

Boletim de Pesquisa 241 **e Desenvolvimento**

ISSN 1676 - 340
Dezembro, 2008



**Avaliação do impacto do cultivo de
algodoeiro Bt em campo sobre pragas
não-alvo**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 241

**Avaliação do impacto do cultivo de
algodoeiro Bt em campo sobre pragas
não-alvo**

Edison Ryoiti Sujii
Pedro Henrique Brum Togni
Paulina de Araújo Ribeiro

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Serviço de Atendimento ao Cidadão

Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –

Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 448-4600 Fax: (61) 340-3624

<http://www.cenargen.embrapa.br>

e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Miguel Borges*

Secretária-Executiva: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Membros: *Diva Maria de Alencar Dusi*
Luiz Adriano Maia Cordeiro
José Roberto de Alencar Moreira
Regina Maria Dechechi G. Carneiro
Samuel Rezende Paiva

Suplentes: *João Batista Tavares da Silva*
Margot Alves Nunes Dode

Supervisor editorial: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Normalização Bibliográfica: *Rsamares Rocha Galvão*

Editoração eletrônica: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*

Foto: Amostragem em algodoeiro (Pedro Togni), Algodoeiro (Edison Sujii), Pulgão (Francisco Schmidt), Bicudo (Paulina Ribeiro)

1ª edição

1ª impressão (2008):

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

A 945 Avaliação do impacto do cultivo de algodoeiro BT em campo sobre pragas não-alvo/ Edison Ryoiti Sujii... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008.

- p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, ISSN 1676-1340; 241).

1. Algodão . 2. Inseto-praga. 3. Bicudo-do-algodoeiro
4. Biossegurança. I. Sujii, Edison Ryoiti. II. Série.

633.51 – CDD 21

©Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Referências	19

Avaliação do impacto do cultivo de algodoeiro Bt em campo sobre pragas não-alvo

*Edison Ryoiti Sujii*¹
*Pedro Henrique Brum Togni*²
*Paulina de Araújo Ribeiro*³
*Thiara de Almeida. Bernardes*⁴
*Paloma Virgínia G. N. Milane*⁴
*Marina Magalhães Teixeira*⁵
*Francisco M. Caldas*⁵
*Vinicius Alves Ferreira*⁶
*Débora Pires de Paula*⁷
*Carmen Silvia Soares Pires*⁷
*Eliana Maria Gouveia Fontes*⁷

Resumo

O algodoeiro Bt, que expressa a proteína Cry 1Ac, possui alta especificidade para o controle de lagartas de lepidoptera, mas pode apresentar efeitos inesperados em populações não-alvo, como o pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii*. Glover (Hemiptera: Aphididae) e o Bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). O objetivo deste trabalho foi comparar a taxas de colonização e a dinâmica populacional destas pragas não alvo em algodoeiro parcelas de algodoeiro Bt e não-Bt em um campo experimental. O trabalho foi realizado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Cenargen em Brasília,DF, com o desenho experimental de blocos ao acaso com 5 repetições por tratamento (algodoeiro Bt e não-Bt). Cada parcela era composta por 12 linhas de 10 m, com stand de 8-10 plantas por metro linear numa área de 100 m². O número de pulgões alados e ápteros por planta, assim como a presença de larvas de coccinelídeos e formigas, foi contabilizado a cada 2-3 dias. A amostragem foi feita em conjuntos de 10 plantas em sequência na linha de plantio, sendo que cinco conjuntos foram selecionados ao acaso por parcela. O monitoramento do Bicudo foi feito através da coleta de botões florais e maçãs do terço superior, assim como botões florais e maçãs caídas ao solo abaixo da mesma. Em cada parcela foram selecionados cinco pontos por caminhamento em zigue-zague sendo onde em cada ponto a planta com melhor desenvolvimento vegetativo era selecionada. Das estruturas reprodutivas coletadas em cada ponto de amostragem, foi retirada uma sub-amostra de duas estruturas, com sintomas de ataque pelo bicudo (orifícios de oviposição). Cada estrutura foi isolada em um pote plástico de 250 ml e mantida em sala climatizada (25 ± 2°C, U.R. = 60% e 13 h de fotofase). Os pulgões alados não apresentaram diferença na colonização de plantas de ambos os tratamentos, sugerindo que não houve efeito das plantas geneticamente modificadas sobre a colonização direta pelas formas aladas. Não houve diferença

¹ Eng. Agr., PhD., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

² Biólogo, mestrando Programa Pós-Graduação Ecologia, UnB

³ Eng. Agr., PhD., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

⁴ Biologia, Centro Universitário de Brasília –UNICEUB

⁵ Biologia, Universidade de Brasília –UnB

⁶ Biólogo, mestrando Programa Pós-Graduação Universidade Federal de Viçosa, UFV

⁷ Bióloga, PhD. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

significativa na abundância de pulgões ápteros e nem na produção das formas aladas entre os tratamentos. Este resultado sugere que parâmetros que controlam o estabelecimento das populações de pulgão, como fecundidade, sobrevivência e dispersão, foram equivalentes nos dois tratamentos. O monitoramento de plantas com coccinelídeos que atuam como predadores especializados e formigas que atuam na dispersão de pulgões entre plantas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos Bt e não-Bt, apoiando a inferência acima. Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao número de estruturas reprodutivas disponíveis na planta, número total de estruturas atacadas em cada parcela, percentual de ataque por planta e ao número de bicudos emergidos em laboratório.

Palavras-Chave: biossegurança, toxina Cry, praga, organism não-alvo

Evaluation of Bt cotton cropping in field plots impacting non-target pests.

Abstract

The cotton Bt express a Cry 1Ac protein highly specific to control worms from Lepidoptera, although it may present unexpected effects on non-target species populations such as the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) and the bollweevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). The objective of the present study was to compare the colonization rates and population dynamics of these non-target pests in field plots of Bt and non-Bt cotton. The experiment was conducted on the Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Cenargen in Brasília, DF, under the randomized blocks experimental design with five replications per treatment (Bt and non-Bt cotton). Each plot had 12 lines of 10 m, with 8-10 plants/m in an area of 100 m². The number of winged and wingless aphid/plant and the presence of ants and ladybeetles were monitored every 2-3 days. The sampling was conducted in sets of a sequence of 10 plants in the planting row and 5 sets of plants were randomly selected per plot. The monitoring of bollweevil was collecting cotton squares and bolls in the top third part of the plant, and the structures dropped on the ground under the plant. On each plot, five points was selected in a Z form track and the closest and more developed plant was choosing to each point for sampling. A sub-sampling of two reproductive structures (square or boll) with bollweevil attack (oviposition marks) was taken from each sample. Each structure was kept in a plastic cage (250 ml) in an environmental room under 25 ± 2°C, 60% RH and 13 h of photofase) for adults hatching evaluation. The winged aphids did not present difference in the colonization rate of plants between the treatments. There was also no difference in the abundance of wingless aphids and in the production of winged aphids between the treatments. The results suggests that the parameters that control population establishment such as initial plant choice, fecundity, survivorship and dispersion was not affected by the Bt gene insertion in the cotton plant. The monitoring of coccinelids, specific predators of aphids and ants that spread aphids among the plants did not differed significantly between the treatments, supporting the above statement. Reproductive structures such as cotton squares was produced in the same amount in both, Bt and non- Bt plants. The bollweevil attack measured through the number and percentage of reproductive structures and the average number of adult bollweevils emerged from the squares did not differed significantly between the treatments.

