

Biotecnologia na agricultura

Qual caminho o Brasil deve seguir?

Alexandre Lima Nepomuceno¹
Derli Dossa²
José Renato Bouças Farias¹

Resumo: o presente artigo tem o objetivo de discutir a indefinição do uso da biotecnologia na agricultura brasileira. Desde a descoberta da estrutura da molécula de DNA, em 1953, a aplicação da biotecnologia na medicina, na indústria e no agronegócio tem permitido a criação de soluções para vários problemas da humanidade, assim como a agregação de valor e desenvolvimento de novos produtos que atendam as necessidades da população mundial. Atualmente, praticamente 80 % da insulina humana, consumida no Brasil e no mundo, é obtida com organismos geneticamente modificados (OGM), permitindo produção em escala, com pureza e maior eficiência biológica. A qualidade e a redução de custos beneficiaram o consumidor. Além da insulina, vários outros produtos – usados na saúde humana e animal – são hoje obtidos por engenharia genética como hormônios de crescimento, o Fator de Coagulação Sanguínea XI, anticorpos para tratamentos de câncer, além de várias vacinas. Por meio da pesquisa de produtos geneticamente modificados (PGM), análise da produção e uso desses produtos, desde 1994, foi feita uma análise empírica sobre seus impactos e benefícios até o momento. Consultaram-se vários autores nacionais e estrangeiros com o propósito de conhecer a dinâmica e a evolução do uso dos PGMs até o momento. A análise dos fatos leva ao autor recomendar que o Brasil procure respostas e definições sobre sua posição no assunto, ao custo de se tornar um espectador permanente e colocar em risco sua competitividade produtiva e comercial.

Palavras-chave: Produtos geneticamente modificados (PGM); e Biotecnologia.

Introdução

Desde a descoberta da estrutura da molécula de DNA, em 1953, por Watson e Crick, a aplicação da biotecnologia na medicina, na indústria e no agronegócio tem permitido a criação de soluções para vários problemas da humanidade, assim como a agregação de valor e/ou o desenvolvimento de novos produtos que atendam as necessidades da população mundial.

Por exemplo, até a década de 1970, toda insulina utilizada por diabéticos era obtida a partir de pâncreas de bovinos e de suínos. A partir da década de 1980, o uso da tecnologia do DNA recombinante alterou isso. Hoje, praticamente 80 % da insulina humana consumida no Brasil e no mundo é obtida por meio de organismos geneticamente modificados (OGM), permitindo produção em escala, com pureza e maior eficiência biológica. Assim, a qualidade e a

¹ Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.; nepo@cnpso.embrapa.br.

² Assessoria de Gestão Estratégica do Mapa.

redução de custos beneficiaram o consumidor. Além da insulina, vários outros produtos usados no tratamento da saúde humana e animal são hoje obtidos por engenharia genética, como hormônios de crescimento, o fator de coagulação sangüínea XI, anticorpos para combater câncer, além de várias vacinas.

No Brasil, a vacina recombinante contra hepatite B, produzida pelo Instituto Butantan (INSTITUTO BUTANTAN, 2007), permitiu ao governo brasileiro elaborar um programa de vacinação em massa para recém-nascidos, jovens e profissionais de risco. Na indústria, a biotecnologia também está presente no nosso dia-a-dia. Atualmente, boa parte do queijo produzido industrialmente é coagulado com o uso da enzima quimosina, obtida por meio de OGM (VAN DEN BERG et al., 1990). Também várias marcas de sabão em pó apresentam, em sua composição, enzimas como amilases, proteases, celulases, entre outras, responsáveis pela decomposição de resíduos de sujeira das roupas, sendo muitas obtidas e purificadas por meio de OGM (BAECK et al., 1997).

