

Adoção da área de refúgio e manejo de resistência de insetos em milho *Bt*^{1,2}

Daniela Chaves Resende³
Simone Martins Mendes⁴
José Magid Waquil⁵
Jason de Oliveira Duarte⁶
Fabiola Alves Santos⁷

Resumo – A recomendação da tecnologia do milho *Bt* é acompanhada pela adoção do plantio da área de refúgio como estratégia para o manejo da resistência das espécies-alvo. O não cumprimento dessa recomendação parece ser a principal causa do surgimento de resistência em culturas *Bt*. Considerando-se o refúgio e o milho *Bt* como inovações tecnológicas, o objetivo deste trabalho foi verificar o grau de compreensão e de adoção dessa tecnologia pelos produtores rurais brasileiros. Foi aplicado um questionário estruturado a diversos atores do agronegócio do milho no Brasil. O milho *Bt* apresentou elevado grau de adoção entre os profissionais do agronegócio, principalmente entre produtores que cultivam grandes áreas. O grau de adoção do refúgio, entretanto, mostrou-se ainda baixo, e uma explicação para isso foi o fato de que muitos produtores ainda desconhecem ou não compreendem totalmente a real função associada ao plantio das áreas de refúgio. Sugere-se a realização de trabalhos que divulguem essa informação ao produtor rural, na tentativa de melhorar a adoção do refúgio e garantir sua eficiência como estratégia de manejo de resistência de insetos.

Palavras-chave: difusão tecnológica, manejo integrado de pragas, milho transgênico, percepção de benefícios, *Spodoptera frugiperda*.

Adoption of the refuge area and management of insect resistance in *Bt* maize

Abstract – The recommendation of *Bt* maize technology is followed by adoption of the refuge areas as a strategy for resistance management of target species. Failure to comply with this recommendation seems to be the main cause of the emergence of resistance in *Bt* crops. Considering that the

¹ Original recebido em 1º/11/2013 e aprovado em 12/11/2013.

² Os autores agradecem à Embrapa Milho e Sorgo, à Fundação Rio Verde, e a Ariana Bertoli e Michelle Vilela o apoio durante a aplicação dos questionários. Este trabalho recebeu recursos do Global Environment Facility (GEF) por meio do projeto LAC Biosafety (Latin American & Caribbean Biosafety) – Construção de Capacidade Multipaíses para Atendimento ao Protocolo de Cartagena em Biossegurança. Os autores manifestam seus agradecimentos aos produtores e profissionais que colaboraram com a pesquisa.

³ Bióloga, doutora em Entomologia. E-mail: dcresende@ig.com.br

⁴ Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: simone.mendes@embrapa.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Entomologia, pesquisador aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: jmwaquil@gmail.com

⁶ Economista, Ph.D. em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. E-mail: jason.duarte@embrapa.br

⁷ Engenheira-agrônoma, mestre em Entomologia. E-mail: fabi_minduri@yahoo.com.br

refuge and the *Bt* maize are technological innovations, the objective of this study was to assess the degree of understanding and adoption of this technology by Brazilian farmers. A structured questionnaire was applied to different stakeholders of maize agribusiness in Brazil. *Bt* maize showed a high degree of adoption among agribusiness professionals, especially among farmers who cultivate large areas. The degree of adoption of the refuge, however, proved to be still low, and an explanation for this was the fact that many farmers still do not know or do not fully understand the real function associated with the planting of refuge areas. It is suggested to carry out works to disseminate this information to the farmers in an attempt to improve the adoption of the refuge and to ensure its efficiency as a strategy for management of insect resistance.

Keywords: technology diffusion, integrated pest management, transgenic maize, perception of benefits, *Spodoptera frugiperda*.

Introdução

A adoção do milho *Bt* está ocorrendo de forma rápida: com apenas seis anos da liberação de seu cultivo pela CTNBio, mais de 70% da safra brasileira de milho foi oriunda de lavouras transgênicas, e projeta-se crescimento para 81%, que representa a área de cultivo com uso intensivo de tecnologia (GALVÃO et al., 2012). A expressão contínua das proteínas inseticidas durante todo o ciclo das plantas *Bt* e essa rápida adoção representam ameaças a sua durabilidade, pela forte pressão de seleção sobre os insetos-praga (HUANG et al., 2011; TABASHNIK et al., 2008). De fato, casos de resistência às toxinas *Bt* já foram relatados para pragas do milho – *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em Matten et al. (2008), Storer et al. (2010) e Villela et al. (2002); e *Diabrotica virgifera* LeConte em Gassmann et al. (2011).

