

## Uso do Milho *Bt* no Manejo Integrado de Lepidópteros-praga: Recomendações de Uso

<sup>1</sup> Simone Martins Mendes

<sup>2</sup> José Magid Waquil

A necessidade da racionalização da utilização de insumos agrícolas e de sustentação de patamares cada vez mais competitivos tem levado os agricultores à adoção de pacotes tecnológicos e novos insumos cada vez mais eficazes.

O advento do milho geneticamente modificado contendo o gene *bt* trouxe alternativa para o manejo integrado de lepidópteros-praga na cultura do milho. Essa tecnologia passa rapidamente do *status* de novidade para realidade no cenário agrícola do país. Para constatar esse feito, basta observar, além das estatísticas lançadas por diferentes setores do

agronegócio, as lavouras de milho de diferentes regiões. Muitos agricultores já adotaram a tecnologia e muitos já estão observando a condução das lavouras próximas, que investiram na “novidade” com vistas na próxima safra, cuja expectativa é de que o uso do milho *Bt* possa alcançar 50 % da área plantada.

No entanto, ainda permeamos por um cenário cheio de dúvidas e questionamentos em torno da eficácia e das formas de utilização do milho *Bt* dentro do contexto do manejo integrado de pragas. Nessa atmosfera, resumimos os riscos e benefícios da tecnologia, além da forma adequada de sua utilização.

<sup>1</sup> Simone Martins Mendes - Enga. Agra., Doutor, Entomologia. Embrapa Milho e Sorgo, C. Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG. [simone@cnpmis.embrapa.br](mailto:simone@cnpmis.embrapa.br)

<sup>2</sup> José Magid Waquil - Eng. Agr., PhD, Entomologia. Pesquisador Aposentado Embrapa Milho e Sorgo, C. Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG.

[jmwaquil@gmail.com](mailto:jmwaquil@gmail.com)

### Pragas-chave:

Vários são os insetos relatados como pragas na cultura do milho (http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/pragas.htm). Contudo, o grupo dos lepidópteros merece posição de destaque dentro dessa relação, seja pelo dano causado às lavouras, pela frequência de ocorrência ou pela dificuldade de controle com os métodos tradicionalmente utilizados até então, como a aplicação de inseticidas químicos. Assim, segue uma lista sumarizada dos principais lepidópteros-praga que ocorrem na cultura do milho.

**1. Lagarta elasmó, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)** - Essa espécie ataca as plântulas logo após a emergência, sendo o período de susceptibilidade relativamente curto, de duas a três semanas. Os adultos são pequenas mariposas de hábitos rasteiros e estão sempre pousados no solo, onde geralmente colocam seus ovos. Os sintomas da infestação caracterizam-se, inicialmente, pela murcha e, posteriormente, pela morte das folhas centrais, permanecendo as folhas mais velhas verdes (sintoma denominado coração morto). A incidência da lagarta elasmó se dá principalmente em período de estiagem, em culturas semeadas em solos leves e soltos, podendo seus danos ser reduzidos pelo suprimento de água. O prejuízo é causado pelo grande número de falhas no campo.

**2. Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith)** - Os adultos da lagarta-do-cartucho são mariposas de hábitos noturnos e migratórios. Durante o dia, as mariposas são encontradas normalmente dentro do cartucho das plantas. Durante a noite, os adultos têm intensa atividade de acasalamento, dispersão e migração. As fêmeas, depois do acasalamento, depositam massas de ovos (150 a 250 ovos/postura) nas folhas (Figura 01). Após a eclosão, as larvas de primeiro ínstar têm comportamento dispersivo, migrando para outras folhas e plantas. No início, raspam as folhas e deslocam-se para as partes mais protegidas das plantas, procurando se

alimentar nas regiões de crescimento. O dano típico dessa espécie ocorre nas folhas novas dentro do cartucho (Figura 02). Entretanto, sob determinadas condições, as larvas descem do cartucho para o solo e atacam a planta na região do coleto. Nesse ponto, cavam uma galeria, consumindo os tecidos novos e destruindo o ponto de crescimento. Isso causa inicialmente murcha e morte das folhas centrais mais novas, causando o sintoma típico de “coração morto”. A lagarta completamente desenvolvida apresenta um “Y” invertido na cabeça (Figura 03), transforma-se em pupa no solo, onde passa toda essa fase protegida dentro de uma câmara pupal, de onde, então, emergem os adultos.