PGM na agricultura

Na agricultura, o uso da biotecnologia é mais recente. Em 1994, a primeira planta geneticamente modificada (PGM), um tomate (*Flavor-Savor*®), com maior vida de prateleira, foi lançada no mercado americano. De 1994, até agora, passaram-se mais de 12 anos de uso comercial de PGM na agricultura. Nesse período, foram introduzidas comercialmente no mundo plantas com características que permitem resistência a herbicidas (e.g. glifosato, genes *CP4 EPSPS*, *2mEPSPS*; glufosinato de amônia, genes *bar* e *par*; etc), resistência a insetos (e.g. genes *Cry1Ab*, *Cry1Ac*, *Cry2*, *Cry3*, genes *Bt* obtidos da bactéria *Bacillus thuringiensis*), resistência a vírus (e.g. gene *CMV-CP*, *Cucumber Mosaic Virus Coat Protein*; gene *PRV-CP*, *Papaya Ringspot Virus Coat Protein*; etc), com características que retardam a maturação de frutos e flores (e.g. genes *ACC*, *Aminocyclopropane*; gene *SAM* – *S-Adenosylmethionine*; gene *PG* – *Polygalacturonase*),

com características que melhoram a qualidade de óleo (e.g. *GmFad2-1*, aumenta teores de ácido oléico) ou que introduzem novas cores em flores (e.g. genes envolvidos em produção de antocianinas). Vinte e dois países plantaram lavouras geneticamente modificadas (GM), comercialmente, em 2006. Vinte e nove outros países num total de 51 concederam, desde 1996, aprovações regulatórias para produtos GM serem importados, utilizadas em alimentos e forragem e liberadas no meio ambiente. Um total de 539 aprovações foram concedidas para 107 eventos em 21 culturas. Assim, produtos GM podem ser importados, usados em alimentos e forragem, e liberados no meio ambiente em 29 países, inclusive nos maiores países importadores de alimentos como o Japão, que não planta lavouras GM. Dos 51 países que concederam aprovações para o plantio de lavouras GM, os Estados Unidos lideram a lista, seguidos por Canadá, Coréia do Sul, Austrália, Filipinas, México, Nova Zelândia, União Européia, e China (JAMES, 2007). O milho é a espécie com o maior número de liberações comerciais, num total de 35. Essas liberações compõem várias marcas comerciais como, por exemplo, os milhos *YieldGard*®, *YieldGardPlus*®, *Herculex*®, *HerculeXtra*®, com resistência à insetos, e *Liberty Link*®, *Roundup Ready*®, *Roundup Ready II*®, resistentes a herbicidas, assim como as combinações entre essas e outras características no mesmo material comercial. O algodão é a segunda espécie em número de liberações comerciais, totalizando 19 liberações comerciais.

Entre as marcas comerciais de algodão, estão *BollGard*®, *WideStrike*®, *VipCop*®, com resistência a insetos, individualmente, ou em combinação com resistência a herbicidas (*Liberty Link*®, *Roundup Ready*®, *Roundup Ready II*®). Canola é a terceira espécie em número de liberações (14) seguida da soja com (7). Plantas geneticamente modificadas de mamão, batata, melão, arroz, tomate, entre outras, também já estão disponíveis comercialmente. Espécies importantes como o eucalipto e a cana-de-açúcar já possuem eventos em fase pré-comercial sendo trabalhados.

Assim, cada vez mais, novas características têm sido introduzidas no mercado. Em 2006 e em 2007, os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália e as Filipinas autorizaram o uso comercial do primeiro milho GM com altos teores de lisina (*High Lysine Corn*). O gene *CodapA* (obtido da bactéria *Corynebacterium glutamicum*) introduzido no milho, permite o aumento em mais de 10 vezes teores de lisina, que normalmente ficam em torno de 100 ppm. A nova tecnologia poderá reduzir os custos na produção de rações animais à base de milho, tendo em vista que normalmente necessitavam adição de lisina artificialmente.

Em 2006, já entrando na segunda década de comercialização das lavouras GM, a área global das lavouras continuou a crescer pelo décimo ano consecutivo, a uma taxa de 13 % em relação ao ano anterior, alcançando um total mundial de 102 milhões de hectares (JAMES, 2007). A Fig. 1 mostra os países que usaram PGM comercialmente

na agricultura. O desenvolvimento de variedades comerciais GM pelo setor público nesses países ainda é tímido, mas os ganhos sendo obtidos pelos produtores, meio ambiente e a sociedade em geral devem ser considerados.

