” (GUINN, 1982). Assim, a capacidade da planta de suprir recursos para a formação de botões florais modula a taxa de produção no local e a quantidade de abscisão, que juntos determinam o momento da formação das maçãs. Desta forma, genótipos de algodoeiros com maior capacidade de compensar botões florais abortados aos 70 e 90 dias de idade das plantas podem produzir, teoricamente, mais maçãs que aqueles com menor capacidade de compensação nesse período. Por outro lado, a maior capacidade do algodoeiro em compensar injúrias nos botões florais que nas maçãs, pode ser atribuído ao fato dos botões florais serem estruturas vegetais de pequeno tamanho se comparado às maçãs, necessitando menor investimento em recursos e tempo para serem produzidos pelas plantas de algodão (STEWART et al. 2001; GARCIA, 2019). Essa informação é de grande importância para o manejo do bicudo, pois as fêmeas deste inseto preferem se alimentar nos botões florais que nas maçãs (Ramalho e Jesus, 1988). Além disso, as fêmeas do bicudo precisam se alimentar do pólen do algodoeiro para desenvolver seu ovário e depositar ovos férteis (RUMMEL e SUMMY, 1997; SHOWLER, 2008; SHOWLER e ABRIGO, 2007).

5.2. Avaliação dos danos provocados pelo bicudo sobre os genótipos de algodoeiros

As menores porcentagens de botões florais de algodão danificados pelo bicudo no tratamento com carbamato se deveram, provavelmente, as aplicações deste inseticida para controlar o bicudo, sempre que esse inseto atingia o nível de controle. No entanto, a semelhança nas porcentagens de botões florais de algodão danificados pelo bicudo para ambos os genótipos dentro de cada tratamento é um indicativo da ausência de preferência desse inseto pelos genótipos testados. Isto é importante, porque o número de maçãs e a produção de algodão em caroço por planta variou com o tratamento e genótipo, ou seja, em igualdade de condições de injúria provocadas pelos bicudos sobre os botões florais de algodão, observaram-se maior número de maçãs e produção de algodão no genótipo TMG81WS da testemunha. Tal fato pode estar relacionado à maior capacidade do genótipo TMG81WS compensar de forma ativa a perda de botões florais no período de compreendido entre os 30 e 90 dias após a injúria provocada pelo

bicudo em comparação ao genótipo BRS432B2RF. Isto indica que a tolerância dos genótipos de algodoeiro ao ataque do bicudo é maior quando esses genótipos apresentam maior capacidade de compensar a remoção artificial dos botões florais nesse período de idade das plantas. Estudos de compensação da perda de botões florais por meio da remoção artificial de 100% de botões florais, duas e três semanas após o início do abotoamento demonstraram que quanto maior ou mais largos os botões florais removidos, maior a formação de maçãs e produção (STEWART et al., 2001).

No tratamento pulverizado com carbamato, por sua vez, não se observou diferenças no número de maçãs e na produção de algodão por planta entre os genótipos testados. Isto se deve, provavelmente, as aplicações desse inseticida, as quais podem ter mascarado potenciais diferenças entre os genótipos na suscetibilidade à perda de botões florais por causa da redução populacional do bicudo. Fato semelhante foi relatado no estudo de compensação de botões florais com cultivares de algodão *Bt* e não *Bt* (STEWART et al. 2001). Nesse estudo, foram realizadas aplicações de inseticidas para controlar lagartas de *Heliothis virescens* e *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) e preservar as maçãs recém-formadas. Estudo conduzido para se determinar a resposta do algodão à simulação de danos ocasionados por lagartas demonstrou que as plantas de algodão podem responder de maneira diferente à perda de botões florais (BROOK et al. 1992). Desta forma, é possível que o menor percentual de botões florais danificados pelo bicudo por orifício de oviposição no tratamento pulverizado com carbamato, tenha contribuído para modificar a resposta de ambos os genótipos de algodoeiro as abscisões de botões florais, de tal maneira, que essa resposta tenha sido insuficiente para que as plantas de algodão promovessem alterações morfológicas e fisiológicas, de forma ativa, para mitigá-las. A substituição "passiva" de estruturas de frutificação do algodoeiro danificadas por outras, que de outra forma teriam sido eliminadas posteriormente, é diferenciada do crescimento "ativo" de novos órgãos que, de outra forma, não teriam ocorrido sem dano prévio (SADRAS, 1995). A queda ou abscisão de botões florais e de maçãs jovens é um fenômeno natural no algodão (OOSTERHUIS e JERNSTEDT, 1999; TARIQ et al., 2017). Estima-se que a queda de até 60% dessas estruturas vegetais é considerada normal (OOSTERHUIS, 1992). Portanto, existe uma grande chance das fêmeas do bicudo ovipositarem em botões florais destinados a sofrer aborto natural no tratamento pulverizado com carbamato, o que não implicaria, teoricamente, em perda na produção.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que o crescimento compensatório dos botões florais de algodoeiros removidos artificialmente da planta pode ser utilizado para selecionar genótipos de algodoeiros tolerantes ao dano provocado pelo bicudo, os quais podem