A tecnologia do milho *Bt* se baseia na transferência e expressão de genes de resistência a insetos-praga para o milho, isolados da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berlinger (*Bt*) (CARNEIRO et al., 2009). A preservação da suscetibilidade às toxinas *Bt*, nas populações de pragas, depende de programas de manejo de resistência (MRI). A principal estratégia de MRI é o uso de “alta dose/refúgio”, que envolve o uso de alta dose da proteína *Bt* nas plantas, promovendo elevada mortalidade dos heterozigotos, associado ao plantio do refúgio, ou seja, uma proporção da lavoura na qual se deve plantar uma variedade não *Bt*, permitindo a sobrevivência de indivíduos

os suscetíveis para se acasalarem com possíveis resistentes (BERNARDI et al., 2011). Uma proteína pode ter atividade de alta dose para uma espécie-praga, e de dose moderada ou baixa para outras, o que não inviabiliza o MRI, pois espera-se a ação simultânea de outros fatores de mortalidade, como a de inimigos naturais (MARTINELLI; OMOTO, 2005). Nesse cenário, a adoção da área de refúgio também é fundamental para o MRI.

A explicação para os casos de resistência às culturas *Bt* parece estar relacionada ao não uso da estratégia alta dose/refúgio (HUANG et al., 2011), sobretudo à não adoção do refúgio (GASSMANN et al., 2011; KRUGER et al., 2012). A configuração das áreas de refúgio pode variar, mas critérios básicos de tamanho e proximidade às lavouras *Bt* – baseados na bioecologia da praga-alvo – devem ser seguidos (MARTINELLI; OMOTO, 2005) para que essas áreas produzam proporções compatíveis de adultos para o acasalamento e manutenção da suscetibilidade.

A difusão tecnológica (DT) define como inovações os novos produtos ou ideias adotadas pela população. O modelo clássico admite que a difusão de uma inovação é um processo social, pois sua adoção resulta de decisões individuais dentro de uma rede social. Características da inovação influenciam a DT: a vantagem relativa, ou o grau com que a inovação é percebida como melhor do que o produto substituído; a compatibilidade, ou o grau com que a inovação é percebida como compatível com valores e

práticas preexistentes; e a complexidade, ou o grau de dificuldade de entendimento e utilização (ROGERS, 1995). A DT é vista como um processo de aprendizagem cumulativo – já que envolve conhecimento prévio e interativo, pois participam múltiplos atores (SÁNCHEZ; PAULA, 2001). Na adoção dos transgênicos no Brasil, assim como se considera o milho *Bt*, deve-se também considerar como inovação o uso do refúgio – uma área a ser plantada pelos produtores cujos objetivos ultrapassam o cotidiano deles – de modo que este também passará por um processo de aceitação e difusão, cujos resultados dependerão de suas próprias características.

Para compreender esse processo e avaliar possíveis interferências que se façam necessárias, é essencial avaliar a percepção dos produtores acerca dos benefícios associados ao plantio do refúgio. O objetivo deste trabalho foi verificar o grau de compreensão e adoção da área de refúgio, por produtores brasileiros, como ferramenta no MRI, comparando com a aceitação e percepção dos benefícios associados ao uso da tecnologia do milho *Bt*.

Material e métodos

Para atingir os objetivos propostos, foi elaborado um questionário estruturado (Figura 1) para ser aplicado a produtores rurais e outros atores do agronegócio, como revendedores de insumo, extensionistas e assistentes técnicos da rede privada. O questionário foi apresentado e divulgado no *11º Seminário Nacional de Milho Safrinha*, que ocorreu no período de 21 a 23 de novembro de 2011, na cidade de Lucas do Rio Verde, MT. Depois desse período, o questionário permaneceu disponível para acesso na página da Embrapa Milho e Sorgo, no endereço www.cnpms.embrapa.br, até 10 de maio de 2012. Além disso, foi realizada intensa coleta de informações (aplicação do questionário) provenientes de produtores de milho na região Sul de Minas Gerais.

Os tópicos abordados no questionário foram propostos de modo a buscar informações relacionadas: i) às fontes de informação para a decisão de usar o milho *Bt*; ii) à percepção do benefício associado ao uso do milho *Bt*; iii) à percepção da necessidade de plantio da área de refúgio; iv) ao posicionamento ou à disposição dos agricultores em relação ao plantio da área de refúgio; v) às atitudes tomadas durante o plantio da área de refúgio; e vi) à disposição do produtor de pagar mais pela semente do milho *Bt*. Cada entrevistado pôde escolher até duas opções nas questões. Seguiu-se o critério adotado pelo IBGE para pesquisas por meio de entrevistas, que considera soberana a resposta do informante, de acordo com dra. Luciene A. Longo (comunicação pessoal)⁸.