**Figura 1** – Postura de *Spodoptera frugiperda* (Smith) em planta de milho



**Figura 2** – Dano causado pela infestação de *Spodoptera frugiperda* (Smith) em planta de milho



**Figura 03** - Larva de *Spodoptera frugiperda* (Smith)

**3. Broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius)** - Os adultos dessa praga são mariposas que ovipositam na face inferior das folhas do milho e de outras gramíneas, sendo também praga importante nas culturas da cana-de-açúcar, do sorgo, do milheto e do arroz. O ovo, com formato elíptico e achatado, é colocado agrupado numa única camada, cujas bordas se sobrepõem de forma semelhante a escamas de peixe. Após a eclosão, as lagartas raspam o limbo foliar e dirigem para a face interna da bainha das folhas e, pouco acima do nó, penetram no colmo. Ao se alimentar no interior do colmo, a lagarta cava uma galeria ascendente, que termina num orifício para o exterior, por onde sairá o adulto após completar a fase de pupa. A galeria pode também ser circular, seccionando o colmo. Quando a infestação ocorre no início do desenvolvimento da planta, o dano causa a morte com o sintoma semelhante ao sintoma de “coração morto” causado pela lagarta elasmô ou pela lagarta-do-cartucho.

**4. Lagarta militar ou curuquerê-dos-capinzais, *Mocis latipes* (Guen.)** - Os adultos são mariposas de coloração pardo-acinzentada, com aproximadamente 4,2 cm de envergadura, apresentando uma linha escura transversal na asa anterior. As lagartas atacam primeiro as

folhas baixas e não raramente todas as folhas são destruídas. A infestação inicia-se geralmente pelas bordas das lavouras ou nas reboleiras infestadas por plantas daninhas. As lagartas são facilmente reconhecidas pelo tipo de caminhar “mede palmo” e pela coloração brilhante, sendo o fundo verde-escuro com listras castanho-escuras, margeadas por faixas amarelas, ambas longitudinais. A importância econômica dessa espécie está associada aos prejuízos devido à redução da área foliar das plantas. Geralmente, a infestação da lavoura inicia-se pelas áreas onde o controle de plantas daninhas não foi satisfatório. Em anos e locais críticos, os insetos podem consumir todo o limbo foliar da planta, com perdas totais.

**5. Lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddy)** - Os ovos da lagarta-da-espiga são colocados individualmente e as lagartas atacam a espiga do milho durante o período de enchimento de grãos (Figura 04). A postura é feita pelas mariposas durante o florescimento e as lagartas alimentam-se dos estilo-estigmas e dos grãos em formação, causando prejuízo direto na produção. A alimentação dos insetos nos grãos leitosos causa perdas diretas, pela redução da massa de grãos, e indiretas, pela abertura de entrada para outros agentes secundários, como insetos e micro-organismos, como as pragas de grãos armazenados e os fungos causadores de prodrídões.