Key-Words: biosafety, Cry toxin, pest, non-target specie

Introdução

O algodoeiro Bt é uma planta geneticamente modificada com genes que expressam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt), como as toxinas Cry e VIP. As variedades disponíveis para comercialização em vários países conferem proteção à planta contra lagartas da ordem Lepidoptera (ESTRUCH et al., 1996; PERLAK et al., 1990, 2001). Essa tecnologia é uma importante ferramenta para o programa de manejo das pragas do algodoeiro por possibilitar a redução do número de aplicações de inseticidas químicos sintéticos e promover um controle mais efetivo contra diversas espécies de lagartas ao proteger a planta em todos os tecidos durante quase todo o ciclo da cultura (FITT e WILSON, 2000; SHARMA e ORTIZ, 2000; WU 2001). No entanto, a inserção de um transgene pode causar modificações não esperadas na interação planta/inseto fitófago/inimigos naturais ao afetar a expressão de outros genes. Essas mudanças podem favorecer insetos fitófagos não alvos produzindo um efeito adverso para a cultura ou o ambiente em que a planta é cultivada (SUJII et al., 2006; THU CUC et al., 2008).

A inserção de um novo gene pode causar alterações na qualidade da planta como alimento para os insetos herbívoros afetando de forma favorável a capacidade reprodutiva ou a sobrevivência do inseto na planta. A própria expressão das novas proteínas pode alterar as interações planta/inseto, mudando, por exemplo, o comportamento de preferência e oviposição de fêmeas, com impacto direto na abundância dessas espécies (FONTES et al., 2002). As proteínas Bt produzidas pela planta podem ainda afetar de forma indireta espécies herbívoras não-alvo ao serem ingeridas por essas e posteriormente afetar espécies em níveis tróficos superiores (predadores e parasitóides), liberando-as do controle biológico natural e aumentando seus danos ao algodoeiro (SUJII et al., 2006).

O plantio de algodão Bt em escala comercial em países como Estados Unidos e China tem resultado na ocorrência de oscilações bruscas na dinâmica de espécies sugadoras da ordem hemiptera como os percevejos e pulgões, com surgimento de altos picos populacionais que causam danos significativos à lavoura. Este quadro ilustra a necessidade de avaliar os riscos ecológicos do uso do algodão Bt antes de sua liberação comercial em outras regiões e condições ecológicas distintas (DENG et al., 2003; TURNIPSEED et al., 2002).

No Brasil, o pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) é uma das pragas mais sérias do algodoeiro. Seus danos diretos são significativos na fase inicial da cultura, quando debilita a planta e transmite vírus que causam doenças e prejudicam o crescimento da planta. Ao final do ciclo, o ataque desta praga prejudica a qualidade das fibras (DEGRANDE 1998; GALLO et al., 2002, FONTES et al., 2006). O pulgão *A. gossypii* foi selecionado, juntamente com o bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), como espécie indicadora de grande importância para avaliar o

efeito da transgenia no algodoeiro sobre a herbivoria de espécies não-alvo devido a sua importância econômica, ampla distribuição geográfica e relevância ecológica da praga na cultura (SUJII et al., 2006).

Diferentes estudos têm avaliado o efeito do algodão Bt sobre a abundância de pulgões e outros hemípteros apresentando resultados contrastantes. Estudos de campo conduzidos nos Estados Unidos (SISTERSON et al., 2003), África do Sul (VAISSAYRE et al., 2005), e Austrália (WHITEHOUSE et al., 2005) não mostraram diferenças na abundância de afídios. Por outro lado, avaliações das populações de pulgões em campos de algodão Bt e não Bt na China mostraram maior abundância de pulgões em parcelas de algodão Bt (DAYUAN 2002; DENG et al., 2003). Em outro estudo realizado por Wu e Guo (2003) nas mesmas condições, mas em outra região da China, não foram encontradas diferenças nas populações de pulgões. Adicionalmente, estudos em laboratório mostraram que pulgões alimentados com algodão Bt apresentaram maior capacidade reprodutiva e maiores taxas de sobrevivência em comparação com indivíduos alimentados com algodão não-Bt, com possível impacto sobre a dinâmica populacional da espécie (LIU et al., 2005,). Esses resultados contrastantes sugerem que será necessário o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de populações de pragas não-alvo que produza resultados mais consistentes, que possa ser usada em estudos de impacto de plantas transgênicas sobre espécies herbívoras não-alvo, como o pulgão e o bicudo. O objetivo deste trabalho foi comparar a taxas de colonização e a dinâmica populacional do pulgão do algodoeiro e o Bicudo do algodoeiro, em parcelas de algodoeiro Bt e não-Bt em um campo experimental.

Material e Métodos

Descrição da área experimental

O trabalho de campo foi realizado no campo experimental. da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília-DF (15° 73' S, 47° 90' W). O campo experimental possui uma área total de 2,4 ha de latossolo vermelho amarelo sendo que uma área de 20 X 50 m, foi usada para a instalação do experimento (Figura 1). A área experimental estava a 10 m de uma mata de galeria e 5 m de um plantio de algodão arbóreo (*Gossypium mustelinum*, *G. barbadense* e *G. hirsutum* var. Marie Galante). O plantio do algodoeiro foi realizado em 05/12/2007 em um desenho experimental de blocos ao acaso com dois tratamentos: algodão Bt (NuOpal) e sua isolinha não transformada (DeltaOpal); com 5 replicações. Cada parcela experimental era composta por 10 linhas de 10 m, com espaçamento de 0,9 m entrelinhas, com stand de 8-10 plantas por metro linear. A correção e adubação do solo, assim como o manejo de plantas invasoras foram realizadas

de acordo com as recomendações técnicas constantes para a região de Cerrado (EMBRAPA 1998; FUNDO... 2006; FREIRE, 2007).