As questões sobre a percepção do benefício associado ao uso do milho *Bt* e sobre a percepção da necessidade de plantio da área de refúgio foram pontuadas, de modo que benefícios mais diretos e/ou individuais receberam valores mais elevados, e benefícios indiretos e/ou mais coletivos receberam valores mais baixos (Figura 1). Esse critério foi baseado na ideia de vantagem relativa da inovação, proposto pelo modelo clássico de DT (ROGERS, 1995). Com relação aos motivos do uso do milho *Bt*, considerou-se a diminuição das perdas causadas pela praga como benefício direto, enquanto a redução no uso de inseticidas e a consequente diminuição da poluição ambiental foram consideradas benefício indireto (PILCHER et al., 2002). Para os casos com mais de uma resposta para um mesmo produtor, a pontuação foi dada pela soma dos valores de cada resposta individual. A pontuação obtida pelos agricultores nas questões relativas ao benefício foi associada, posteriormente, com o posicionamento e a atitude quanto ao plantio da área de refúgio e com a disposição dos agricultores em pagar mais pela semente de milho *Bt*, utilizando-se análises de qui-quadrado.

⁸ Comunicação por e-mail da dra. Luciene A. Longo, demógrafa do IBGE-UE/MG, para Simone M. Mendes, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, em 11/3/2013.

Questionário: Adoção da Tecnologia do milho *Bt* e área de refúgio

Essa pesquisa faz parte de um projeto de pesquisa da Embrapa Milho e Sorgo e visa obter informações a respeito da adoção da tecnologia do milho *Bt* e de área de refúgio

Profissão do entrevistado:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Produtor rural | <input type="checkbox"/> Assistência técnica privada |
| <input type="checkbox"/> Revendedor de insumos | <input type="checkbox"/> Engenheiro agrônomo autônomo |
| <input type="checkbox"/> Engenheiro agrônomo (Extensão) | <input type="checkbox"/> Técnico agrícola |

Idade: _____

Escolaridade: _____

Área de milho sob sua responsabilidade: _____

Município: _____

Estado: _____

Favor marcar com um X. É possível até duas respostas em algumas questões
Como ficou sabendo do milho *Bt*?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Propaganda na mídia | <input type="checkbox"/> Recomendação da revenda de insumos |
| <input type="checkbox"/> Recomendação de amigos | <input type="checkbox"/> Palestra técnica |
| <input type="checkbox"/> Consultoria técnica | <input type="checkbox"/> Porque houve muita discussão sobre o assunto |

Você tem utilizado o milho *Bt*?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sim, sempre | <input type="checkbox"/> Não, ainda estou inseguro |
| <input type="checkbox"/> Sim, uma vez | <input type="checkbox"/> pretendo usar |
| <input type="checkbox"/> Não pretendo usar | <input type="checkbox"/> Trabalho com produtos orgânicos |

Por que tomou a decisão em usar ou não o milho *Bt*?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Eficiência no controle das lagartas | <input type="checkbox"/> Há regras demais associadas |
| <input type="checkbox"/> Facilidade de boa relação custo/benefício | <input type="checkbox"/> Precaução (não é seguro) |
| <input type="checkbox"/> Redução no uso de inseticida | <input type="checkbox"/> A semente é muito cara |

Para que serve o plantio da área de refúgio?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Para respeitar as regras de coexistência | <input type="checkbox"/> Para prolongar os benefícios do milho <i>Bt</i> |
| <input type="checkbox"/> Para que as pragas não desapareçam | <input type="checkbox"/> Para comparar a eficiência do milho <i>Bt</i> |
| <input type="checkbox"/> Para não surgir pragas resistentes | <input type="checkbox"/> Não sei |

Quando você plantou o milho *Bt*, você plantou área de refúgio?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Sim, conforme recomendado (10%) | <input type="checkbox"/> Não, eu não sabia |
| <input type="checkbox"/> Sim, em área menor do que a recomendada | <input type="checkbox"/> Não achei necessário, no meu caso |
| <input type="checkbox"/> Sim, com outra cultura hospedeira | <input type="checkbox"/> Não, porque minha área é pequena |