**Figura 04** – Lagarta-da-espiga do milho, *Helicoverpa zea* (Boddy)

## Indicações de uso do milho Bt

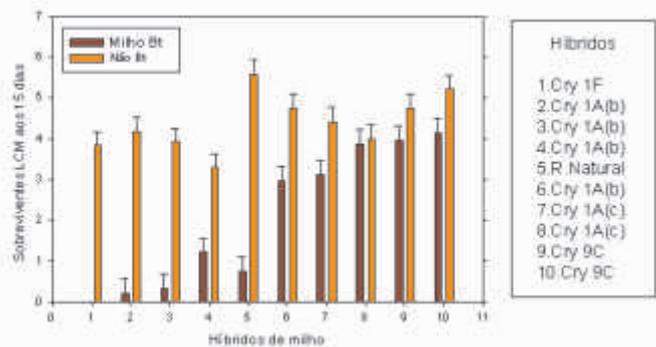
No Brasil, existem disponíveis para comercialização na safra 2009/2010 dois eventos expressando a toxina do *Bt* Cry 1Ab (Yeldgard e Agrisure) e um evento expressando a toxina Cry 1F (Herculex).

Essas duas toxinas têm atividade sobre os lepidópteros-praga do milho. No registro das empresas, as pragas-alvo incluem três espécies: a lagarta-do-cartucho do milho (LCM), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith); a lagarta-da-espiga do milho (LEM), *Helicoverpa zea* (Boddie); e a broca da cana-de-acúcar (BCA), *Diatraea scaccharalis* (Fabricius). Entretanto, há dados na literatura indicando também a atividade dessas toxinas sobre a lagarta elasmó (LEL), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller). Informações oriundas de usuários de campo relatam a atividade das toxinas do *Bt* também sobre a lagarta militar, *Mocis latipes* (Guenée). Portanto, os eventos hoje disponíveis no Brasil dão proteção contra as principais espécies de lepidópteros-praga do milho. Também foi liberado recentemente, para cultivo e comercialização, um novo evento (MON 89034), expressando a toxina quimérica (Cry 1A.105 e Cry 2Ab2), com efeito para os principais lepidópteros-praga da cultura no país.

### Eficácia da toxina *Bt* para a lagarta-do-cartucho do milho

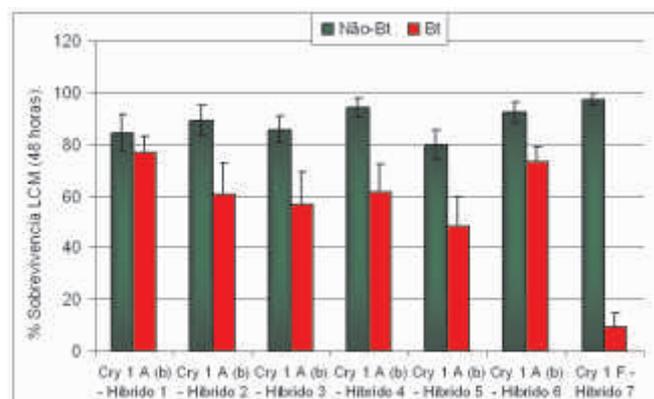
As toxinas do *Bt* apresentam alta especificidade; dentro do mesmo grupo de insetos, a atividade de cada toxina é diferenciada. Estudos toxicológicos revelam diferenças significativas em nível de toxicidade para cada espécie. Estudo publicado por Waquil et al. (2002) mostra o efeito diferenciado das toxinas Cry para a LCM (Figura 05). Assim, é possível que o produtor encontre em condições de campo respostas diferenciadas em relação ao controle da LCM com a utilização de eventos diferentes.

Para a toxina Cry 1Ab, estudos realizados na Embrapa Milho e Sorgo com seis híbridos

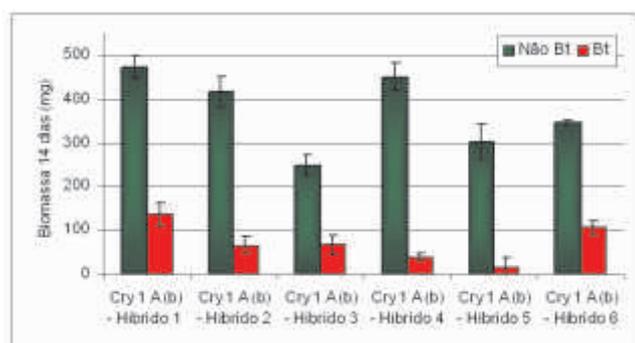


**Figura 05** - Médias ( $\pm$  erro padrão) do número de sobreviventes/planta 15 dias após a infestação de LCM, dos híbridos contendo as toxinas relacionadas de 1 a 10, sendo o híbrido de número 5 considerado de resistência natural. Waquil et al (2002)