Impacto do Algodoeiro Bt sobre o Pulgão

O monitoramento da população de pulgões foi realizado no período de 27 de dezembro de 2007 a 28 de janeiro de 2008. Este período corresponde ao início do ciclo da cultura, fase na qual ocorrem as maiores taxas de emigração de *Aphis gossypii* para o interior do cultivo do algodoeiro. Em cada parcela, foram selecionadas aleatoriamente cinco linhas de plantio nas quais foram demarcadas 10 plantas por linha, totalizando 50 plantas amostradas por parcela e 250 plantas por tratamento (Figura 1). As plântulas selecionadas foram observadas a cada dois dias quanto a densidade das formas aladas e ápteras de *Aphis gossypii*, a presença de coccinelídeos e formigas associadas aos pulgões. Os pulgões eram contados até um número máximo de 50 indivíduos, pois acima disto já era considerado um colônia grande. Os dados de pluviosidade média durante o período de realização deste trabalho foram cedidos pela CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal), oriundos da Estação de Tratamento de Esgoto Norte (ETE – Norte) (15° 44' S, 47° 72' W), que localiza-se a 800 m do campo experimental. Para auxiliar na contagem dos pulgões foi utilizado um espelho de aumento (10x) com aproximadamente 10 cm de diâmetro, evitando ao máximo o contato com a planta e conseqüentemente a fuga das formas aladas. Durante a realização do experimento não houve aplicação de inseticida na área.

As médias de abundância de alados por planta Bt e não-Bt, a proporção de plantas atacadas por indivíduos alados e ápteros, o número médio de plantas com formigas por parcela e tratamento e o número médio de joaninhas por parcela foram comparados por análise de variância.

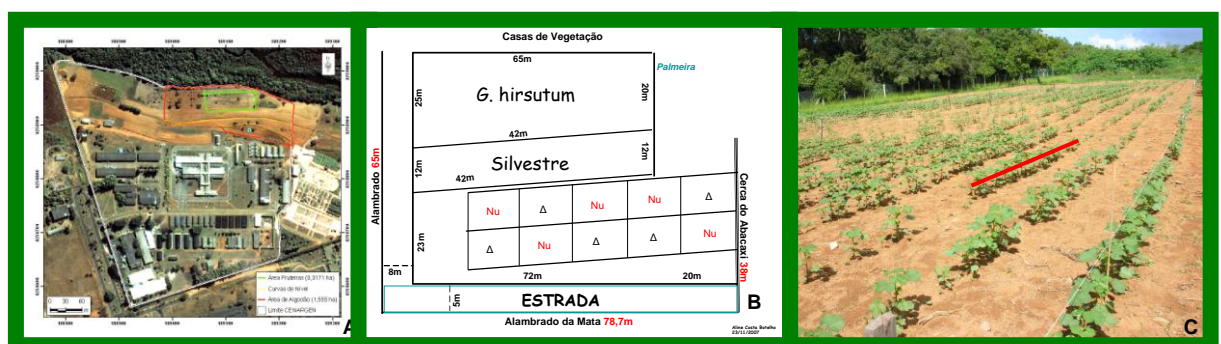


Figura 1: Vista aérea campo experimental Embrapa Cenargen (A); Croqui campo experimental (B); Disposição das plantas amostradas (C).

Impacto do algodoeiro Bt sobre o Bicudo do algodoeiro

O monitoramento do ataque do Bicudo do algodoeiro foi feito através de amostragens quinzenais de botões florais e maçãs do algodoeiro em cada uma das cinco parcelas de cada tratamento, algodoeiro Bt e não-Bt. As amostras são coletadas de acordo com metodologia descrita por Degrande 1991, que consiste em caminhar em ziguezague, em cinco pontos de amostragem dentro de cada parcela, coletando botões florais e maçãs do terço médio superior da planta, assim como os botões florais e maçãs caídos ao solo abaixo da mesma (Figura 2A). A planta selecionada em cada um dos pontos é a que apresenta melhor desenvolvimento vegetativo entre as demais.

De cada ponto amostral, da planta e do solo, é retirada uma sub-amostra de dois botões florais ou maçãs, com sintomas de ataque pelo bicudo caracterizado pelo orifício de oviposição. Cada botão floral ou maçã é isolado em um pote plástico de 250 ml e colocado em estantes no laboratório. Esse material é mantido em condições favoráveis ao desenvolvimento do bicudo ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, 60% umidade e 13 h de fotofase) em salas climatizadas visando monitorar a emergência dos adultos (Figura 2B).



Figura 2: (A) Esquema da amostragem, onde cada extremidade e o ponto central do "Z" foi um ponto de coleta. (B) Sala climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, U. R. = 60% e 13 hs de fotofase), onde foram acondicionadas as estruturas reprodutivas do algodoeiro.

Amostras das plantas foram analisadas quanto a expressão da proteína Bt, através do teste ELISA (*Enzyme-Linked Immuno-Sorbent Assay*) visando assegurar que as plantas Bt estavam expressando a proteína durante o estudo.

As variáveis medidas foram comparadas por teste t e análise de variância com auxílio do programa SigmaStat v. 3.1.

Resultados e Discussão

Impacto do Algodoeiro Bt sobre o Pulgão

Houve um ataque intenso de pulgões desde o início do ciclo da cultura possivelmente favorecido pelas condições de baixa precipitação que ocorreram durante a segunda quinzena de dezembro e primeira quinzena de janeiro. Pulgões alados foram observados em 6-26% das plantas na primeira amostragem em 27 de dezembro e houve um aumento na proporção de plantas atacadas até a metade de janeiro ($F_{1,14} = 14,47$; $P < 0,001$), quando alcançou índices acima de 30% de plantas atacadas (Figura 3) sendo que as densidades de pulgão por planta (Figura 5). também apresentaram o mesmo padrão ($F_{1,14} = 6,47$; $P < 0,001$) Indivíduos ápteros foram observados em 60-84% das plantas de cada parcela na primeira amostragem e apresentaram aumento no nível de infestação até o final da segunda quinzena de janeiro (Figura 4) de forma consistente com a infestação e densidade de formas aladas ($F_{1,14} = 3,81$; $P < 0,001$).

Pulgões alados não apresentaram diferença na proporção de plantas atacadas ou na densidade de indivíduos por planta na colonização de plantas Bt e não Bt (ANOVA, $P > 0,05$), sugerindo que não houve efeito das plantas geneticamente modificadas sobre a colonização direta pelas formas aladas. A comparação gráfica dos tamanhos das colônias de pulgões ao longo do período de coleta também sugere que as populações de indivíduos ápteros foram equivalentes em plantas Bt e não-Bt (Figura 6).