ser utilizados em áreas de produção orgânica ou agroecológica, sem a aplicação de inseticidas para controlar essa praga. Isto é importante, porque o cultivo do algodoeiro em bases orgânicas e/ou agroecológicas pelos pequenos e médios cotonicultores da região Nordeste do Brasil tem se intensificado nos últimos anos, por se tratar de um produto diferenciado com maior valor de mercado (CARDOSO, 2017). Assim, a existência de alternativas de baixo custo que permitam a convivência com essa praga poderá, ainda, estimular outros agricultores familiares do semiárido a cultivarem o algodoeiro, visando à produção de fibra e torta resultando em aumento da área plantada. Isto poderá contribuir para a revitalização do plantio de algodão na região abrindo a perspectiva da organização de uma cadeia produtiva local capaz de impulsionar o desenvolvimento econômico e social, promovendo a criação de empregos rurais, agrícolas e não agrícolas e a inclusão social de uma parcela da população mais vulnerável.

6. CONCLUSÕES

- O genótipo de algodoeiro com maior crescimento compensatório dos botões florais foi TMG81WS, principalmente após sua remoção artificial aos 50 e 70 dias de idade das plantas.
- O crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente dos genótipos de algodoeiros testados aumenta de forma crescente ao longo do período de produção exponencial de botões florais de algodoeiros.
- O crescimento compensatório dos botões florais removidos artificialmente dos genótipos de algodoeiros pode ser utilizado para selecionar genótipos de algodoeiro tolerantes ao dano provocado pelo bicudo em áreas de produção de algodão orgânico e/ou agroecológico.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-266, 1925.
- AGRAWAL, A. A. Overcompensation of plants in response to herbivory and the by product benefits of mutualism. *Trends in Plant Science*, v. 5, p. 309–313, 2000.
- AHMED, F.M.; ABDEL-AL, M.H. Effect of defoliation treatments on cotton yield. **Annals of Agricultural Science Cairo**, v. 33, p. 941-950, 1988.
- AVIRAM, N.; RIMON, D. Effect of cumulative flower removal on the development and yield of cotton plants. Special Publication, Division of Scientific Publication, Bet-Dagan, no.158, 1980. 21p.
- 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.
- BROOK, K. D., HEARN, A. B.; KELLY, C. F. Response of cotton, *Gossypium hirsutum* L., to damage by insect pests in Australia: manual simulation of damage. **Journal of Economic Entomology**, v.85, p.1368-1377, 1992.
- BIGGER, D.; MARVIER, M. How different would a world without herbivory be?: A search for generality in ecology. **Integrative Biology: Issues, News, and Reviews**, v.1, p. 60–67, 1998.
- BUENO, L.C.S; MENDES, A.N.; CARVALHO, S.P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e conceitos**. 2º ed. UFLA. 213 - 219. 2006.
- BUSOLI, A.C.; CASTILHO, R.C.; ANDRADE, D.J.; ROSSI, G.D.; VIANA, D.L.; FRAGA, D.F.; SOUZA, L.A. Tópicos em entomologia agrícola – VIII. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2015. 303p.
- CARDOSO, N.F.S. **Algodão agroecológico no semiárido brasileiro: da produção à comercialização**. Viçosa, 2017. 84p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.
- 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.
- COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v. 27, p. 305–35, 1996.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas agropecuárias, Safra 2019/2020**. Brasília, v.7, p. 1-100, out. 2019. ISSN 2318-3241.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**. Brasília: v. 7, safra 2019/20, n.5, Quinto levantamento, fev. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: mar. 2020.

