

Julho de 2014

Publicação periódica de difusão científica e tecnológica editada pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmT) e dirigida a profissionais envolvidos com o cultivo e beneficiamento do algodão.

Diretor executivo

Álvaro Salles

Contato

www.imamt.com.br

Email

imamt@
imamt.com.br

Tiragem

2000 exemplares



Helicoverpa spp. em maçã de algodoeiro (Foto: IMAmT).

Algodão Bt e refúgio: orientações para manejo da resistência

Érica Martins¹, Paulo Queiroz¹, Carlos Marcelo Soares¹ e Rose Monnerat²

O algodão transgênico com atividade inseticida, popularmente conhecido como algodão Bt, é uma ferramenta importante dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), pois foi transformado com a incorporação de uma ou mais toxinas isoladas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), conhecidas como proteínas Cry. Diversas são as vantagens da utilização das plantas Bt, tais como: a eficiência no controle das pragas-alvo; a redução do emprego de inseticidas químicos, com consequente

redução dos custos de produção e a preservação de insetos benéficos que favorecem o controle biológico natural.

Como funcionam as plantas Bt no controle das pragas?

As proteínas Cry são altamente específicas para matar algumas espécies de insetos da Ordem Lepidoptera (lagartas). As lagartas, ao se alimentarem de algodão Bt por meio da raspagem das folhas ou demais tecidos, ingerem as toxinas,

(1) Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmT. Convênio IMAmT/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF. Email: ericamartins@imamt.com.br.

(2) Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Laboratório de Bactérias Entomopatogênicas. Prédio do Controle Biológico. PqEB – Av. W5 Norte (Final). Brasília, DF CEP: 70770-917.

que se ligam a receptores específicos das células do intestino, causando a sua morte (Figura 1).

No intestino do inseto, existem diferentes proteínas que exercem a função de receptores das toxinas expressas nas plantas Bt. Esses receptores podem ser associados à ideia de uma fechadura. Na população de insetos em campo, existem lagartas com vários possíveis receptores, ou seja, várias possíveis fechaduras. A função da toxina Bt é funcionar como uma chave que desencadeia várias modificações nas células do intestino do inseto e que o levam à morte. Assim, o inseto que possuir uma fechadura (receptor) reconhecida pela toxina Bt (chave) morrerá. A lagarta que tiver uma fechadura (receptor) não reconhecida pela toxina não morrerá. Então, o inseto sensível é aquele que possui um receptor reconhecido pela toxina Bt, que é produzida pela planta transgênica, e o resistente é aquele cujo receptor não é reconhecido pela toxina Bt, ou seja, que não morrerá pela ação desta toxina (Figura 2, página ao lado).

A expressão das toxinas inseticidas no

algodão Bt ocorre durante todo o ciclo de vida da planta. Por isso elas são responsáveis por exercer uma elevada pressão de seleção nas populações de insetos-praga. Poucos são os eventos e grande parte deles expressa a mesma toxina, o que aumenta ainda mais a pressão de seleção sobre os insetos-alvo.