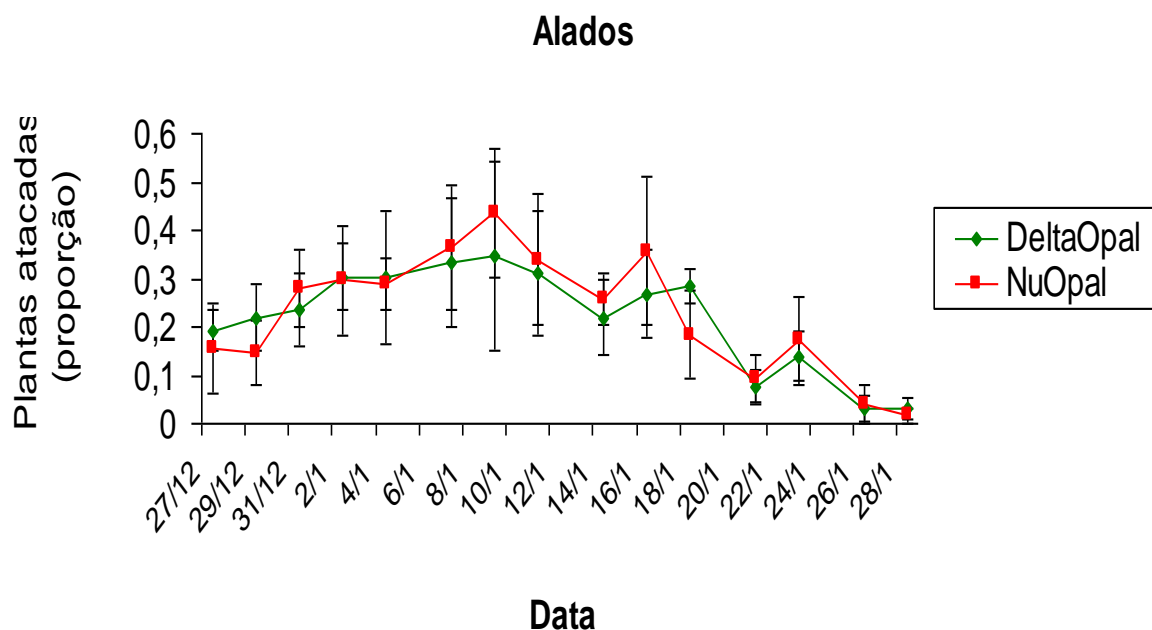


Figura 3: Proporção de plantas Bt e não-Bt atacadas por indivíduos alados.

A ausência de diferença significativa na abundância de pulgões ápteros e na produção das formas aladas entre os tratamentos sugere que os parâmetros que controlam o estabelecimento das populações como fecundidade, sobrevivência e dispersão, foram equivalentes nos dois tratamentos.

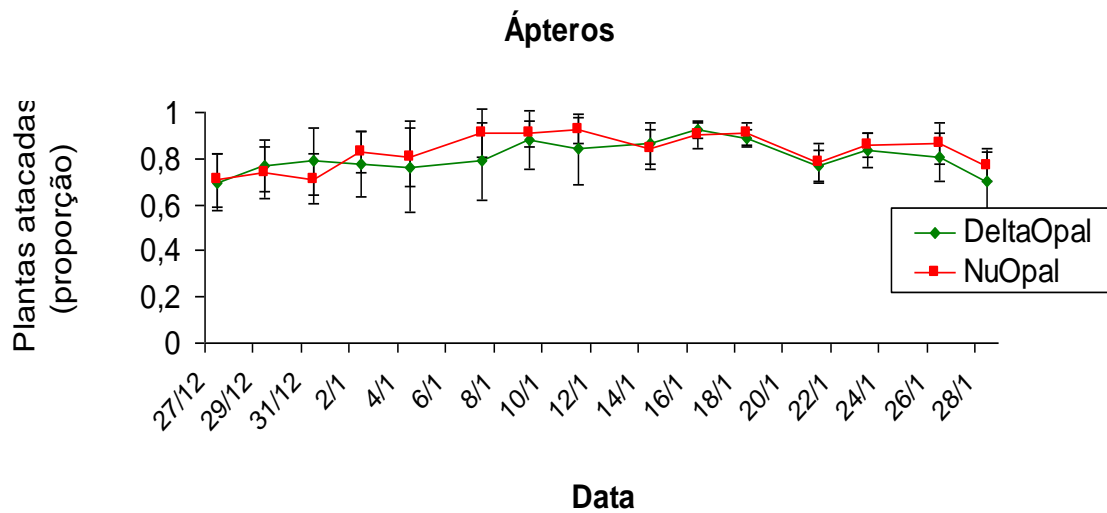


Figura 4: Proporção de plantas Bt e não-Bt atacadas por indivíduos ápteros.

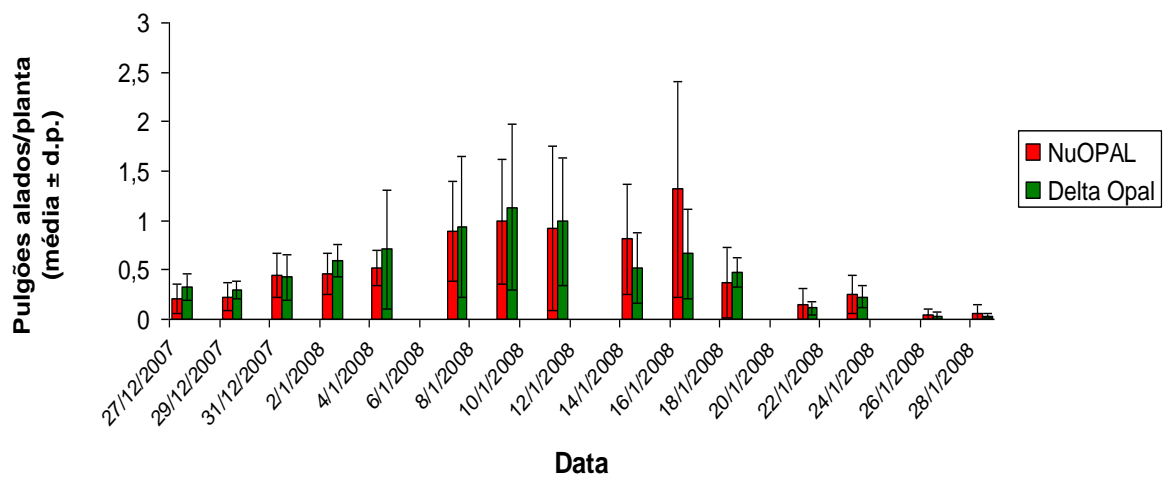


Figura 5: Densidade média e desvio padrão de pulgões alados por planta Bt e não-Bt.