Se plantou o refúgio (milho convencional), qual foi a distância da área do milho *Bt*?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Cerca de 800 metros | <input type="checkbox"/> Em talhão isolado na propriedade |
| <input type="checkbox"/> Mais de 1.500 metros | <input type="checkbox"/> Na área central da lavoura |
| <input type="checkbox"/> Mais de 3.000 metros | <input type="checkbox"/> Em uma área mais “fraca” da propriedade |

Você respeitou a regra de coexistência, ou seja, de isolamento da área de milho de seu vizinho?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sim, utilizei isolamento de 100m do vizinho | <input type="checkbox"/> Não, minha lavoura estava isolada |
| <input type="checkbox"/> Sim, utilizei isolamento 20m e 10 linhas do milho normal | <input type="checkbox"/> Não, no vizinho era milho <i>Bt</i> |
| <input type="checkbox"/> Sim, combinei com a área de refúgio | <input type="checkbox"/> Não, meu vizinho não exigiu |

Quanto A MAIS você está disposto a pagar pela semente de milho *Bt*?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Até R\$ 50,00 | <input type="checkbox"/> Até R\$ 200,00 |
| <input type="checkbox"/> Até R\$ 100,00 | <input type="checkbox"/> Qualquer preço |
| <input type="checkbox"/> Até R\$ 150,00 | <input type="checkbox"/> Nada |

Quantas aplicações com inseticidas você fez na safra passada? _____

Usou inseticidas para controlar lagartas Sim Não

Comentários gerais: _____

Figura 1. Questionário estruturado aplicado aos entrevistados de diversas regiões brasileiras, em 2011, em pesquisa sobre área de refúgio – Sete Lagoas, MG.

A área da lavoura de milho de produtores que declararam adotar o milho *Bt* foi comparada com a área daqueles que declararam não adotá-lo, por meio da estimativa do intervalo de 95% de confiança. Os padrões de respostas declaradas pelos grupos entrevistados foram comparados por meio de análises de qui-quadrado.

Resultados e discussão

No total, 207 pessoas responderam ao questionário proposto, sendo 121 (58,5%) produtores rurais, 11 (5,31%) extensionistas, 10 (4,83%) assistentes técnicos da rede privada, 8 (3,87%) revendedores de insumos e 4 (1,93%) profissionais autônomos.

Além disso, 13 (6,28%) entrevistados são produtores rurais com alguma outra função supracitada acumulada. Os profissionais que responderam ao questionário atuam em nove estados brasileiros, sendo 166 (80,19%) de Minas Gerais, 13 (6,28%) de Goiás, 12 (5,80%) de Mato Grosso e 6 (2,90%) de São Paulo.

Houve clara relação entre o tamanho das lavouras cultivadas e a adoção do milho *Bt*, já que produtores que declararam não utilizar a tecnologia apresentaram lavouras com área média de 50 ha (I.C. = ± 40 ha), enquanto produtores que adotaram a tecnologia apresentaram lavouras com área média de 450 ha (I.C. = ± 150 ha). Essa relação provavelmente reflete diferenças na capacidade de investimento na lavoura, uma vez que o produtor de pequena escala trabalha com custos unitários maiores, de modo que o preço da semente geneticamente modificada tem maior impacto dentro de seu custo de produção, o que representa obstáculo para sua adoção. Adicionalmente, as pragas tendem a ser um problema menos crítico nas lavouras menores do que nas áreas mais extensas de monocultivo.

Como ocorrido em outros países (QAIM, 2005), os dados apresentados aqui confirmam a informação de que a tecnologia *Bt* está sendo adotada de forma rápida, influenciando os diversos atores do agronegócio no Brasil. A

porcentagem de adoção do milho *Bt* declarada foi superior a 80% em todos os grupos de profissionais ($\chi^2 = 5,5$; g.l. = 8; $p = 0,70$ – Tabela 1), e a fonte de informação sobre o milho *Bt* não diferiu entre esses profissionais, tendo prevalecido a mídia, as palestras técnicas e a revenda ($\chi^2 = 15,8$; g.l. = 16; $p = 0,46$ – Tabela 2). Apesar de o modelo clássico de DT considerar que a disseminação da informação entre pares deva apresentar elevada importância para a adoção de uma tecnologia, produtores rurais que declararam utilizar o milho *Bt* não obtiveram informações de forma distinta do padrão geral de produtores ($\chi^2 = 2,94$; g.l. = 5; $p = 0,70$ – Tabela 3), e apenas 15% deles obtiveram a informação por meio de outros produtores.