Após mais de 10 anos de plantio comercial da soja *Roundup Ready*® (RR, resistente ao herbicida glifosato) no mundo, nenhum dano grave à saúde humana, animal, ou ao meio ambiente foi observado como sendo causado pelo plantio, produção ou consumo de soja RR. Ao contrário, os países produtores que utilizam a tecnologia da soja resistente ao herbicida glifosato, em 2005, observaram uma redução de 10 mil toneladas no total de herbicidas aplicados em lavouras. Desde 1996, 4,1 % a menos de ingredientes ativos herbicidas deixaram de ser usados em lavouras de soja GM no mundo, correspondendo a uma redução no período de 51 mil toneladas (BROOKES; BARFOOT, 2006).

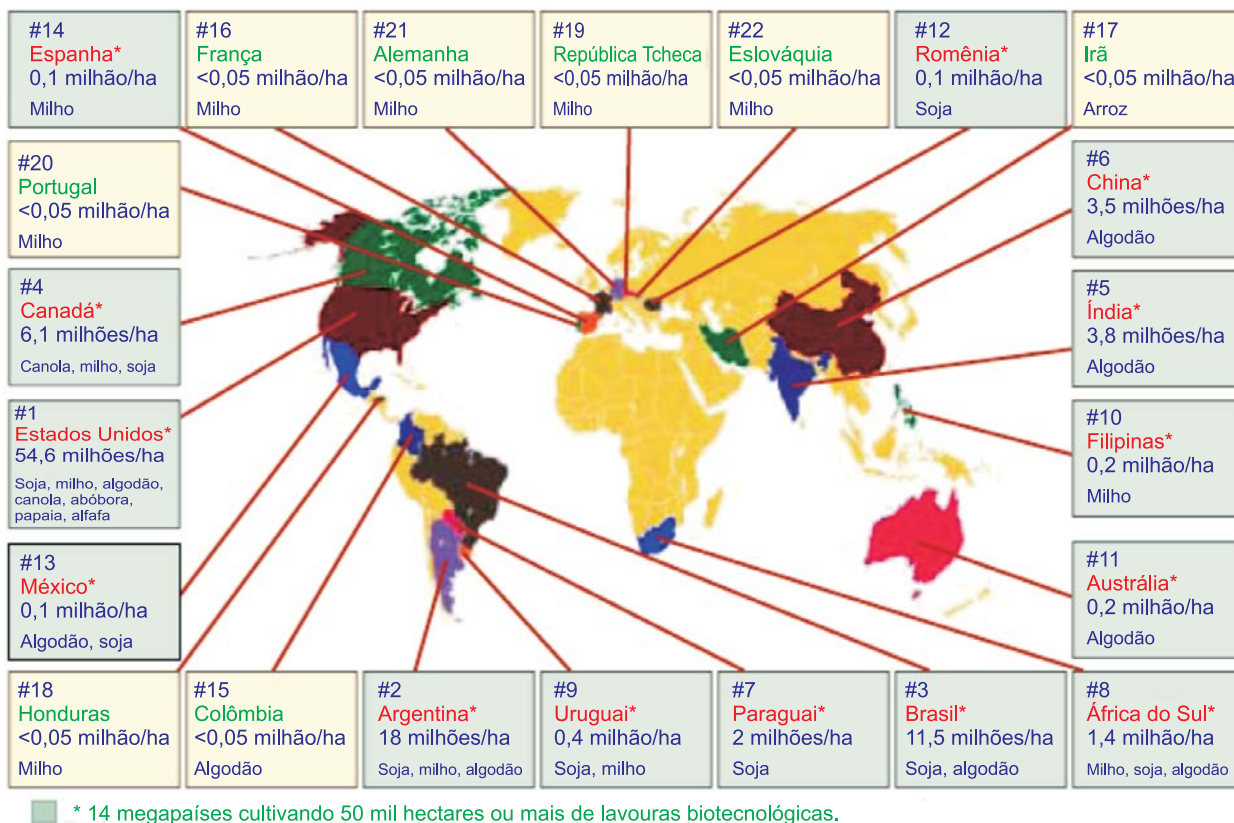


Fig. 1. Países que usam PGM comercialmente na agricultura.