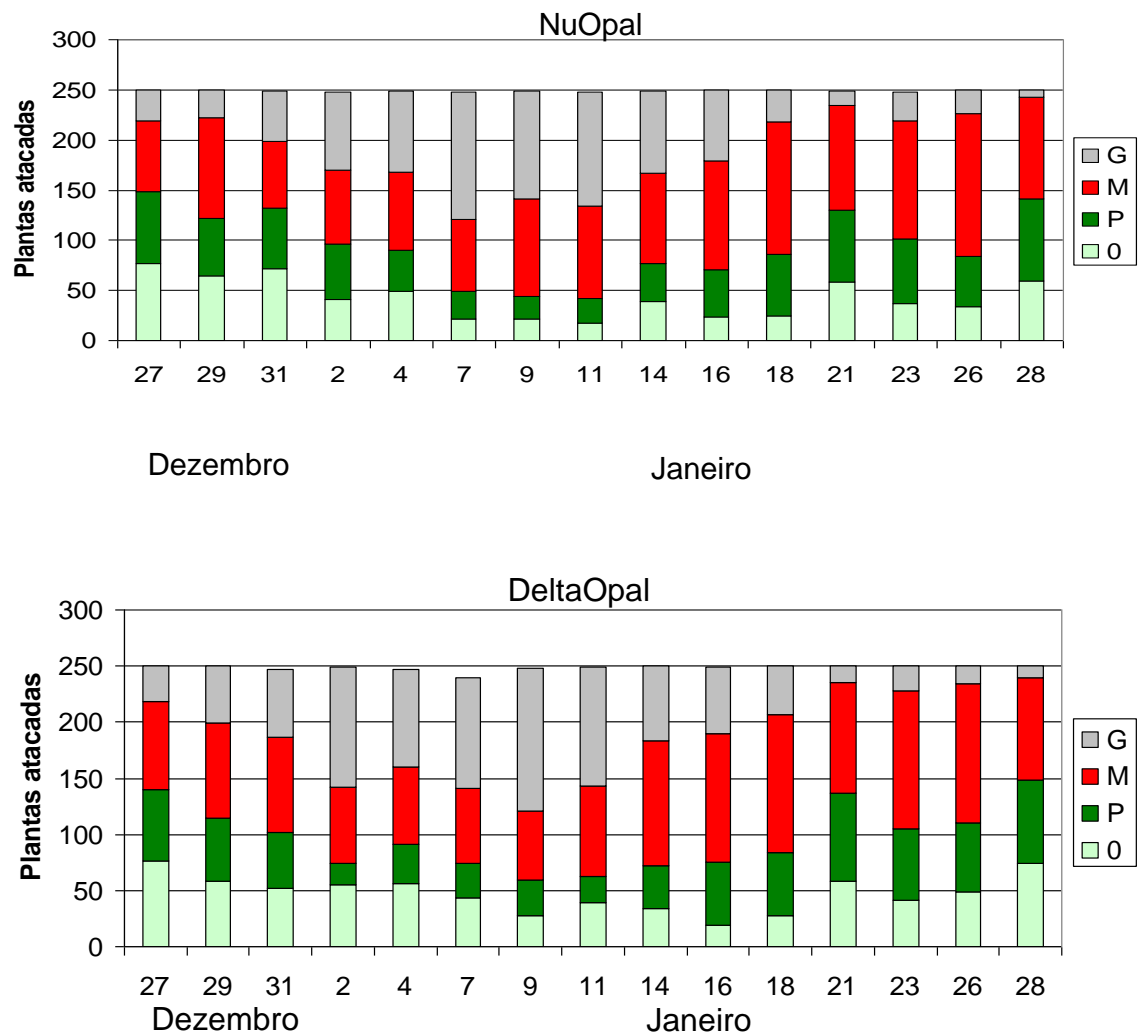


Figura 6: Distribuição dos tamanhos de colônia de pulgão (G > 31 indiv., M = 6 a 30 ind., P < 6 ind. e O = sem ind.) nas plantas de algodoeiro Bt (NuOpal) e não Bt (Delta Opal) em diferentes datas.

Os resultados obtidos em campo experimental confirmam avaliação feita anteriormente em condições de casa-de-vegetação (SUJII et al., 2008), inferindo que o algodão Bt não apresentou ação deletéria ou favoreceu positivamente a colonização do pulgão *A. gossypii*. Não houve diferença estatística significativa na dinâmica populacional do pulgão *A. gossypii* em algodoeiro Bt e não-Bt, em condições de campo experimental

Impacto do Algodoeiro Bt sobre o Bicudo

Fenologia da planta: Não houve diferença significativa no número total de botões coletados na planta e no solo ($P > 0,05$), nas parcelas Nu Opal e Delta Opal (Figura 7A e B), sugerindo produção equivalente nas variedades.

Ataque do bicudo: A maior infestação foi no mês de março e o padrão de ataque foi semelhante para as duas parcelas, não havendo diferença significativa no ataque às estruturas coletadas na planta e no solo ($P = 0.354$), (Figura 8A e B). Foi observado até 50% de ataque em botões florais coletados na planta (Fig. 9A) e mais de 80% daqueles coletados no solo (Fig. 9B) no mês de março. Apesar do aumento do percentual de ataque do bicudo ao longo das coletas, não houve diferença significativa ($P = 0.133$) entre as variedades testadas (Figura 9) e no número médio de adultos emergidos por botão floral (Figura 10 A e B).