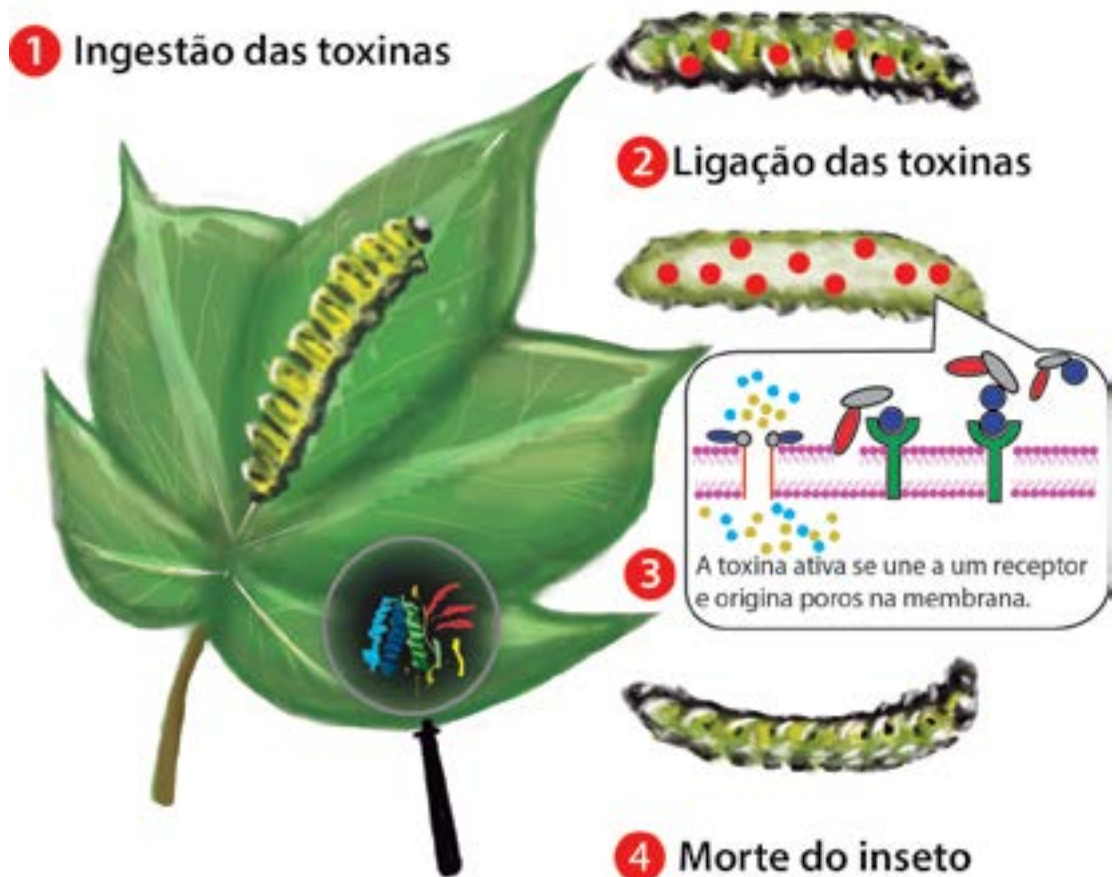
Atualmente, no Brasil, existem 38 eventos transgênicos liberados para uso em campo, em diversas plantas. As variedades de algodão expressando as toxinas Bt liberadas comercialmente incluem as tecnologias Bollgard I® (Cry1Ac), Bollgard II® (Cry2Ab2/Cry1Ac), TwinLink® (Cry1Ab, Cry2Ae) e Widestrike® (Cry1Ac, Cry1F).

O uso contínuo de plantas Bt pode selecionar populações de insetos resistentes, que sobrevivem à exposição da toxina Bt. Atualmente, um grande desafio para o agricultor é retardar a resistência.

Mas o que é a resistência?

A resistência é a seleção de organismos que possuem habilidade para tolerar doses de toxinas que seriam letais para a maioria da

Figura 1. Esquema ilustrando o modo de ação das toxinas Cry. Após a ingestão pelo inseto, as toxinas Cry, expressas nos tecidos da planta de algodão (1), são ativadas pelo conteúdo do intestino do inseto e tornam-se ativas. Esta toxina se liga aos receptores (fechadura) (2) e forma um poro na membrana da célula do inseto (3). O resultado é a morte do inseto (4).