No Brasil, os ganhos econômicos com a adoção da soja RR variam de produtor para produtor, mas estão estimados em torno de R\$ 200,00/ha de redução no custo de produção. Caso os 20,6 milhões de hectares de soja plantados na safra passada (2006/2007) fossem todos utilizando esta tecnologia, o ganho do setor produtivo estaria em torno de R\$ 4,1 bilhões.

Benefícios das PGMs

Nas PGM com resistência a insetos, a redução no consumo de inseticidas também tem sido considerável. O uso de algodão geneticamente modificado com genes *Bt* permitiu redução substancial do número de aplicações de inseticidas, o que pode significar benefícios ao ambiente e à saúde humana e animal (CARPENTER et al., 2002; EDGE et al., 2001; JAMES, 2002).

Nos Estados Unidos, produtores obtiveram reduções de mais de 800 toneladas de ingrediente ativo inseticida somente em 2001 (GIANESSI et al., 2002). Na China, as aplicações de inseticidas foram reduzidas em média 67 %, sendo que a redução em volumes de ingrediente ativo inseticida foi de 80 % (HUANG et al., 2002). Na África do Sul, as reduções ficaram em torno de 66 % (ISMAEL et al., 2002). No Brasil, a cultura do algodão é uma das que mais se aplicam produtos químicos, com pulverizações que giram em torno de 20 aplicações por lavoura, por safra.

O uso de tecnologias, como o algodão e o milho *Bt* resistentes a insetos, pode impactar positivamente a preservação de populações de organismos não-alvo e insetos benéficos, facilitando o manejo integrado de pragas da lavoura (HEAD et al., 2001; SMITH, 1997; XIA et al., 1999; BENEDICT; ALTMAN, 2001).

Adicionalmente, a adoção de tecnologias que reduzam pulverizações de produtos químicos nas lavouras pode favorecer a obtenção de benefícios secundários, como a redução de uso de matéria-prima na produção de agrotóxicos, na conservação de combustíveis utilizados para produzir, distribuir e aplicar tais agrotóxicos, e pela eliminação da necessidade de uso e descarte de embalagens de agrotóxicos (LEONARD; SMITH, 2001).

Os ganhos econômicos obtidos pelo setor produtivo também são evidentes, mesmo levando em conta o custo do uso da tecnologia. Na Tabela 1 são apresentados os ganhos anuais de renda de produtores americanos utilizando milho *Bt* no período de 1996 a 2005, que representou um benefício acumulado no período de U\$ 1,92 bilhão. Os ganhos de renda dos produtores, pelo uso da tecnologia *Bt*, na cultura do milho, só em 2005, em relação à produção total americana, apresentou ganho de 1,37 % em produtividade.

Na Argentina, o ganho obtido pelo uso de milhos *Bt* em 2005, quando em 62 % da área

Tabela 1. Impacto na renda do produtor em função do uso de milho *Bt* nos Estados Unidos (1996–2005).

Ano	Redução de custos (U\$/ha)	Aumento da renda do produtor em âmbito nacional (U\$ milhões)	Aumento na renda nacional de produtores como % do valor da produção nacional
1996	15,50	8,76	0,03
1997	15,50	70,47	0,27
1998	15,50	167,58	0,77
1999	15,50	206,94	1,04
2000	15,50	146,76	0,71
2001	15,50	155,87	0,72
2002	15,50	240,61	0,96
2003	15,50	291,45	1,14
2004	15,88	328,13	1,27
2005	15,88	306,28	1,37

Adaptado de Brookes e Barfoot (2006).

plantada foi usada a tecnologia, correspondeu a U\$ 31 milhões. Desde 1997, quando a Argentina adotou a tecnologia, o ganho acumulado foi de U\$ 157 milhões obtidos principalmente por ganhos em aumento de produtividade e redução de custos de produção (BROOKES; BARFOOT, 2006).

