

Impacto das plantas geneticamente modificadas no manejo fitossanitário

Ivan Cruz
Pesquisador Doutor, bolsista CNPq
ivan.cruz@embrapa.br

O Ministério da Agricultura em sua listagem (Tabelas 1 a 3) mais atual (<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/organismos-geneticamente-modificados/plantas-autorizadas>) mostra 33 nomes comerciais de plantas geneticamente modificadas autorizadas no Brasil. Tais plantas estão distribuídas entre soja (5), milho (18), algodão (9) e feijão (1). À exceção do feijão, cuja característica é a resistência ao vírus do mosaico dourado, as demais cultivares geneticamente modificadas apresentam resistência a insetos, tolerância a herbicidas ou ambos. Especificamente, no caso das plantas resistentes a insetos, todos os nomes comerciais liberados possuem como organismo doador, a bactéria *Bacillus thuringiensis*. No milho há uma predominância dos efeitos de resistência a insetos e tolerância a herbicidas (12) ao passo que os efeitos individuais são verificados em três dos nomes comerciais liberados. Em soja há o predomínio de materiais com tolerância a herbicidas (5), incluindo um material com os dois efeitos. No algodão os materiais são distribuídos em resistentes a insetos (2), tolerantes a herbicidas (4) e com ambos os efeitos (3).

Em termos de milho, com maior avanço no uso de materiais geneticamente modificados voltados para o controle de insetos, na safra 2012/13 foram disponibilizadas para o mercado brasileiro 216 cultivares transgênicas e 263 cultivares convencionais (<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>). Segundo esta fonte de informação, entre as 479 cultivares de milho, estão incluídas 93 novas, sendo que 39 delas representam novos materiais genéticos, sendo 5 convencionais e 34 já lançadas comercialmente com algum evento transgênico. As demais 54 cultivares novas são diferentes alternativas em termos de transgenia.

Estudo divulgado pela empresa Céleres (http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/RelBiotecBrasil_1202_por.pdf) a área plantada com sementes geneticamente modificadas de soja, milho e algodão cresceu 14% no último ano, chegando a 37,1 milhões de hectares, um aumento de 4,6 milhões em relação ao ano anterior. A soja se mantém na liderança em termos de área plantada com transgênicos, com um total de 24,4 milhões de hectares ou 65,5% da área total dedicada a essa cultura. Os híbridos de milho verão e inverno vêm em seguida, com 12,2 milhões de hectares, ocupando cerca de 33% das terras. Já o algodão ocupa 550 mil hectares, o equivalente a 1,5% da área total plantada.

Os principais alvos de plantas geneticamente modificadas para o controle de insetos estão dentro da Ordem Lepidoptera. Não há dúvida que dentro desta Ordem de insetos estão as pragas de maior importância para o agronegócio brasileiro, como por exemplo, no milho a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), na soja a lagarta *Anticarsia gemmatalis* e no algodão o

curuquerê, *Alabama argillacea*, todas as espécies pertencem a família Noctuidae. Historicamente o controle de tais espécies é feito mediante o uso de pulverizações com produtos químicos. Portanto, a substituição de grandes quantidades de produtos químicos no ambiente tem efeito positivo direto, especialmente no ambiente.

Outras vantagens importantes que provavelmente contribuíram para a pronta resposta do produtor rural ao uso da tecnologia incluem:

1. Dispensa de mão de obra especializada para calibrar adequadamente o equipamento e fazer a aplicação
2. Não dependência de água para veicular o inseticida
3. Dispensa de equipamentos de aplicação
4. Dispensa do monitoramento para determinar o nível de dano econômico de pragas
5. Não há o dissabor na escolha apropriada e na época necessária de um entre os inúmeros produtos químicos disponíveis para pulverização.
6. Inexistência da necessidade de manejo de embalagens vazias.

Apesar de inúmeros debates contra e a favor do uso de materiais geneticamente modificados que ainda existem em vários países, este trabalho somente focará os aspectos técnicos relativos ao impacto das plantas geneticamente modificadas no manejo fitossanitário.