- COOK, D.R.; C.W, KENNEDY. Early flower bud loss and me piquat chloride effects on cotton yield distribution. **Crop Science**, v. 40, p. 1678-1684, 2000.
- CORTESERO, A.M.; STAPEL, J.O.; LEWIS, W.J. Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. **Biological Control**, v.17, p. 35-49, 2000.
- CRAWLEY, M.J. Insect herbivores and plant population dynamics. **Annual Review of Entomology**, v.34, p. 531–564, 1989.
- DEMIRBILEK, T.; ÖZEL, A. The Effect of Removed Squares and Flowers of Cotton (*Gossypium hirsutum*L.): I. Changes in Yield, Earliness and Fiber Properties. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, v.19, p. 199-208, 2015.
- DEMIRBILEK, T.; ÖZEL, A. Pamukta Silkme, Nedenleri ve Fizyolojisi. **HR.Ü. Z.F. Dergisi**, v. 3, n° 1-2, p. 57-66, 1999.
- DESHMUKH, R.K.; RAO, M.R.K.; BHALE, N.L. Effect of desinking on the expression of production potential in rain grown cotton. **Journal of the Indian Society for Cotton Improvement**, v. 13, p. 60-62, 1988.
- EID, A.A.H. Effect of early defruiting on Egyptian cotton. **Mededeligen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent.**, v. 38, p. 15-22, 1973.
- FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.P.; PALLINI, A.; VENZON, M.; MOURÃO, S.A. Herbivoria de Tetranychusurticae Koch (Acari: Tetranychidae) induz defesa direta em morangueiro? **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 293-297, 2004.
- 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.
- FÜRSTENBERG-HÄGG; ZAGROBELNY, J.M.; BAK, S. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Science**, v.14, p.10242-10297, 2013.
- GARCIA, L.C.; EUBANKS, M.D. Overcompensation for insect herbivory: a review and meta-analysis of the evidence. **Ecology**, v. 100, n° 3, p. e02585, 2019.
- GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 701-726, 1998.
- GUINN, G. Abscisic acid and cutout in cotton. **Plant Physiology**, v. 77, p. 16-20, 1985.
- GUINN, G.; BRUMMETT, D.L. Influence of defruiting on the abscisic acid and indole-3-acetic acid contents of cotton leaves. **Field Crops Research**, v. 28, p. 257-262, 1992.
- GUINN, G. Causes of square and boll shedding in cotton. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin, 1982. 22p.