É inegável o potencial da biotecnologia na agricultura para auxiliar na solução de problemas e na agregação de valor aos produtos agrícolas. O Brasil, como segundo maior produtor de grãos do mundo e que, potencialmente, é o único com capacidade de dobrar sua produção e tornar-se o maior fornecedor de alimentos, de matérias-primas para indústria e combustíveis renováveis para o mundo, não pode ficar à margem dessa tecnologia.

Cabe ressaltar, ainda, que as mudanças climáticas previstas para as próximas décadas poderão reduzir as áreas agricultáveis no planeta. A Fig. 2 compara as estimativas do aumento da população brasileira com as reduções das áreas potenciais para produção de grãos em função do incremento da temperatura de 1 °C a 5,8 °C, nas próximas décadas, para quatro culturas comerciais. Caso se confirmem as previsões sobre

mudanças climáticas, tecnologias sendo desenvolvidas nesse momento, como a de PGM tolerantes à seca e/ou a temperaturas extremas, e/ou capazes de produzir em solos degradados, serão imprescindíveis no futuro próximo (SCHIERMEIER, 2006; SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007).

Novos paradigmas e novas visões

Novos paradigmas também estão surgindo com a introdução de genes em plantas que permitem melhorar a qualidade nutricional dos alimentos ou mesmo transformar as plantas em biofábricas para produção de medicamentos. Em 2000, a liberação comercial da soja nos Estados Unidos e no Canadá, com altos teores de ácido oléico (AGBIOS, 2007), fez com que o óleo dessa soja GM ficasse similar, em termos de qualidade, ao óleo de oliva, ou a autorização em junho de 2007 pelo Departamento de Agricultura Americano (Usda), para plantio de plantas de arroz GM produzindo compostos para a indústria farmacêutica (albumina, lactoferrina e lizoenzima; compostos bactericidas e antifúngicos presentes no leite materno) (USDA, 2005, 2007), são alguns dos exemplos do potencial da tecnologia do DNA recombinante.