Para que se tenha maior tempo de vida dos materiais geneticamente modificados, ou seja, para que haja continuidade na ação da planta sobre a praga alvo, há de se seguir cuidados especiais como indicado para qualquer outra tática de manejo. Um destes cuidados é de conotação legal. É o cuidado denominado **coexistência** que é a possibilidade de diferentes cultivares conviverem, muitas vezes lado a lado, e manterem sua identidade genética (http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0001/1749.pdf). Portanto, coexistência é o conjunto de práticas agrícolas que permite aos agricultores a produção de grãos oriundos de cultivos convencionais, transgênicos e orgânicos de acordo com padrões de pureza e atendendo às obrigações legais para rotulação (http://www.cnpms.embrapa.br/grao/15_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm).

Área de refúgio

Uma das grandes preocupações técnicas sobre a planta Bt é a possibilidade de haver quebra da resistência em função da exposição contínua da praga alvo às toxinas. Caso típico da lagarta-do-cartucho do milho, *S. frugiperda*, cujos adultos, e, conseqüentemente, as lagartas, estão presentes na lavoura durante praticamente, o ano todo, se alimentando tanto das partes vegetativas (folhas), como das partes reprodutivas (pendão, estilo-estigma e grãos) (<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/879462>). Quanto maior for a área de plantio com determinada cultivar de milho Bt maior será a pressão de seleção sobre as populações da praga alvo e, conseqüentemente maior a probabilidade de desenvolvimento de populações de insetos resistentes, o que demandaria medidas complementares de controle. Portanto, para evitar

que rapidamente a planta Bt se torne suscetível à praga há de se tomar medidas adequadas de manejo. A principal medida tem sido o plantio de áreas denominadas “áreas de refúgio” que consiste no plantio de uma área com uma cultivar convencional não - Bt, de preferência de características semelhantes ao milho Bt, como por exemplo, porte, ciclo e potencial produtivo.

O tamanho da área destinada ao “refúgio” deve ser representado por uma porcentagem da área total plantada com a cultivar geneticamente modificada de acordo com o recomendado pela empresa detentora da tecnologia e ser formado por um bloco de cultivar convencional que se encontre a menos de 800 metros da cultivar Bt; No caso do milho, o tamanho da área destinada ao plantio com milho convencional varia entre cinco e 10% do tamanho da área a ser semeada com o milho Bt (http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/artigo/area-de-refugio--essencial-para-o-manejo-da-resistencia-de-insetos_156231.html).

É consenso entre os especialistas brasileiros a necessidade de se ter a área de refúgio, para permitir que a praga alvo tenha seu desenvolvimento normal e produza insetos adultos suscetíveis ao milho Bt, para aumentar a probabilidade de acasalamento ao acaso, com indivíduos sobreviventes de áreas com plantas Bt. Isto pelo fato da geração oriunda de um cruzamento entre um inseto suscetível (macho ou fêmea) com um inseto resistente (fêmea ou macho), ser toda suscetível ao milho Bt. Obviamente, vários acontecimentos favoráveis devem ocorrer para reduzir a probabilidade de acasalamento entre indivíduos resistentes. E este fato é importante devido aos aspectos biológicos dos insetos alvos. Por exemplo, a mariposa da espécie *S. frugiperda* tem o potencial de produzir em média, 1.000 ovos/fêmea, num curto espaço de tempo. Portanto, numa projeção simplista (viabilidade total), poderiam ser geradas 50.000 lagartas em cruzamentos de apenas 50 casais.