Os benefícios associados ao uso do milho *Bt* foram percebidos de modo similar entre os produtores rurais e os demais profissionais do agronegócio (Tabela 4). Contudo, houve diferença entre as pontuações exibidas por esses dois grupos ($\chi^2 = 11,63$; g.l. = 5; $p < 0,05$ – Tabela 4). Apesar de a eficiência do milho GM na redução dos danos causados pelas lagartas ter sido o principal argumento a favor de seu uso, tanto para produtores rurais quanto para outros profissionais do agronegócio, o somatório das respostas individuais mostrou que os produtores

Tabela 1. Proporção dos profissionais do agronegócio que usam, que declararam pretensão de usar, e que não usam o milho *Bt*.

Profissional	Usam milho <i>Bt</i>	Pretendem usar milho <i>Bt</i>	Não usam milho <i>Bt</i>
Produtor rural	118 (88,1%)	10 (7,5%)	6 (4,5%)
Revendedor	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Profissional autônomo	8 (80%)	1 (10%)	1 (10%)
Assistência técnica privada	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Extensionista	16 (88,9%)	2 (11,1%)	0 (0%)

Tabela 2. Fonte de informação sobre milho *Bt* entre os profissionais do agronegócio que responderam ao questionário.

Profissional	Palestra técnica	Mídia	Consultoria técnica	Outros produtores	Revenda
Produtor rural	52 (25,6%)	42 (20,7%)	17 (8,4%)	29 (14,3%)	63 (31%)
Revendedor	10 (43,5%)	5 (21,7%)	1 (4,4%)	2 (8,7%)	5 (21,7%)
Profissional autônomo	5 (29,4%)	5 (29,4%)	2 (11,8%)	1 (5,9%)	4 (23,5%)
Assistência técnica privada	6 (35,3%)	5 (29,4%)	4 (23,5%)	0 (0%)	2 (11,7%)
Extensionista	3 (18,8%)	5 (31,3%)	2 (12,5%)	2 (12,5%)	4 (25%)

Tabela 3. Fonte de informação sobre milho *Bt* entre produtores rurais que responderam ao questionário e os que declararam usar a tecnologia do milho *Bt*.

Produtor rural	Palestra técnica	Mídia	Consultoria técnica	Outros produtores	Revenda
Total	52 (25,6%)	42 (20,7%)	17 (8,4%)	29 (14,3%)	63 (31%)
Usam <i>Bt</i>	43 (24%)	32 (17,8%)	16 (8,94%)	27 (15,1%)	59 (33%)

Tabela 4. Padrão de resposta e pontuação exibida por produtores rurais e outros profissionais do agronegócio, com relação aos motivos da decisão de usar o milho *Bt* (valores maiores indicam maior propensão a vantagens individuais).

Profissional	Resposta	0	1	2	3	4	5
Produtor rural	a (44%)						
	b (18%)	3 (2,5%)	14 (11,9%)	25 (21,2%)	57 (48,3%)	9 (7,6%)	10 (8,4%)
	c (38%)						
Outros	a (44%)						
	b (21%)	0 (0%)	2 (5%)	2 (5%)	25 (62,5%)	3 (7,5%)	8 (20%)
	c (35%)						

Notas: a – eficiência no controle das lagartas; b – facilidade e boa relação custo/benefício; e c – redução no uso de inseticidas.

também perceberam como benefício a diminuição no uso de inseticidas.

Quando os produtores foram perguntados sobre o quanto estariam dispostos a pagar mais pela semente *Bt*, foi possível perceber que produtores que visualizaram benefícios mais individuais – como a diminuição dos danos no milho – estavam dispostos a pagar valores mais elevados ($\chi^2 = 20,38$; g.l. = 10; $p < 0,05$ –

Tabela 5). Essa visão e a disposição em pagar mais pela semente, por parte dos produtores rurais, mostram como a tecnologia *Bt* é uma inovação com características que facilitam sua dispersão (ROGERS, 1995). Os benefícios provenientes de seu uso são muito claros, e sua adoção facilita as práticas de cultivo preexistentes.

Sobre a necessidade de plantio do refúgio, uma proporção maior de produtores (22%)

Tabela 5. Relação entre a pontuação exibida por produtores rurais (com relação aos motivos da decisão de usar o milho *Bt*) e a disposição a pagar mais pela semente (R\$) (valores maiores na pontuação indicam maior propensão a vantagens individuais).