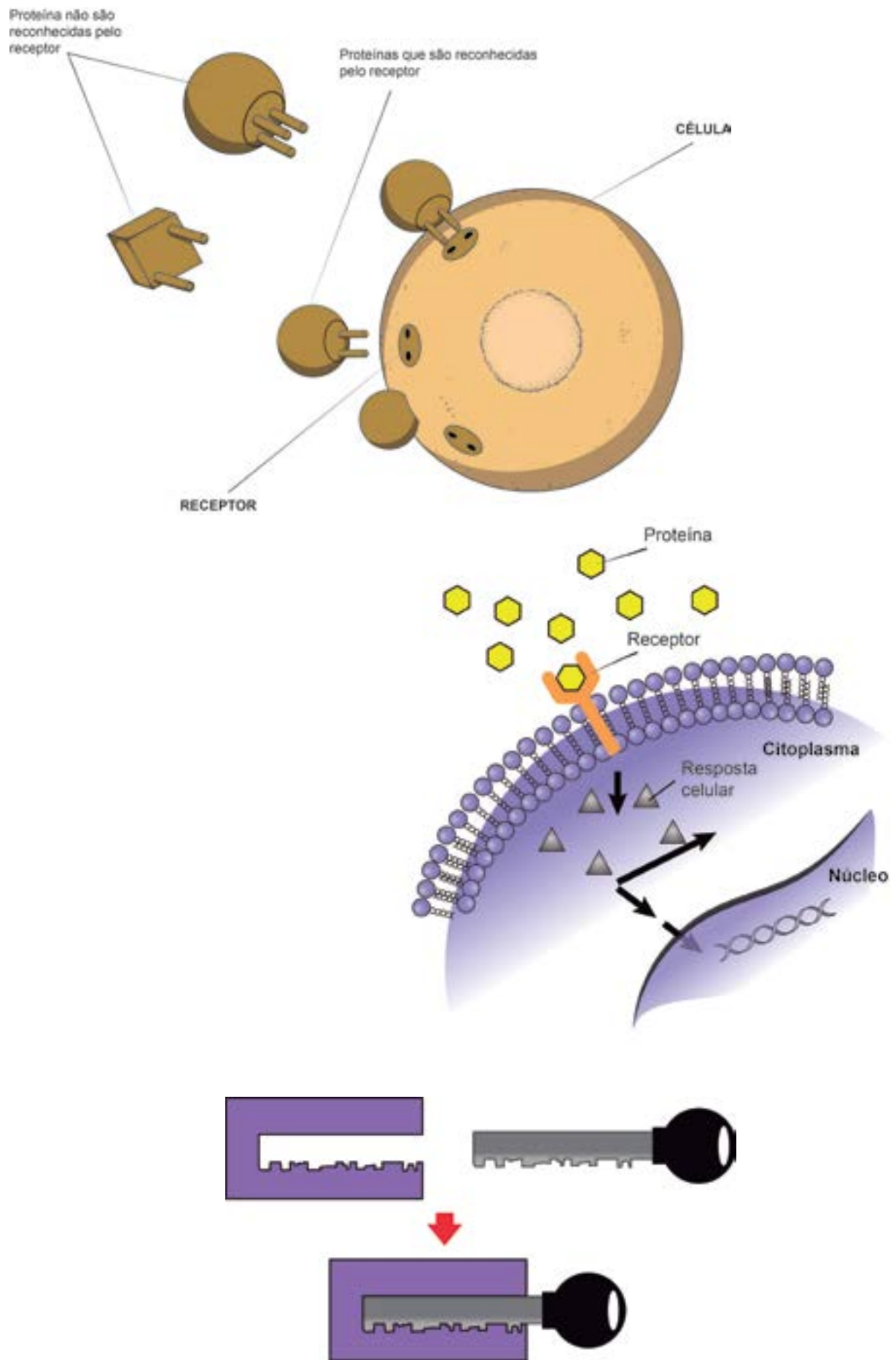


Figura 2. Modelo de reconhecimento das toxinas Cry pelos receptores nas células dos insetos.

população normal (sensível: 🦋 ou 🦋) da mesma espécie. É uma característica hereditária que está presente nas populações dos insetos que já estão no campo. É necessário, portanto, acompanhar a evolução desses indivíduos resistentes (🦋).

Os insetos de uma mesma população possuem diferentes combinações de receptores. Alguns possuem somente receptores (fechaduras) que reconhecem as toxinas Bt e são sensíveis (🦋) a essa tecnologia. Outros possuem receptores que não reconhecem as toxinas Bt e são resistentes (🦋). E há, ainda, alguns que possuem os dois tipos de receptores (🦋), mas, mesmo assim, são sensíveis à toxina. Essas diferentes combinações, dentro de uma mesma população, são denominadas **variabilidade**. As plantas Bt exercem **seleção** nos insetos sensíveis, permitindo que somente os resistentes sobrevivam (**adaptação**) e passem essa característica aos seus descendentes (*Figura 3*).

Como podemos retardar a evolução da resistência?

Com o objetivo de evitar ou retardar a evolução da resistência das pragas ao algodão Bt, deve-se utilizar o manejo da resistência de insetos (MRI), que consiste em um conjunto de várias práticas aplicadas nas áreas agrícolas, destacando-se entre elas a utilização de plantas que expressam as toxinas em quantidade suficiente para matar os insetos-alvo e a existência e manutenção de áreas de refúgio.

A expressão das toxinas Bt nos diferentes eventos é variável, mas as empresas que comercializam as sementes garantem que os insetos-alvo são controlados ou têm sua população suprimida (*Tabela 1*), isto é, com pelo menos 60% de controle, segundo a definição da Monsanto.

Essa expressão significa que as plantas produzirão quantidades suficientes da toxina Bt para eliminar da população os insetos sensíveis a toxinas Bt. É justamente por isso que se faz necessário manter insetos heterozigotos em campo (*Figura 3*).

Figura 3. Esquema ilustrando a dinâmica genética dos insetos em uma população de campo.