diferentes contendo o mesmo evento mostram que existe uma interação entre o evento geneticamente modificado (Cry 1 Ab) e o híbrido em que esse foi introgridido. Essas diferenças podem ser percebidas pela sobrevivência das larvas de LCM expostas a esse evento, em que larvas de LCM alimentadas com seis híbridos diferentes apresentaram valores diferentes de sobrevivência, dependendo do híbrido (Figura 06). Além disso, as larvas que sobreviveram apresentaram variáveis biológicas de biomassa e período de desenvolvimento alterado. Essa resposta também foi diferente para cada híbrido utilizado, contendo a mesma toxina (Figura 07 e 08). Portanto, dependendo do híbrido de milho *Bt* utilizado pelo produtor, podem-se obter níveis de controle diferentes.



**Figura 06** – Média do percentual de sobrevivência (IC,  $p=0,95$ ) de LCM, 48 h após eclosão, alimentando-se em 7 híbridos de milho *Bt* e seus respectivos isogênicos não *Bt*. Sete Lagoas, 2009



**Figura 07** - Biomassa (mg) ( IC, P=0,05) da LCM mantida se alimentando em 6 híbridos de milho *Bt* e seus respectivos isogênicos não *Bt*, avaliada 14 dias após a eclosão. Sete Lagoas, 2009



**Figura 08** - LCM com sete dias, alimentada em milho não *Bt* (esquerda) e *Bt* (direita)

- LCM com sete dias, alimentada em milho não *Bt* (esquerda) e *Bt* (direita)

Em alguns casos, em função do nível diferenciado de controle apresentado e da intensidade do ataque da praga, a utilização do milho *Bt* não é suficiente para conter a infestação da LCM, necessitando de medidas complementares de controle, como a aplicação de inseticidas químicos. Além disso, a estratégia de piramidação de dois ou mais genes *Bt*, expressando diferentes toxinas numa mesma cultivar, pode contribuir para o manejo da resistência e aumentar a eficiência no controle de diferentes espécies de insetos-praga.

Assim, com a tecnologia disponível hoje, de maneira geral, além de comprometer a sobrevivência de larvas, os híbridos *Bt*s comprometem o desenvolvimento dessas,

deixando-as mais expostas aos fatores de mortalidade, como a ação de inimigos naturais.

### Benefícios e riscos da tecnologia

Muitos são os benefícios atribuídos ao cultivo do milho *Bt*, dentre esses, podemos citar a redução da aplicação de inseticidas e, conseqüentemente, uma menor exposição do trabalhador e do ambiente a esses produtos, assim como a facilidade de logística nos tratos culturais, redução da contaminação dos grãos com micotoxinas e redução das perdas por dano causado pela infestação de insetos.

Entretanto, o maior risco dessa tecnologia está na sua utilização de forma inadequada, pois a não observação das regras de refúgio pode levar ao surgimento de indivíduos resistentes, que não são mais sensíveis à tecnologia *Bt*.

### Manejo de resistência

#### Regras para a utilização correta da tecnologia *Bt*

Para a utilização do milho *Bt*, basta o produtor, além de usar as sementes do milho transgênico, cumprir duas regras: a de coexistência, **exigida por lei**, e a regra do Manejo da Resistência de Inseto (MRI), **recomendada** pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

A regra de **coexistência** exige o uso de uma bordadura de 100 m isolando as lavouras de milho transgênico das de milho que se deseja manter sem contaminação de transgênico. Alternativamente, pode-se usar uma bordadura de 20 m, desde que sejam semeadas 10 fileiras de milho não transgênico (iguais porte e ciclo do milho transgênico) isolando a área de milho transgênico.