Pontuação	Até R\$ 50,00	R\$ 100,00 – R\$ 150,00	R\$ 200,00 ou mais
1	5 (35,7%)	8 (57,1%)	1 (7,14%)
2	9 (36%)	11 (44%)	5 (20%)
3	14 (24,6%)	40 (70,2%)	3 (5,3%)
4	2 (22,2%)	7 (77,8%)	0 (0%)
5	0 (0%)	10 (100%)	0 (0%)

respondeu que o plantio do refúgio serviria para respeitar as regras de coexistência e, ainda, 6% deles alegaram não saber sua função (Tabela 6). Entre os outros profissionais do agronegócio, 79% associaram corretamente o plantio da área de refúgio à não seleção de pragas resistentes e ao prolongamento dos benefícios do milho *Bt* e, no caso dos produtores, 62% responderam de modo que houve diferença entre as pontuações finais desses grupos ($\chi^2 = 15,32$; g.l. = 4; $p < 0,001$ – Tabela 6). Os demais profissionais apresentaram melhor percepção dos benefícios coletivos associados ao plantio do refúgio, enquanto os produtores

apresentaram uma percepção mais distribuída. Assim, é perceptível que os benefícios associados à adoção do refúgio não são tão claros para o produtor rural, já que cerca de um terço deles não sabe o motivo correto do plantio dessa área.

Quando indagados sobre a área de refúgio em suas lavouras, 70% dos produtores declararam ter feito o plantio conforme o recomendado, e apenas 20% declararam ter feito o plantio em área menor do que a recomendada (Figura 2). Esse posicionamento declarado quanto ao plantio do refúgio foi relacionado à pontuação exibida

Tabela 6. Padrão de resposta e pontuação exibida por produtores rurais e outros profissionais do agronegócio, com relação ao conhecimento da necessidade de plantio do refúgio (valores maiores indicam maior propensão a vantagens individuais).

Profissional	Resposta	0	1	2	3	4
Produtor rural	a (22%)					
	b (8%)					
	c (46%)	19 (16%)	43 (36,1%)	20 (16,8%)	21 (17,7%)	16 (13,5%)
	d (16%)					
	e (2%)					
	f (6%)					
Outros	a (15%)					
	b (5%)					
	c (50%)	3 (7,5%)	10 (25%)	17 (42,5%)	2 (5%)	8 (20%)
	d (29%)					
	e (2%)					
	f (0%)					

Notas: a – para respeitar as regras de coexistência; b – para que as pragas não desapareçam; c – para não surgirem pragas resistentes; d – para prolongar os benefícios do milho *Bt*; e – para comparar a eficiência do milho *Bt*; e f – não sabe.

da ($\chi^2 = 26,35$; g.l. = 8; $p < 0,001$ – Tabela 7), de modo que produtores que associaram o plantio do refúgio a benefícios diretos e/ou individuais apresentaram posicionamento mais favorável à sua execução.

Entretanto, quando indagados sobre a forma como implantaram a área do refúgio, apenas 31% dos produtores rurais declararam ter feito o plantio a 800 m da lavoura *Bt*, e 22% declararam ter plantado em área central da lavoura, enquanto 14% declararam ter feito o plantio em talhão isolado da lavoura, e 27% declararam ter feito o plantio

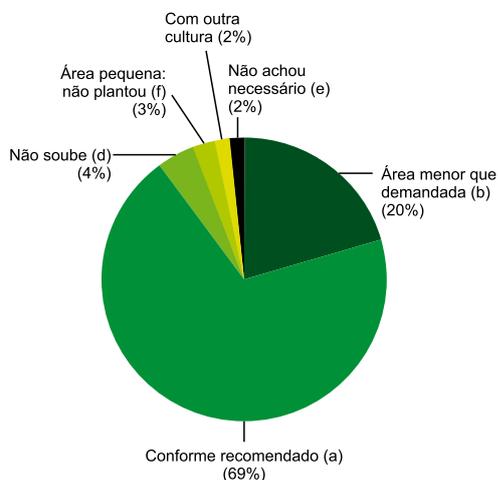


Figura 2. Padrão das respostas associadas ao posicionamento declarado quanto ao plantio da área de refúgio por produtores rurais que utilizaram o milho *Bt*.

Tabela 7. Relação entre a pontuação exibida por produtores rurais (com relação ao objetivo do plantio da área de refúgio) e categorização do posicionamento declarado quanto ao plantio do refúgio, com base nas respostas (valores maiores na pontuação indicam maior propensão a vantagens individuais).