Conforme recomendação das empresas detentoras da tecnologia Bt a área destinada ao refúgio é variável, podendo ser de até 5% da área total. O seu uso, no entanto, não é obrigatório. Adicionalmente, o manejo das pragas na área de refúgio não tem sido adequadamente internalizado entre os agricultores. Em virtude destes fatos, o percentual de produtores que seguem a recomendação de plantio da área de refúgio tem sido insignificante no Brasil. Independente do uso de área de refúgio, o impacto das cultivares Bt sobre as pragas alvo, mesmo já havendo indícios de quebra de resistência é ainda positivo, especialmente do ponto de vista ambiental. No entanto, algumas considerações precisam ser colocadas, especialmente em relação à lucratividade econômica. As plantas Bt além da característica responsável pelo controle dos insetos fitófagos, de maneira geral, são de alto potencial produtivo. Assim sendo, em condições adequadas apresentam alto rendimento. Portanto, para a máxima resposta deste potencial produtivo há de se fornecer as condições específicas de cada cultivar, incluindo, por exemplo, doses apropriadas de fertilizantes, manejo adequado de plantas daninhas, doenças, etc., e contar com condições climáticas favoráveis.

Sementes geneticamente de alto potencial produtivo e carregando também a tecnologia Bt são naturalmente de custo mais elevado. Tal custo somado ao maior custo dos insumos e dos

tratos culturais faz com que o custo total de produção aumente. Este maior custo pode reduzir a margem de lucro do produtor dependendo da produtividade obtida e do preço de mercado do produto colhido. Outro fator importante a ser considerado em relação à tecnologia Bt é ainda o estreito espectro de ação sobre várias outras espécies de insetos. Este é um ponto preocupante pelo fato de já estar ocorrendo um aumento na incidência destas pragas, notadamente as espécies sugadoras de seiva. Explicações para tal fato pode ser função da própria suscetibilidade da planta Bt, ou pela modificação no sistema de manejo das pragas de plantas Bt. Por exemplo, em milho a principal praga é a lagarta-do-cartucho. Está de maneira geral, é muito agressiva em relação à presença de outras espécies no seu habitat. Este fato foi demonstrado recentemente em relação à cigarrinha *Dalbulus maidis*, com maior presença em milho Bt, naturalmente sem a presença da lagarta, do que em relação ao milho convencional onde a lagarta esteja presente.

A redução drástica de inseticidas químicos em pulverização com a introdução da tecnologia Bt. Novamente em milho convencional o exemplo é significativo. A lagarta do cartucho, encontrada durante praticamente todo o ciclo evolutivo da planta, mesmo quando não atinge uma população suficiente para causar danos econômicos, é comum receber aplicações de inseticidas. Involuntariamente, tais aplicações acabam por controlar outras espécies de insetos fitófagos. Como tais pulverizações não são mais necessárias na planta Bt e sem o efeito da presença da lagarta que é eliminada pela toxina da planta Bt, naturalmente outras espécies passam a ocupar o nicho livre.

É o que tem sido verificado com as espécies sugadoras cuja importância pode ser em função de seus danos diretos como os percevejos e tripes, pela sucção contínua de seiva e também pelos danos diretos, para aquelas espécies que transmitem doenças como as cigarrinhas e os pulgões.

O aumento na frequência de pragas denominadas “não alvo” da planta Bt tem demandado aplicações de medidas de controle, que não eram comuns no sistema de produção com plantas convencionais. O problema tem-se agravado em milho pelo fato de que, ao contrário da lagarta-do-cartucho, que é pouco móvel, permanecendo praticamente toda a fase larval dentro do cartucho da planta, os insetos sugadores como as cigarrinhas e os percevejos podem ficar em constante movimento (inseto adulto) chegando e saindo da área cultivada. Desta forma podem não ser adequadamente eliminados por uma primeira aplicação de inseticidas. A necessidade de aplicação de inseticidas aumenta o custo de produção da lavoura e aumenta também os riscos ao meio ambiente, reduzindo a grande vantagem inicialmente postulada para a Planta Bt, que era a redução generalizada na quantidade de produtos químicos na natureza.