A recomendação da CTNBio para o Manejo da Resistência de Insetos é a utilização de **área de refúgio**. Essa recomendação é o resultado do

consenso de que o cultivo do milho *Bt* em grandes áreas resultará na seleção de biótipos das pragas-alvo resistentes às toxinas do *Bt*. Obviamente, o monitoramento da infestação das plantas também é importante, pois, dependendo do híbrido utilizado e da intensidade da infestação, o produtor pode precisar adotar medidas de controle complementares.

### **Manejo de Resistência de Insetos (MRI) para utilização do milho *Bt***

As duas estratégias básicas para o manejo da resistência no uso do milho *Bt* são a expressão de alta dose no híbrido transgênico e a utilização da área de refúgio. Considerando os princípios da genética de populações, o mais provável é que os genes de resistência estejam em heterozigose na população, pois, antes da seleção, a frequência da resistência sendo baixa, a maior probabilidade de cruzamento é entre um indivíduo heterozigoto para resistência com um homozigoto susceptível. Também, como a dominância geralmente não é completa, a dose necessária para matar o heterozigoto é maior do que a do homozigoto susceptível e menor do que a do homozigoto resistente. Assim, a utilização de alta dose, que reduz a sobrevivência dos indivíduos heterozigotos, associada a área de refúgio que permita a sobrevivência de homozigotos susceptíveis, reduzirá significativamente a chance de cruzamentos entre dois heterozigotos, segregando, assim, indivíduos homozigotos resistentes, reduzindo a velocidade da seleção de uma raça de insetos resistentes.

O principal risco do não uso da área de refúgio está na rápida seleção de biótipos das pragas-alvo resistentes às toxinas do *Bt*. Resultados de pesquisas recentes indicam que a dispersão da LCM é bem menor do que se tinha informação, no máximo 800 m. Assim, o produtor que não utilizar a prática do manejo da resistência será, sem dúvida, a primeira vítima da quebra da resistência, não obtendo controle das pragas-alvo com os híbridos de milho *Bt*.

Considerando-se que as principais pragas-alvo

controladas pelos milhos *Bt*s hoje disponíveis no mercado são polípagas (alimentam-se de vários grupos de plantas) e produzem vários ciclos por ano agrícola, pode-se imaginar que nas regiões tropicais existem refúgios naturais suficientes para reduzir a seleção de biótipos de insetos resistentes. No entanto, mesmo uma espécie de inseto polífaga como a LCM, em uma área suficientemente grande cultivada por uma única cultura, fica submetida a uma situação de monofagia, por não ter outra fonte de alimento ao seu alcance (monofagia funcional). Portanto, a utilização da área de refúgio é essencial para garantir a manutenção da funcionalidade e da durabilidade da tecnologia *Bt*.

### **Área de refúgio**

A área de refúgio é a semeadura de 10 % da área cultivada com milho *Bt* utilizando híbridos não *Bt* de iguais porte e ciclo, de preferência os seus isogênicos. A área de refúgio não deve estar a mais de 800 m de distância das plantas transgênicas. Essa é a distância média verificada pela dispersão dos adultos da LCM no campo (FERNANDES; VILARINHO, 2008).

Todas essas recomendações são no sentido de sincronizar os cruzamentos dos possíveis adultos sobreviventes na área de milho *Bt* com susceptíveis emergidos na área de refúgio. O refúgio estruturado deve ser desenhado de acordo com a área cultivada com o milho *Bt*. Para glebas com dimensões acima de 800 m no menor lado (ou raio), cultivadas com milho *Bt*, serão necessárias faixas de refúgio internas nas respectivas glebas. Ainda, segundo a recomendação da CTNBio, na área de refúgio é permitida a utilização de outros métodos de controle, desde que não sejam utilizados bioinseticidas à base de *Bt*.