Pontos	Posicionamento		
	Negativo (d, e, f)	Mediano (b, c)	Positivo (a)
0	6 (31,5%)	5 (26,3%)	8 (42,1%)
1	3 (6,98%)	13 (30,2%)	27 (62,8%)
2	0 (0%)	0 (0%)	19 (100%)
3	1 (4,8%)	5 (23,8%)	15 (71,4%)
4	0 (0%)	3 (18,75%)	13 (81,25%)

em área mais fraca da propriedade (Figura 3). Essa atitude declarada não foi relacionada à pontuação com relação ao objetivo do plantio da área de refúgio ($\chi^2 = 12,87$; g.l. = 8; $p = 0,11$ – Tabela 8). Assim, apesar de os produtores que associaram o refúgio a benefícios individuais se declararem de forma mais favorável ao seu plantio, as atitudes destes no momento da escolha da área para o cultivo não foram favoráveis, ou seja, esses produtores não priorizaram as recomendações das empresas no momento dessa escolha, o que representa séria ameaça à persistência da eficiência associada ao uso dessa tecnologia.

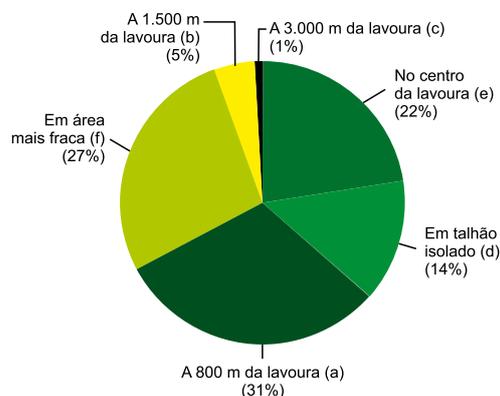


Figura 3. Padrão das respostas associadas à atitude declarada para o plantio da área de refúgio por produtores rurais que utilizaram o milho *Bt*.

Tabela 8. Relação entre a pontuação exibida por produtores rurais, com relação ao objetivo do plantio da área de refúgio, e categorização das atitudes tomadas declaradas para o plantio da área de refúgio.

Pontos	Atitude		
	Negativo (c, d, f)	Mediano (b, e ⁽¹⁾)	Positivo (a, e ⁽¹⁾)
0	15 (79%)	1 (5,3%)	3 (15,8%)
1	20 (46,51%)	2 (4,7%)	21 (48,8%)
2	7 (36,8%)	3 (15,8%)	9 (47,4%)
3	9 (42,9%)	4 (19,1%)	8 (38,1%)
4	6 (37,5%)	2 (12,5%)	8 (50%)

⁽¹⁾ O plantio no centro da lavoura foi considerado positivo desde que respeitada a distância de 800 m.

Um complicador para a adoção do plantio da área de refúgio é o fato de este não ser obrigatório por lei, e sim por contrato de direito de uso da tecnologia pelos detentores da tecnologia. Assim, passa-se a falsa impressão de que a quebra da resistência da planta – ou seja, a seleção de insetos resistentes às proteínas *Bt* – é um problema exclusivo dos detentores da tecnologia, mas o problema é mais amplo, já que a sociedade deverá pagar mais pela obtenção de novas tecnologias, perdendo os benefícios já alcançados. O plantio da área de refúgio deve ser visto como uma inovação cujos benefícios são de natureza coletiva, já que visa a prolongar os benefícios associados ao uso do milho *Bt*. Os custos para sua implantação, entretanto, são de natureza individual (perda do benefício da tecnologia na área de cultivo), o que torna a adoção dessa tecnologia sujeita a problemas como os descritos por Hardin (1968). Bens de natureza comum ou bens públicos podem facilmente sofrer superexploração e, por isso, necessitam de formas de regulação mais complexas, envolvendo ações que incrementem a conscientização, o envolvimento social e a cooperação entre os pares (MILINSKI et al., 2002).

Trabalhos que visem à conscientização e, sobretudo, à informação dos produtores rurais quanto à necessidade do plantio das áreas de refúgio podem trazer benefícios para sua adoção. Um exemplo disso é apresentado por Kruger et al. (2012), em que, depois do primeiro evento de surgimento de resistência à proteína *Bt* Cry1Ab em *Busseola fusca* na África do Sul, o índice de implantação da área de refúgio aumentou entre os produtores daquele país. Para otimizar a eficiência das estratégias de MRI, é importante ter em mente que apenas a visão dos benefícios associados ao uso do milho *Bt*, por parte dos produtores rurais, pode não ser suficiente para a adoção das áreas de refúgio, como foi aqui demonstrado. Assim, ações devem ser tomadas para aumentar a informação e o conhecimento dos produtores sobre a necessidade dessa estratégia para a durabilidade da semente *Bt* e dos benefícios associados a essa tecnologia.