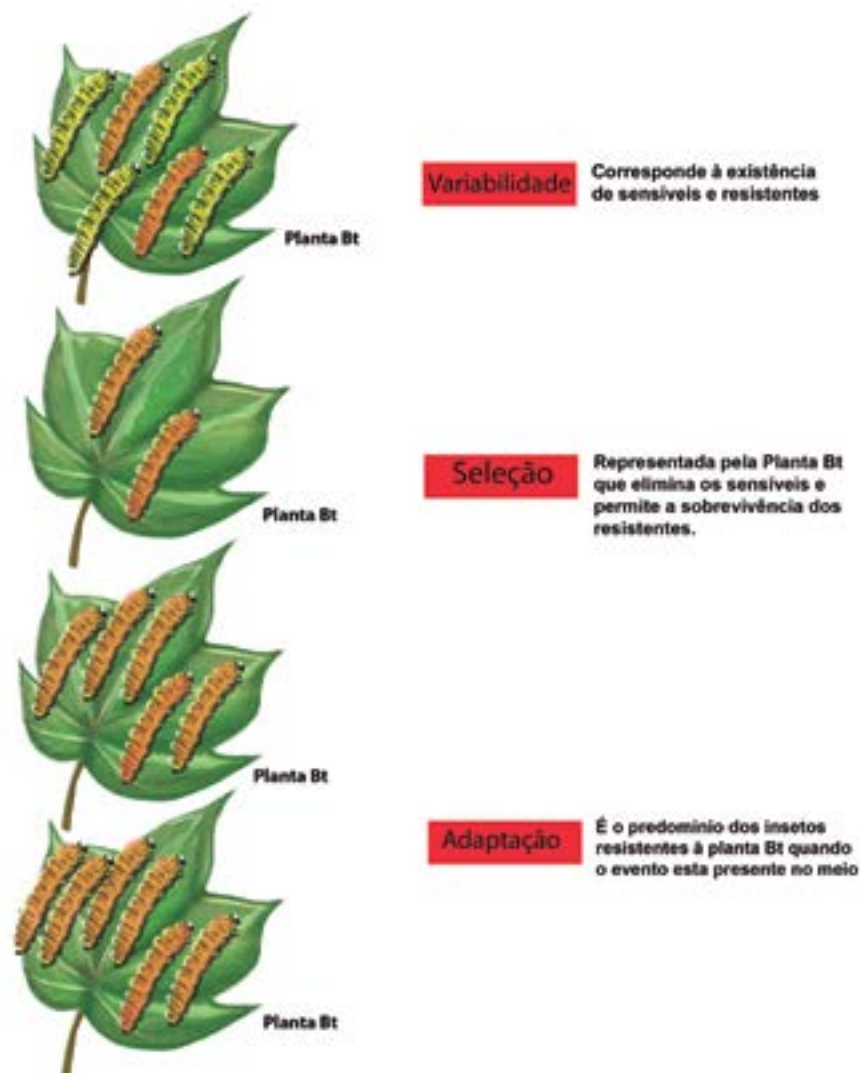


Tabela 1. Tecnologias Bt usadas para o controle das principais pragas do algodão.

| Algodão | Indicações | | Referência |
|--------------------|--|---|-------------------------|
| | Controle | Supressão | |
| TwinLink® | <i>Helicoverpa zea</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Plutella gossypiella</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i> | - | Bayer (2008) |
| Bolgard II® | <i>Alabama argillacea</i> , <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Chrysodeixis includens</i> | <i>Helicoverpa spp.</i> , <i>Spodoptera spp.</i> | Monsanto (2014) |
| Widestrike® | <i>Heliothis virescens</i> , <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Spodoptera eridania</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Chrysodeixis includens</i> , <i>Agrotis ipsilon</i> , <i>Alabama argillacea</i> | - | Dow AgroSciences (2007) |