Por fim, há de se considerar a própria variabilidade existente entre cultivos Bts em relação às pragas alvos. Em alguns materiais genéticos atualmente é possível verificar uma incidência acima da expectativa de determinada praga, como por exemplo, a lagarta-do-cartucho em milho. Tal fato é rapidamente considerado pelo agricultor como uma quebra de resistência e por isso, é sugestionado a lançar mão de inseticidas para proteção de sua lavoura. Métodos alternativos de

controle de pragas como o biológico pode ser a saída para que se consiga usufruir por um tempo maior os benefícios da planta Bt. O uso, por exemplo, de parasitoides de ovos como *Trichogramma* spp pode ser uma alternativa tanto para áreas de plantas Bt, como em área convencional (incluindo áreas de refúgio). O parasitoide de ovos tem ação imediata, é compatível com a tecnologia Bt e não afeta drasticamente a população de outros agentes de controle biológico natural, seja daquelas pragas alvo como aquelas não alvo.

Particularmente, em sistemas de produção, onde estão envolvidos diferentes cultivos de plantas Bt, como o algodão, milho e soja, o controle biológico aplicado ao milho pode ser pensado como um ponto inicial importante para a multiplicação de insetos benéficos que também poderão contribuir com o manejo de pragas nos demais cultivos.

Tabela 1. Milho geneticamente modificados autorizados no Brasil.(adaptado de http://www.agricultura.gov.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1324452.PDF¹).

Nome Comercial	Identificador Único	Eventos	Organismo Doador	Característica ²	Proteína	Detentor da tecnologia	Ano da aprovação
YieldGard	MON-00810-6	MON810	<i>Bacillus thuringiensis</i>	RI	Cry1Ab	Monsanto	2007
Liberty Link	ACS-ZM003-2	T25	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	PAT	Bayer	2007
TL	SYN-BT011-1	Bt11	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	RI & TH	Cry1Ab PAT	Syngenta	2007
Roundup Ready 2	MON-00603-6	NK603	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	TH	CP4-EPSPS	Monsanto	2008
TG	MON-00021-9	GA21	<i>Zea mays</i>	TH	mEPSPS	Syngenta	2008
Herculex	DAS-01507-1	TC1507	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	RI & TH	Cry1F PAT	Dow Agrosciences	2008
YR YieldGard/RR2	MON-00603-6 MON-00810-6	NK603 & MON810	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	TH & RI	CP4-EPSPS Cry1Ab	Monsanto	2009
TL/TG	SYN-BT011-1 MON-00021-9	Bt11 & GA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea mays</i>	RI & TH	Cry1Ab PAT mEPSPS	Syngenta	2009
Viptera - MIR162	SYN-IR162-4	MIR162	<i>Bacillus thuringiensis</i>	RI	VIP3Aa20	Syngenta	2009
HR Herculex/RR2	DAS-01507-1 MON-00603-6	TC1507 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	TI & TH	Cry1F PAT CP4-EPSPS	Du Pont	2009
PRO	MON-89034-3	MON89034	<i>Bacillus thuringiensis</i>	RI	Cry1A.105 Cry2Ab2	Monsanto	2009
TL TG Viptera	SYN-BT011-1 SYN-IR162-4 MON-00021-9	Bt11 & MIR162 & GA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea mays</i>	RI & TH	Cry1Ab VIP3Aa20 PAT mEPSPS	Syngenta	2010

¹ Acesso em 06 de junho de 2013; ² TH, Tolerante a Herbicida e RI, Resistente a Insetos

Tabela 1. Milho geneticamente modificados autorizados no Brasil(adaptado http://www.agricultura.gov.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1324452.PDF)¹.

(Continuação...)