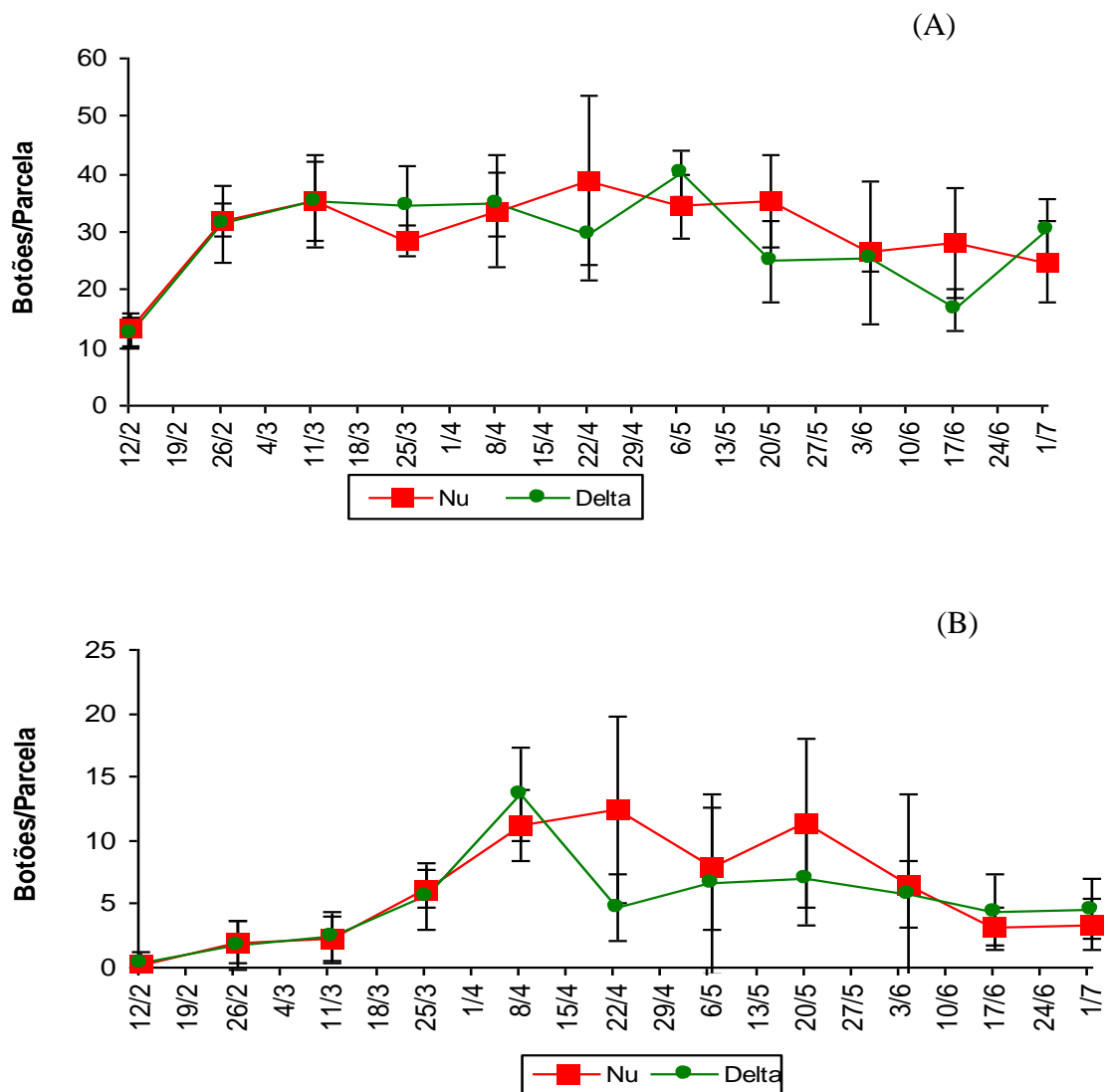


Figura 7 . Número total de botões coletados no terço superior da (A) planta e (B) no solo sob a planta, nas parcelas de algodoeiro Nu Opal (Bt) e Delta Opal (Não Bt) em cinco plantas/parcela e em diferentes datas no DF.

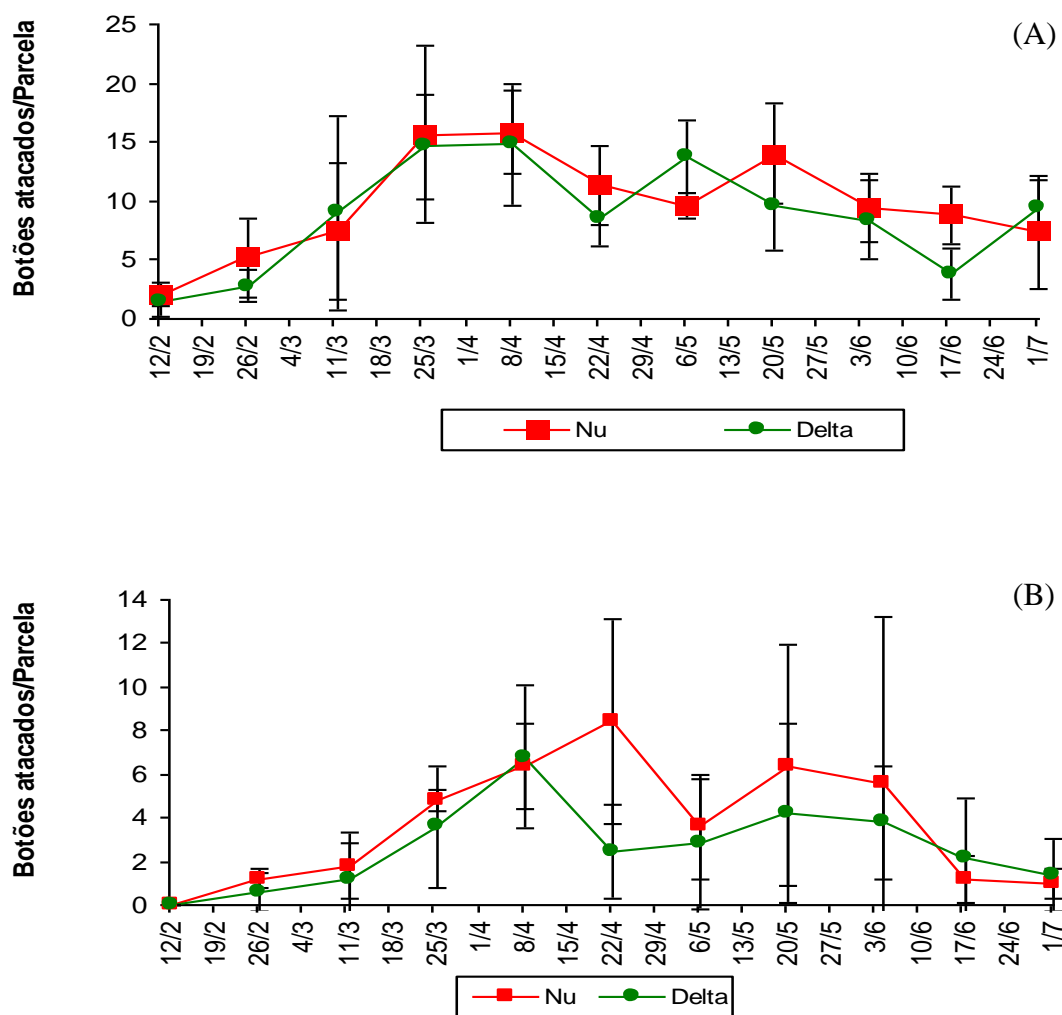


Figura 8. Número total de botões atacados pelo Bicudo no terço superior da (A) planta e (B) no solo sob a planta, nas parcelas de algodoeiro Nu Opal (Bt) e Delta Opal (Não Bt) em cinco plantas/parcela e em diferentes datas no DF.