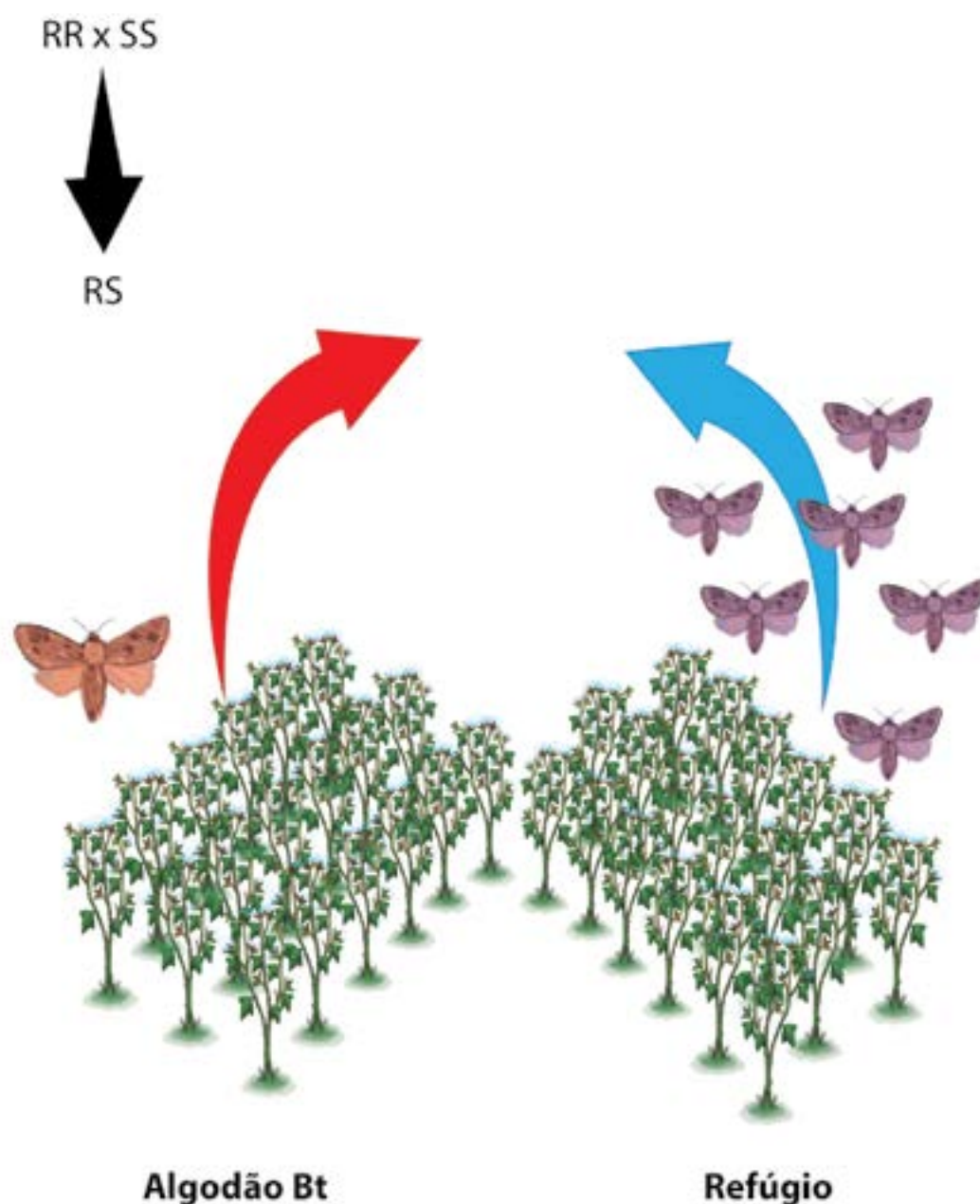
Lagarta de *Heliothis virescens* em algodoeiro (Foto: IMAMt).

A dose da toxina expressa na planta de algodão deve ser suficiente para matar mais de 99% dos insetos **heterozigotos** (🦋). Nas áreas com plantas Bt, sobreviverão apenas os insetos **homozigotos** recessivos (🦋). Dessa forma, os insetos resistentes (🦋) serão mantidos em baixa frequência no campo. No início da comercialização de plantas Bt, estimava-se que aproximadamente um em cada mil insetos poderia ser portador do gene para resistência. Assim, apenas um em um milhão seria portador de duas cópias desse gene (Figura 4).

A fim de manter baixo o número de indivíduos resistentes, deve haver cruzamentos desses indivíduos com outros que não tenham sido expostos à pressão de seleção das plantas Bt. E como fazer isso?

A melhor estratégia para disponibilizar insetos susceptíveis à tecnologia Bt é a implementação de áreas de refúgio. Essa ferramenta preconiza a estruturação de área com planta não Bt, de porte e ciclo vegetativos similares aos do transgênico. No refúgio, a praga-alvo terá condições de sobrevivência e reprodução, sem ser exposta à pressão de seleção da proteína inseticida expressa na planta Bt.