- HAGENBUCHER, S.; OLSON, D.M.; RUBERSON, J.R.; WACKERS, F.L.; ROMEIS, J. Resistance mechanisms against arthropod herbivores in cotton and their interactions with natural enemies. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 458–482, 2013.
- HAKE, K.; GUINN, G.; OOSTERHUIS, D. Environmental causes of shed. National Cotton Council. 1989. *Physiology Today*. <https://www.cotton.org/tech/physiology/cpt/plantphysiology/upload/CPT-Dec89-REPOP.pdf>.
- 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.
- HEIL, M. Indirect defence via tritrophic interactions. **New Phytologist**, v.178, p. 41–61, 2008.
- HEITHOLT, J.J. Cotton boll retention and its relationship to lint yield. **Crop Science**, v.33, p.486-490, 1993.
- HEITHOLT, J.J. Floral bud removal from specific fruiting positions in cotton: Yield and fiber quality. **Crop Science**, v. 37, p. 826-832, 1997.
- HOLMAN, E.M.; OOSTERHUIS, D.M. Cotton photosynthesis and carbon partitioning in response to floral bud loss due to insect damage. **Crop Science**, v. 39, p. 1347-1351, 1999.
- JONES, M.A.; WELLS, R.; GUTHRIE, D.S. Cotton response to seasonal patterns of flower removal: I. Yield and fiber quality. **Crop Science**, v. 36, p. 633-638, 1996a.
- JONES, M.A.; WELLS, R.; GUTHRIE, D.S. Cotton response to seasonal patterns of flower removal: II. Growth and dry matter allocation. **Crop Science**, v. 36, p. 639-645, 1996b.
- KARBAN, R.; BALDWIN, I.T. *Induced responses to herbivory*. The University of Chicago Press, Chicago, 1997. 319p.
- KENNEDY, G.G. Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 51-72, 2003.
- KOGAN, M.; ORTMAN, E.F. Antixenosis – A new term proposed to define Painter's “non preference” modality of resistance. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v.24, p.175-176, 1978.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2 rd. ed. São Paulo, Icone. 1991. 336p.
- LU, H.; YANG, P.; XU, Y.; LUO, L.; ZHU, J.; CUI, N.; KANG, L.; CUI, F. Performances of survival, feeding behavior, and gene expression in aphids reveal their different fitness to host alteration. **Scientific Reports**, 6: 193144, 2016.
- LUCAS, P.W.; TURNER, I.M.; DOMINY, N.J.; YAMASHITA, N. Mechanical Defences to Herbivory. **Annals of Botany**, v. 86, p. 913-920, 2000.
- MANN, J.E.; TURNIPSEED, S.G.; SULLIVAN, M.J.; ADLER, P.H.; DURANT, J.A.; MAY, O.L. Effects of early-season loss of flower buds on yield, quality, and maturity of cotton in South Carolina. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 1324-1331, 1997.

- MASSAD, T.J. Ontogenetic differences of herbivory on woody and herbaceous plants: a meta-analysis demonstrating unique effects of herbivory on the young and the old, the slow and the fast. **Oecologia**, v.172, p. 1-10, 2013.
- McNAUGHTON, S. J. Compensatory plant growth as a response to herbivory. **Oikos**, v.40, p. 329–336, 1983.
- MORENO-ALVARADO, L.E.; NAVA-CAMBEROS, V.; BYERLY-MURPHY, K.F. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to the manual removal of fruits and its relationship to insect damage in two cotton production systems. **Revista Chapingo**, v. 15, p. 108-113, 1990.
- MORTON, N. Time related factors in *Heliothis* control on cotton. **Pesticide Science**, v. 10, p. 254-270. 1979.
- NGUYEN, H.T.; BLUM, A. Physiology and biotechnology integration for plant breeding. Marcel Dekker, Ink, New York. 2004. 628p.
- 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**, v.137, p. 1-15. 2013.
- OOSTERHUIS, D.M. Growth and development of a cotton plant. Fayetteville: University of Arkansas, Arkansas Cooperative Extension Service, 1992. 24p. (MP332-4M-9-92R)
- OOSTERHUIS, D.M.; JERNSTEDT, J. Morphology and Anatomy of the Cotton Plant. Chapter 2.1, p.175-206. In: SMITH, W.C.; COTHREN, J.T. (Eds.), Cotton: Origin, History, Technology, and Production, John Wiley & Sons, Inc. 1999.
- PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants**. New York, MacMillan, 1968. 520p.
- PAINTER, R.H. Resistance of plants to insects. **Annual Review of Entomology**, v.3, p. 267–290, 1958.
- PAN, Z.L.; NI, T.K.; CHEN, C.Y.; HUANG, G.L.; WANG, R.Q. Techniques for adjusting the flowering and fruiting period of cotton. **Jiangsu Agricultural Science Jiangsu Nongye Kexue**, v.5, p.3-4, 1987.
- PANDA, N.; KHUSH, G.S. **Host plant resistance to insects**. Oxford: Oxford University Press, 1995. 448p.
- PATTERSON, L.L.; BUXTON, D.R.; BRIGGS, R.E. Fruiting in cotton as affected by controlled boll set. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 118-122, 1978.
- PETTIGREW, W.T.; HEITHOLT, J.J.; MEREDITH JR., W.R.. Early season floral bud removal and cotton growth, yield, and fiber quality. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 209-214, 1992.
- PETTIGREW, W.T.; HEITHOLT, J.J.; MEREDITH JR., W.R. Early season ethephon application effects on cotton photosynthesis. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 821-825, 1993.
- PETTIGREW, W.T. Source to sink manipulation effects on cotton lint yield and yield components. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 731-735. 1994.