Conclusão

Apesar de os produtores rurais perceberem os benefícios associados ao uso do milho *Bt*, em virtude da redução dos danos causados pelas lagartas à lavoura do milho, cerca de 30% deles ainda desconhecem os benefícios e a razão da necessidade de plantio da área de refúgio. Apesar de declararem plantar a área de refúgio, menos da metade dos produtores rurais seguem a recomendação para o plantio dentro dos limites de distância para o adequado manejo de resistência de insetos-praga. Assim, para proteger o interesse dos produtores que seguem as recomendações técnicas, deve-se regulamentar por lei a área de refúgio e intensificar medidas educacionais nos segmentos da cadeia produtiva do milho, visando ao aumento do conhecimento sobre a importância do uso do refúgio, por parte do produtor rural, de modo a retardar os problemas futuros com resistência de insetos-praga.

Referências

- BERNARDI, O.; ALBERNAZ, K. C.; VALICENTE, F. H.; OMOTO, C. Resistência de insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: BORÉM, A.; ALMEIDA, G. D. de. **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 179-204.
- CARNEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. **Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 135).
- GALVÃO, A.; ATTIE, J.; MENEZES, L.; CUNHA, J.; BISINOTTO, F. **Relatório biotecnologia**. Uberlândia: Céleres, 2012.
- GASSMANN, A. J.; PETZOLD-MAXWELL, J. L.; KEWESHAN, R. S.; DUNBAR, M. W. Field-evolved resistance to *Bt* maize by Western Corn Rootworm. **PLoS ONE**, Cambridge, v. 6, n. 7, e22629, July 2011.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**, New York, v. 162, n. 3859, p. 1243-1248, Dec. 1968.
- HUANG, F.; ANDOW, D. A.; BUSCHMAN, L. L. Success of the high-dose/refuge resistance management strategy after 15 years of *Bt* crop use in North America. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 1-16, July 2011.

KRUGER, M.; VAN RENSBURG, J. B. J.; VAN DEN BERG, J. Transgenic Bt maize: farmers' perceptions, refuge compliance and reports of stem borer resistance in South Africa. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 136, n. 1-2, p. 38-50, Feb. 2012.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 34, p. 67-77, jan./jun. 2005.

MATTEN, S. R.; HEAD, G. P.; QUEMADA, H. D. How governmental regulation can help or hinder the integration of Bt crops into IPM programs. In: ROMEIS, J.; SHELTON, A. M.; KENNEDY, G. G. **Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM program**. New York: Springer, 2008. v. 5, p. 27-39. (Progress in biological control).

MILINSKI, M.; SEMMANN, D.; KRAMBECK, H. -J. Reputation helps solve the 'tragedy of the commons'. **Nature**, London, v. 415, p. 424-426, Jan. 2002.

PILCHER, C. D.; RICE, M. E.; HIGGINS, R. A.; STEFFEY, K. L.; HELLMICH, R. L.; WITKOWSKI, J.; CALVIN, D.; OSTLIE, K. R.; GRAY, M. Biotechnology and the European corn borer: measuring historical farmer perceptions and adoption of transgenic Bt corn as a pest management strategy. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, n. 5, p. 878-892, Oct. 2002.

QAIM, M. Agricultural biotechnology adoption in developing countries. **American Journal of Agricultural Economics**, Milwaukee, v. 87, n. 5, p. 1317-1324, 2005.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 4th ed. New York: Free Press, 1995.

SÁNCHEZ, T. W. S.; PAULA, M. C. de S. Desafios institucionais para o setor de ciência e tecnologia: o sistema nacional de ciência e inovação tecnológica. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 13, p. 42-63, dez. 2001.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, n. 4, p. 1031-1038, Aug. 2010.

TABASHNIK, B. E.; GASSMANN, A. J.; CROWDER, D. W.; CARRIÈRE, Y. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. **Nature Biotechnology**, London, v. 26, n. 2, p. 199-202, Feb. 2008.

VILLELA, F. M. F.; WAQUIL, J. M.; VILELA, E. F.; SIEGFRIED, B. D.; FOSTER, J. E. Selection of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) for survival on Cry 1A(b) Bt toxin. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 12-17, 2002.