Figura 4. Representação esquemática da migração de insetos sensíveis (de áreas de refúgio) e resistentes (selecionados pela tecnologia Bt) para acasalamento.



**Possibilitar o encontro
de resistentes e sensíveis
para acasalamento**

Como implantar refúgios nas lavouras de algodão Bt?

O refúgio deve ser estruturado para maximizar a chance de as mariposas suscetíveis se acasalarem com as resistentes. Com relação às plantas, elas devem ter o mesmo porte e ciclo das plantas Bt, sendo melhor utilizar exatamente a mesma cultivar, mas que não expresse qualquer toxina Bt. Devem ser, também, semeadas na mesma época. Assim, presume-se que o complexo de lagartas-praga que se sucedem nas diferentes fases fenológicas da lavoura terá seu par ocorrendo no mesmo período no refúgio.

Os tratamentos fitossanitários no refúgio de-

vem ser realizados como na lavoura convencional e não se deve utilizar bioinseticidas à base de Bt que possuam em sua composição as mesmas toxinas expressas no algodão Bt. O Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt) recomenda, assim como a instrução que será lançada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que o tratamento de refúgio siga as recomendações das empresas detentoras das tecnologias Bt.

- *Recomendação Bayer* – área de refúgio da tecnologia TwinLink®: a recomendação técnica é para que haja refúgio estruturado com 20% da área plantada com sementes não Bt de variedades de



Lagarta de *Spodoptera frugiperda* em flor de algodoeiro (Foto: C. F. Cardoso).

mesmo ciclo ou similar, respeitando-se a distância máxima de 800 metros entre o refúgio e as culturas Bt, com realização de MIP e aplicação quando necessário e uso das demais práticas de MRI (Bayer, 2008 e Bayer, 2014).

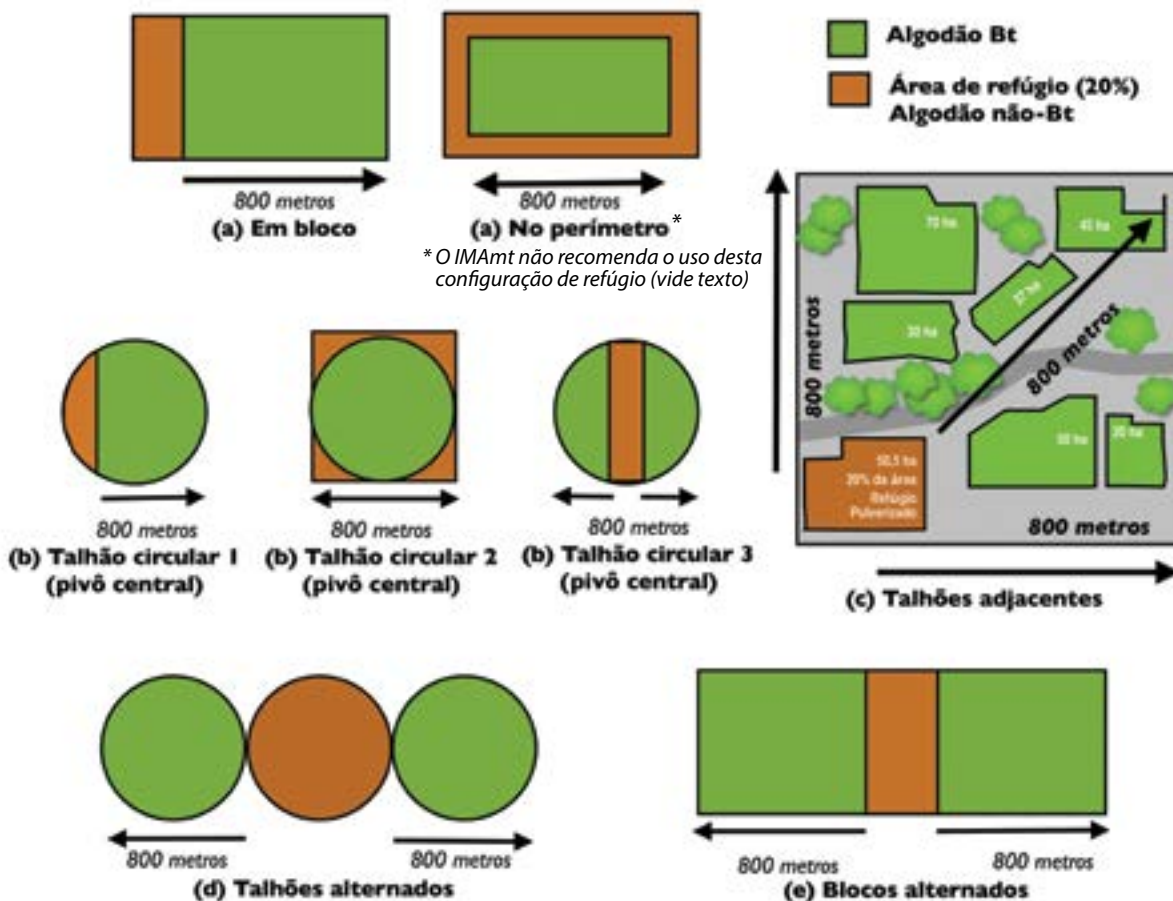
- **Recomendação Dow** – área de refúgio da tecnologia Widestrike®: a recomendação técnica é para que haja refúgio estruturado com 20% da área plantada com sementes não Bt de variedades de mesmo ciclo ou similar, respeitando-se a distância máxima de 800 metros entre o refúgio e as culturas Bt, com realização de MIP e aplicação quando necessário e uso das demais práticas de MRI (Dow AgroSciences, 2007).
- **Recomendação Monsanto** – área de refúgio da tecnologia Bollgard II®: a área de refúgio, usando uma variedade não Bt, pode ser de **5%, com exatamente o mesmo manejo químico da área Bollgard II®**, ou de 20%, com aplicações químicas suplementares visando o controle de lagartas, usando níveis de con-