Nome Comercial	Identificador Único	Eventos	Organismo Doador	Característica ²	Proteína	Detentor da tecnologia	Ano da aprovação
PRO2	MON-89034-3 MON-00603-6	MON89034 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	RI & TH	Cry1A.105 Cry2Ab2 CP4-EPSPS	Monsanto	2010
YieldGard VT	MON-88017-3	MON88017	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	TH & RI	CP4-EPSPS Cry3Bb1	Monsanto	2010
Power Core PW/Dow	MON-89034-3 DAS-01507-1 MON-00603-6	MON89034 & TC1507 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	RI & TH	Cry1A.105 Cry2Ab2 Cry1F PAT CP4-EPSPS	Monsanto & Dow Agrosciences	2010
HX YG RR2	MON-810-6 DAS-01507-1 MON-00603-6	MON810 & TC1507 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	RI & TH	Cry1Ab Cry1F PAT CP4-EPSPS	Du pont	2011
TC1507x MON810	DAS-01507-1 MON-00810-6	TC1507 & MON810	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	RI & TH	Cry1F Cry1Ab PAT	Du pont	2011
MON89034 x MON88017	MON-89034-3 MON-88017-3	MON89034 & MON88017	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	RI & TH	Cry1A.105 Cry2Ab2 Cry3Bb1 CP4 EPSPS	Monsanto	2011

¹ Acesso em 06 de junho de 2013; ² TH, Tolerante a Herbicida e RI, Resistente a Insetos

Tabela 2. Soja geneticamente modificada autorizadas no Brasil

http://www.agricultura.gov.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1324452.PDF¹.

Nome Comercial	Identificador Único	Eventos	Organismo Doador	Característica ²	Proteína	Detentor da tecnologia	Ano da aprovação
Roundup Ready	MON-04032-6	GTS-40-3-2	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	TH	CP4-EPSPS	Monsanto	2005
Cultivance	BPS-CV127-9	BPS-CV127-9	<i>Arabidopsis thaliana</i>	TH	Csr 1-2	Basf & Embrapa	2009
Liberty Link TM	ACS-GM005-3	A5547-127	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	PAT	Bayer	2010
Liberty Link TM	ACS-GM005-4	A2704-12	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	TH	PAT	Bayer	2010
Intacta RR2 PRO	MON-87701-2 MON-89788-1	MON87701 & MON89788	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	TH & RI	CP4-EPSPS Cry1Ac	Monsanto	2010

¹ Acesso em 06 de junho de 2013; ² TH, Tolerante a Herbicida e RI, Resistente a Insetos

Tabela 3. Algodão geneticamente modificado autorizados no Brasil(adaptado http://www.agricultura.gov.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1324452.PDF)¹.

Nome Comercial	Identificador Único	Eventos	Organismo Doador	Característica ²	Proteína	Detentor da tecnologia	Ano da aprovação
Bolgard I	MON-00531-6	MON531	<i>Bacillus thuringiensis</i>	RI	Cry1Ac	Monsanto	2005
Roundup Ready	MON-01445-2	MON1445	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	TH	CP4-EPSPS	Monsanto	2008
Liberty Link	ACS-GH001-3	LLCotton25	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>	TH	PAT	Bayer	2008
Bolgard I	MON-00531-6	MON531	& <i>Bacillus thuringiensis</i> /	RI & TH	Cry1Ac	Monsanto	2009
Roundup Ready	MON-01445-2	MON1445	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>		CP4EPSPS		
Widestrike	DAS-24236-5	281-24-236	& <i>Bacillus thuringiensis</i> /	RI & TH	Cry1Ac	Dow	2009
	DAS-21023-5	3006-210-23	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>		Cry1F	Agrosciences	
					PAT		
Bolgard II	MON-15985-7	MON15985	<i>Bacillus thuringiensis</i>	RI	Cry2Ab2	Monsanto	2009
					Cry1Ac		
GlyTol	BCS-GH002-5	GHB614	<i>Zea mays</i>	TH	2mEPSPS	Bayer	2010
TwinLink	BCS-GH004-7	x T304-40	& <i>Bacillus thuringiensis</i> /	RI & TH	Cry1Ab	Bayer	2011
	BCS-GH005-8	GHB119	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>		Cry2Ae		
					PAT		
MON88913	MON-88913-8	MON88913	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	TH	CP4-EPSPS	Monsanto	2011

¹Acesso em 06 de junho de 2013; ² TH, Tolerante a Herbicida e RI, Resistente a Insetos