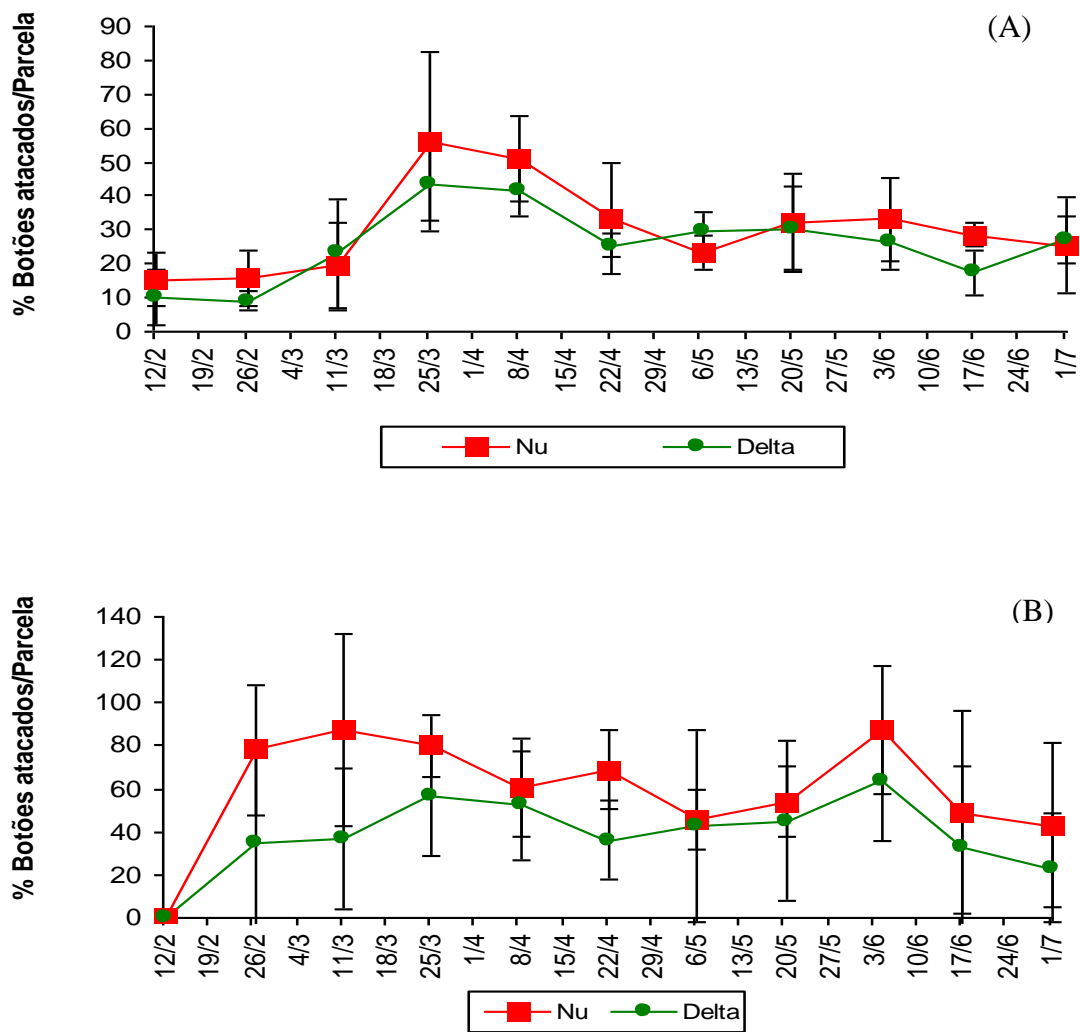


Figura 9. Percentual de botões atacados pelo Bicudo no terço superior da (A) planta e (B) no solo sob a planta, nas parcelas de algodoeiro Nu Opal (Bt) e Delta Opal (Não Bt) em cinco plantas/parcela e em diferentes datas no DF.

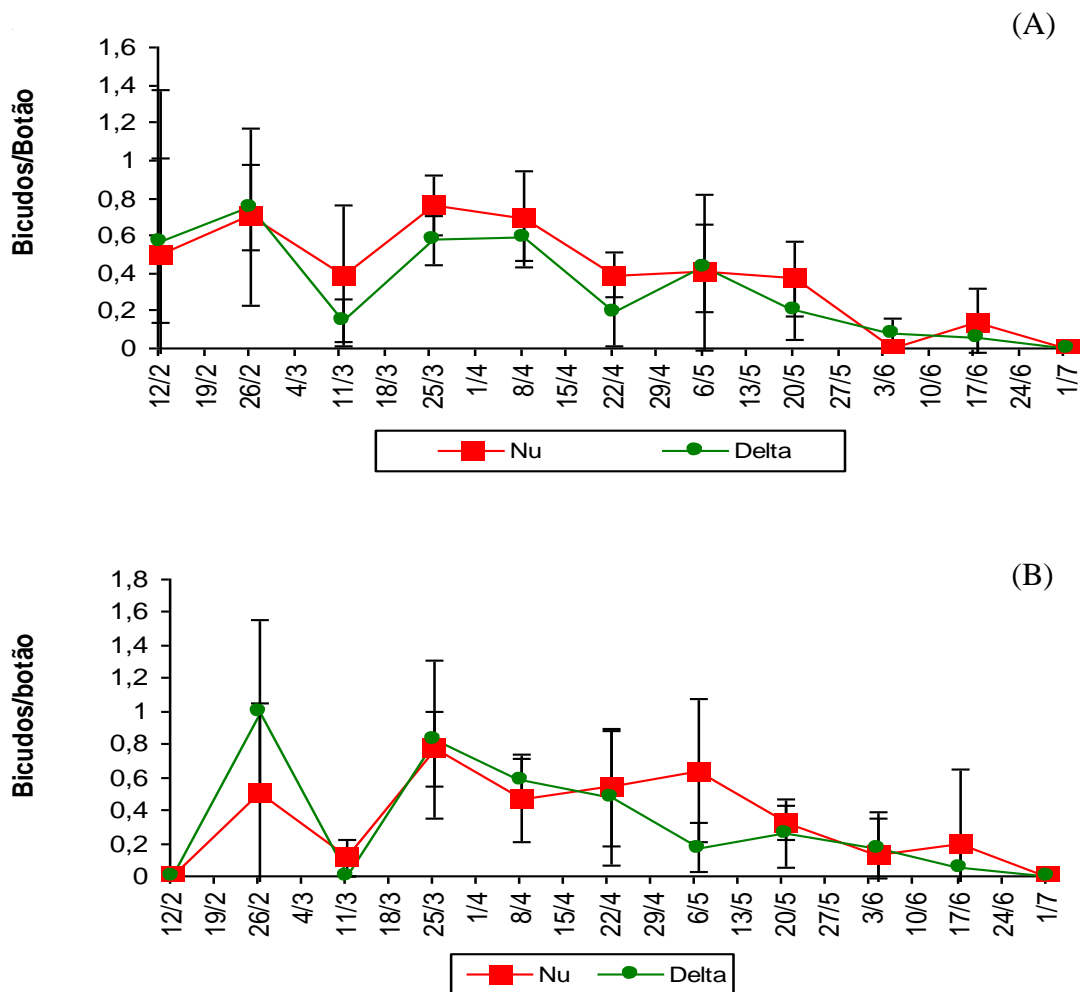


Figura 10. Número médio de Bicudos emergidos por botão em amostras coletadas na (A) planta e (B) no solo sob a planta, nas parcelas de algodoeiro Nu Opal (Bt) e Delta Opal (Não Bt) em diferentes datas no DF.