trole especificados no “manual técnico de produto” (Monsanto, 2012 e 2014). O ideal seria não ultrapassar quatro aplicações suplementares.

Não apenas cada propriedade que cultiva plantas Bt deve instalar suas próprias áreas de refúgio, como também as áreas de refúgio devem ser planejadas em parceria com os vizinhos de propriedade. Os produtores vizinhos podem estabelecer parcerias tanto para as escolhas das plantas Bt que irão cultivar quanto para a organização das áreas de refúgio visando a maximização do efeito das mesmas nas diferentes propriedades estabelecidas na região.

Além disso, a área de refúgio estruturado não deve estar a mais de **800 metros de distância** (Figura 5) das plantas transgênicas. Essa é a distância máxima verificada pela dispersão dos adultos de *S. frugiperda* no campo, por exemplo. Todas as recomendações são no sentido de sincronizar os cruzamentos dos possíveis adultos sobreviventes na área de plantas Bt com susceptíveis emergidos na área de refúgio (Figura 6, página ao lado).

Figura 5. Exemplos de configurações de refúgio.



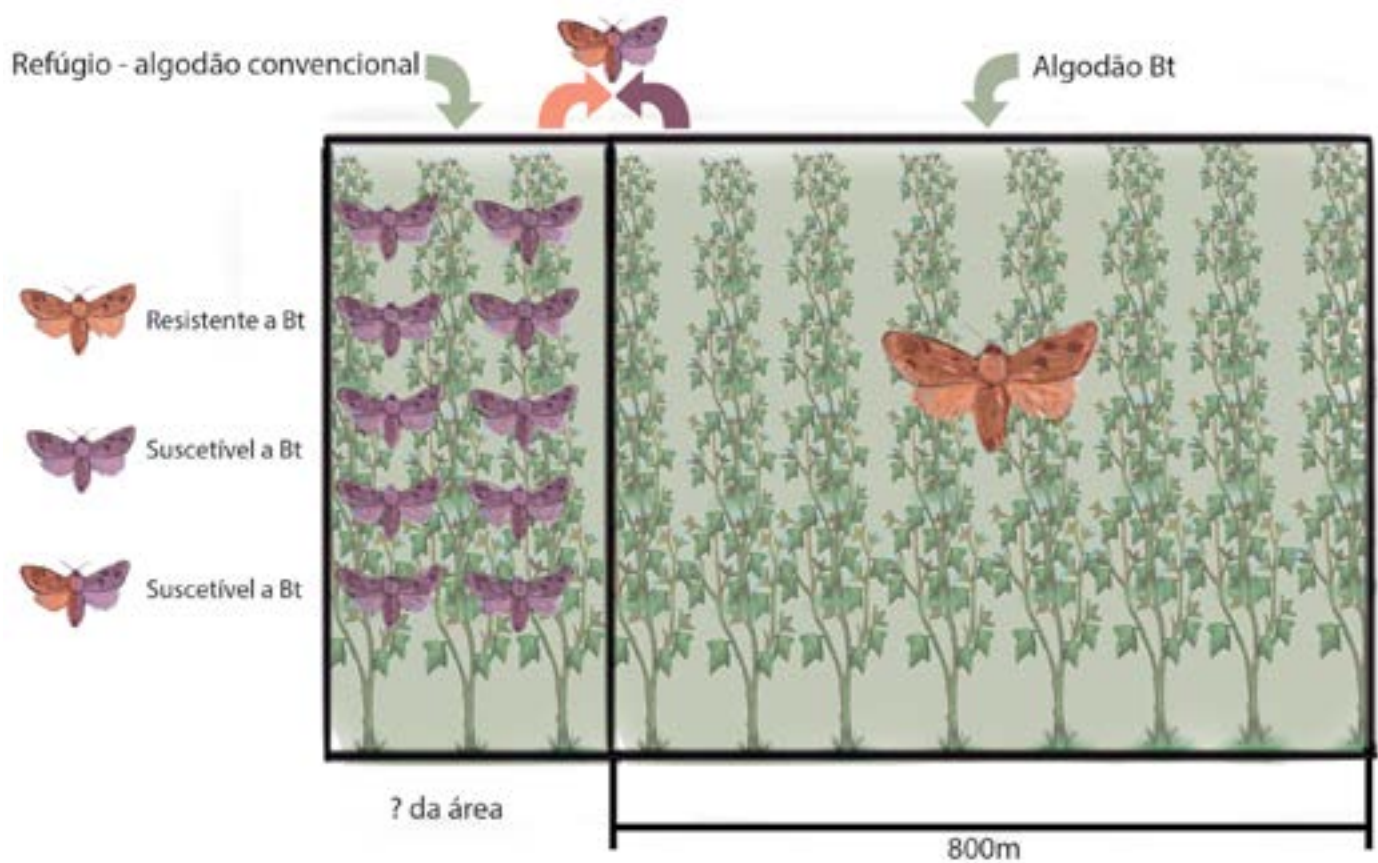


Figura 6. Proporção da área de refúgio.



Lavoura de algodão em Mato Grosso.

Devido à crescente infestação do bicudo do algodoeiro, o IMAmt recomenda que não seja usada a configuração de refúgio em bordadura (no perímetro). Pois, nesse caso, são necessárias aplicações sistemáticas na bordadura para o controle do bicudo, reduzindo ao mesmo tempo as populações de lepidópteros, o que desconfiguraria a situação de refúgio em bordadura.