## Responsabilidade de execução da área de refúgio

Nas embalagens de sementes de milho *Bt*, há um contrato em que o produtor, ao abri-la, assume a responsabilidade de seguir as normas de coexistência e as de manejo da resistência. Portanto, **cabe ao produtor** a responsabilidade do uso dessas regras.

É importante lembrar que o uso incorreto da tecnologia pode levá-la à ineficácia em pouco tempo. Se o produtor está interessado em pagar mais pela semente do milho *Bt*, é porque ele acredita nos benefícios que essa tecnologia está trazendo para o seu sistema de produção. Portanto, ele deve estar motivado a usar essa tecnologia de maneira responsável (utilizando a área de refúgio), visando a apropriar-se desse benefício por muito mais tempo.

## Monitoramento das lavouras

Uma tarefa de que o produtor não pode abrir mão, com a utilização dos eventos transgênicos com resistência a insetos, é o monitoramento das lavouras. Isso irá levá-lo a maior segurança, com a aplicação da tecnologia em função dos motivos relacionados:

- 1) Dependendo do híbrido utilizado e da intensidade da infestação, pode ser necessário adotar medidas complementares de controle, como a aplicação de inseticidas, de acordo com recomendações do manejo integrado de pragas.
- 2) Acredita-se que, como antes da tecnologia *Bt* a utilização de inseticidas era feita de forma sistemática nas lavouras, essas aplicações podiam reduzir também a densidade de muitos insetos que ocorrem naturalmente na cultura e não alcançavam o *status* de praga; contudo, com a redução ou eliminação da aplicação desses produtos para o controle de lagartas, a infestação de muitos desses

insetos, como as cigarrinhas, tem sido preocupante e vem demandando, em alguns casos, medidas de controle por parte dos produtores.

- 3) É preciso monitorar a ocorrência de lagartas resistentes às toxinas *Bt* nas lavouras.

Para auxiliar o produtor na realização dessa tarefa, pode-se utilizar as armadilhas de ferormônio (Figura 09). Essas armadilhas capturam os machos adultos da LCM existentes na área e são adequadas para monitorar a população dessa praga nas lavouras. A recomendação de utilização é de uma armadilha para cada 5 ha, sendo que o refil contendo o ferormônio dura em média 25 dias. Essa ferramenta pode ser um bom indicativo que auxilia o produtor no momento da tomada de decisão.



**Figura 09** – Armadilha de ferormônio tipo delta

O importante, para decisão do produtor em adotar a tecnologia como ferramenta do MIP, é sempre levar em consideração o histórico do ataque de lagartas na lavoura e quais medidas de controle estão sendo praticadas, visando a reduzir o custo econômico e o risco ambiental das tecnologias disponíveis. Além disso, utilizar adequadamente as recomendações de área de refúgio e monitorar constantemente as lavouras é fundamental dentro do MRI e da manutenção da tecnologia.

## Referências

FERNANDES, O. A.; VILARINHO, E. C. **Dispersão de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em campos de milho.** Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. Relatório. Disponível em: <www.irac-br.org.br/Arquivos/Relatório.dispersão.Spodoptera.milho.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2009.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt.) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

### Comunicado Técnico, 170

Ministério da Agricultura  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

**Endereço:** Rod. MG 424 Km 45 Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

**Fone:** (31) 3027 1100

**Fax:** (31) 3027 1188

**E-mail:** sac@cnpmc.embrapa.br

**1ª edição**

1ª impressão (2009): 200 exemplares

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Antônio Álvaro Corsetti Purcino

**Secretário-Executivo:** Flávia Cristina dos Santos

**Membros:** Elena Charlotte Landau, Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana e Clenio Araujo

### Expediente

**Revisão de texto:** Clenio Araujo

**Normalização Bibliográfica:** Rosângela Lacerda de Castro

**Editoração eletrônica:** Communique Comunicação