O ataque do bicudo no algodoeiro *Bt* (Var. NuOpal) não diferiu do ataque na sua isolinha (var. Delta Opal), indicando que a introdução do transgene não teve efeito sobre esta praga não-alvo da tecnologia.

Referências

DAYUAN, X. **A summary of research on the environmental impact of Bt cotton in China.** Published by Greenpeace. 2002. Disponível em: <<http://www.urfig.org/sup-eng-china-gmo-greenpeace-cotton-environment-pt.htm>>. Acesso em: 2008.

DEGRANDE, P. E. **Bicudo do algodoeiro:** táticas de controle para Mato Grosso do Sul. Dourados, MS: UFMG-NCA, 1991. 16 p.

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

DENG, S. D.; XU, J.; ZHANG, Q. W.; ZHOU, S. W.; XU, G. J. Effect of transgenic *Bacillus thuringiensis* cotton on population dynamics of non-target pests and natural enemies. **Acta Entomologica Sinica**, Peking, CN, v. 46, n. 1, p. 1-5, 2003. Disponível em: <<http://www.cabi-publishing.org/Pdf/ActaEntomologicaSinica/ActaEntDeng.pdf>>. Acesso em: 2008.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuário de Oeste. **Algodão**: informações técnicas. Dourados, MS: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. 267 p. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 7).

ESTRUCH, J. J.; GREGORY, G. W.; MULLINS, M. A.; NYE, G. J.; CRAIG, J. A.; KOZIEL, M. G. Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticida protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, US, v. 93, p. 5389-5394, 1996.

FITT, G. P.; WILSON, L. J. Genetic engineering in IPM: Bt cotton. In: KENNEDY, G. G.; SUTTON, T. B. (Ed.). **Emerging technologies for integrated pest management: concepts, research, and implementation**. St. Paul: APS Press, 2000. p. 108-125.

FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; PANIZZI, A. R. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 31, n. 4, p. 497-513, 2002.

FONTES, E. M. G.; RAMALHO, F. de S.; UNDERWOOD, E.; BARROSO, P. A. V.; SIMON, M. F.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; BELTRÃO, N.; LUCENA, W. A.; FREIRE, E. C. The cotton agricultural context in Brazil. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G.; KAPUSCINSKI, A. R.; SCHEI, P. J. (Ed.). **Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. p. 21-66. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms, 2).

FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Mundial Gráfica e Editora, 2007. 917 p.

FUNDO DE APOIO A CULTURA DO ALGODÃO. **Algodão**: pesquisas e resultados para o campo. Cuiabá, MT, 2006. 390 p. (Publicações FACUAL, 2).

GALLO, D.; NAKANO, O.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, E. (Ed.). **Entomologia agrícola**. Piracicaba, SP, FEALQ, 2002. 920 p.

LIU, X. D.; ZHAI, B. P.; ZHANG, X. X.; ZONG, J. M. Impact of transgenic cotton plants on non-target pest, *Aphis gossypii* Glover. **Ecological Entomology**, London, GB, v. 30, p. 307-315, 2005.

PERLAK, F. J.; DEATON, R. W.; ARMSTRONG, T. A.; FUCHS, R. L.; SIMS, S. R.; GREENPLATE, J. T.; FISCHOFF, D. A. Insect resistant cotton plants. **Biotechnology**, Frankfurt, DE, v. 8, n. 10, p. 939-943, 1990.

PERLAK, F. J.; OPPENHUIZEN, M. M.; GUSTAFSON, K.; VOTH, R.; SIVASUPRAMANIAM, S.; HEERING, D.; CAREY, B.; IHRIG, R. A.; ROBERTS, J. K. Development and commercial use of Bollgard cotton in the USA: nearly promises versus today's reality. **The Plant Journal**, Oxford, GB, v. 27, n. 6, p. 489-501, 2001.

SHARMA, H. C.; ORTIZ, R. Transgenics, pest management, and the environment. **Current Science**, Columbus, US, v. 79, n. 4, p. 421-437, 2000.

SISTERSON, M. S.; BIGGS, R. W.; OLSON, C.; CARRIÈRE, Y.; DENNEHY, T. J.; TABASHNIK, B. E. Arthropod abundance and diversity in BT and non-Bt cotton fields. **Environmental Entomology**, College Park, US, v. 33, p. 921-929, 2004.

SUJII, E. R.; LOVEI, G. L.; SETAMOU, M.; SILVIE, P.; FERNANDES, M. G.; DUBOIS, G. S. J.; ALMEIDA, R. P. Non-target and biodiversity impacts on non-target herbivorous pests. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A.; FONTES, E. M. G.; KAPUSCINSKI, A. R.; SCHEI, P. J. (Ed.). **Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006. p. 133-154. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms, 2).

SUJII, E. R.; TOGNI, P. H. B.; NAKASU, E. Y. T.; PIRES, C. S. S.; PAULA, D. P.; FONTES, E. M. G. Impacto do algodoeiro Bt na dinâmica populacional do pulgão-do-algodoeiro em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 10, p. 1251-1256, 2008.

THU CUC, N. T.; SUJII, E. R.; WILSON, L. J.; UNDERWOOD, E.; ANDOW, D. A.; HAO, M. V.; ZHAI, B.; CHIEN, H. V. Potential effect of transgenic cotton on non-target herbivores in Vietnam. In: ANDOW, D. A.; HILBECK, A.; TUAT, N. V. (Ed.). **Challenges and opportunities with Bt cotton in Vietnam**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2008. p. 138-175. (Environmental risk assessment of genetically modified organisms, 4).

TURNIPSEED, S. G.; SULLIVAN, M. J.; HAGERTY, A. M.; JENKINS, R. A.; RIDGE, R. Predaceous arthropods and the Stinkbug/Plantbug complex as factors that may limit the potential of Bt cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 2002. **Proceedings...** Memphis, Tennessee: National Cotton Research Council, 2002. CD-ROM.

VAISSAYRE, M.; HOFES, J.; SCHOEMAN, A.; MELLET, M. Impact des cotonniers génétiquement modifiés sur la biodiversité de la faune entomologique: le cas du coton Bt en Afrique de Sud. **International Journal of Tropical Insect Science**, Wallingford, GB, v. 25, n. 2, p. 63-72, 2005.

WHITEHOUSE, M. E. A.; WILSON, L. J.; FITT, G. P. A comparison of arthropod communities in transgenic Bt and conventional cotton in Australia. **Environmental Entomology**, College Park, US, v. 35, p. 1224-1241, 2005.

WU, K. IPM in cotton. In: JIA, S. (Ed.). **Transgenic cotton**. Beijing, China: Science Press, 2001. p. 218-224.

WU, K.; GUO, Y. Influences of *Bacillus thuringiensis* Berliner cotton planting on population dynamics of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, in Northern China. **Environmental Entomology**, College Park, US, v. 32, p. 312-318, 2003.