Adotando-se as estratégias para manejo da resistência, as plantas transgênicas manterão sua eficácia por mais tempo sem a necessidade do uso excessivo de inseticidas. E, sempre que possível, deve-se dar preferência pela utilização do controle bio-

lógico com vírus, Trichograma, entre outros.

O MAPA está regulamentando um Comitê Técnico que será composto por empresas públicas e privadas (e do qual o IMAmt fará parte) com o objetivo de avaliar e discutir, ano a ano, a situação das áreas de refúgio no Brasil, assim como a evolução da resistência das pragas-alvos. Em função dos resultados, será possível modificar as recomendações de área de refúgio, com o intuito de evitar a perda da eficácia da tecnologia Bt.

Então, é preciso considerar o seguinte: o inseto resistente já está no campo, mas em pequena quantidade, e são as nossas ações em campo o que determinará se eles serão maioria ou minoria.



Recomendações dos obtentores

BAYER. BayerCropScience LP. Alejandra L. Scott. Petition for Determination of Nonregulated Status for Insect-Resistant and Glufosinate Ammonium-Tolerant cotton: TwinLink™ cotton (events T304-40 x GHB119). United States Petition, December 4, 2008.

BAYER, 2014. Disponível em: <http://fibermaxbrasil.com.br/refugio/>. Acessado em: 09 de julho de 2014.

Dow AgroSciences; Boletim Técnico: WideStrike™ : Algodão resistente a insetos, com as proteínas Cry1Ac e Cry1F. Dow AgroSciences LLC, Indianapolis, IN. 2007. Disponível em: http://www.fibermaxbrasil.com.br/Boletim_Tecnico_WideStrike.pdf. Acesso em: 01 de julho de 2014.

MONSANTO. BOLLGARD II RR FLEXTM – Manual Técnico de produto. 2012.

MONSANTO, Treinamento Bollgard II RRFlex e RRFlex. 2014.



REALIZAÇÃO



Ministério da
Agricultura Pecuária
e Abastecimento



APOIO FINANCEIRO