PRAÇA, L.B. *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 23p.

PRICE, P.W.; BOUTON, C.E.; GROSS, P.; MCPHERON, B.A.; THOMPSON, J.N.; WEIS, A.E. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v.11, p. 41–65, 1980.

PRINS, A. H.; VERKAAR, H. J. Defoliation: do physiological and morphological responses lead to (over) compensation. p. 13–31. In: AYERS, P. G. (Ed.). Pests and pathogens: plant responses to foliar attack. Bios Scientific Publishers, Oxford, UK. 1992.

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

RAMALHO, F.S.; JESUS, F.M.M. Distribution of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) eggs within cotton plants. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 63, p. 245-248, 1988.

ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. Piracicaba: POTAFOS, 2001. 9 p. (Informações agronômicas, n. 95).

RUMMEL, D.R.; SUMMY, K.R. Ecology of the boll weevil in the United States Cotton Belt. **Southwestern Entomologist**, v. 22, p. 356–376, 1997.

SADRAS, VO. Compensatory growth in cotton after loss of reproductive organs. **Field Crops Research**, v.40, p. 1-18, 1995.

SADRAS, V.O. Cotton compensatory growth after loss of reproductive organs as affected by availability of resources and duration of recovery period. **Oecologia**, v.106, p.432-439, 1996.

SADRAS, V.O. Herbivory tolerance of cotton expressing insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*: responses to damage caused by *Helicoverpa* spp. and to manual bud removal. **Field Crops Research**, v.56, p. 287-299, 1998.

SALVADOR, R.; PRÍNCIPI, D.; BERRETTA, M.; FERNANDEZ, P.; PANIEGO, N.; SCIOCCO-CAP, A.; HOPP, E. Transcriptomic survey of the midgut of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v.14, p. 1-9, 2014.

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

SILVA, C. A. D; ALMEIDA, R. P. de. **Manejo Integrado de pragas do algodoeiro no Brasil - MIP Algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1998. 67p. (Embrapa Algodão, Circular Técnica, 27).

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

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

SILVA, A.L.A. de L.; SILVA, C.A.D. Determinação da concentração de caulim eficiente e econômica para a proteção de algodoeiro contra o bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p.763-768, 2015.

STEWART, S.D.; LAYTON, M.B.; WILLIAMS, M.R.; INGRAM, D.; MAILY, W. Response of Cotton to Prebloom Square Loss. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 388-396, 2001.

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

TARIQ, M.; YASMEEN, A.; AHMAD, A.; HUSSAIN, N.; AFZAL, M.N.; HASANUZZAMAN, M. Shedding of fruiting structures in cotton: factors, compensation and prevention. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 20, p 251-262, 2017.

TIFFIN, P. Mechanisms of tolerance to herbivore damage: what do we know? **Evolutionary Ecology**, v. 14, p. 523–536, 2000.

TURCOTTE, M. M.; DAVIES, T.J.; THOMSEN, C.J.M.; JOHNSON, M.T.J. et al., . Macroecological and macroevolutionary patterns of leaf herbivory across vascular plants. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 281, p. 1-7, 2014.

UNGAR, E.D.; KLETTER, E; GENIZI, A. Early season development of floral buds in cotton. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 643-649, 1989.

UNGAR, E.D.; WALLACH, D.; KLETTER, E. Cotton Response to Bud and Boll Removal. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 491-497, 1987.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Foreign Agricultural Service. **Cotton: World Markets and Trade**. Washington: USDA: FAS, 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cotton.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

WELLS, R. Leaf pigment and canopy photosynthetic response to early flower removal in cotton. **Crop Science**, v.41, p. 1522-1529, 2001.