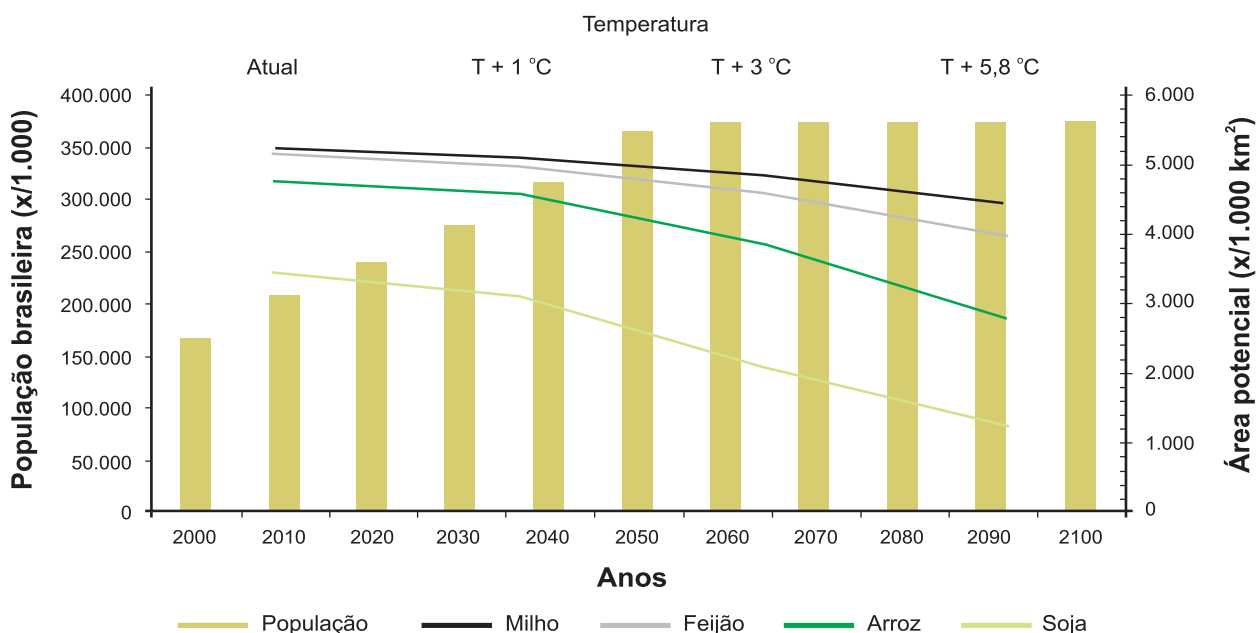


Fig. 2. Compensação das estimativas do aumento da população brasileira com as reduções das áreas potenciais para produção de grãos em função do incremento da temperatura nas próximas décadas.

A comunidade científica mundial é praticamente unânime quanto à importância do uso da biotecnologia na agricultura. E está ciente que a biossegurança e o “Princípio da Precaução” devem estar sempre à frente no desenvolvimento de PGM. Entretanto, como sabiamente disse a desembargadora federal Selene Maria Almeida em seu relato na decisão que reconheceu, após 6 anos de discussão na Justiça (Apelação Cível nº 1998.34.00.027682-0/DF, Processo: 199834000276820), a competência da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para fazer a análise de risco da soja RR:

[...] o uso do “Princípio da Precaução” não implica na proibição de se utilizar tecnologia nova, ainda que tal compreenda a manipulação de OGMs. O princípio não pode ser interpretado, à luz da Constituição Brasileira, como uma proibição do uso de tecnologia na agricultura porque a Constituinte de 1988 estabeleceu que a política agrícola levará em conta, principalmente, o incentivo à pesquisa e à tecnologia (art. 187, II, da CF/88).

Disse ainda a desembargadora:

...sob o enfoque da Epistemologia não há certeza científica absoluta. A exigência de certeza absoluta é algo utópico no âmbito das ciências. A questão da verdade científica é um tema recorrente em Epistemologia porque a ciência busca encontrar o fato real. Todavia, há muito se percebeu que o absoluto é incompatível com o espírito científico e que na área das ciências naturais as pretensões não de ser mais modestas [...]. (BRASIL, 2004).

Conclusão

Nenhuma empresa pública ou privada, nenhum cientista, deliberadamente, colocaria em risco a saúde humana, animal ou o meio ambiente, sabendo das implicações legais, econômicas, sociais e morais que acidentes poderiam causar. Todo o ferramental tecnológico e conhecimentos disponíveis na atualidade têm sido utilizados para identificar possíveis riscos e impactos do uso de OGM na agricultura. Entretanto, o risco da não-adoção da tecnologia tem sido pouco discutido, principalmente no Brasil. Quais os riscos para a preservação do meio ambiente, da saúde humana e animal, para a economia e a nossa capacidade competitiva na agricultura nas próximas décadas,

caso continuemos postergando o uso de PGM na agricultura brasileira?

Referências

AGBIOS. **Agriculture & Biotechnology Strategies**.

Disponível em: < <http://www.agbios.com/main.php> > .

Acesso em: 25 nov. 2007.

BAECK, A.; JONES, L. A.; KASTURI, C.; SHOWELL, M. S.; WOLFF, A. M. **Detergent Compositions** United States Patent n.5,629,278, 1997.

BENEDICT, J.; ALTMAN, D. Commercialization of transgenic cotton expressing insecticidal crystal protein. In: JENKINS, J.; SAHA, S. (Ed.). **Genetic improvement of cotton: emerging technologies**. Enfield, NH: Science, 2001. p. 137-201.

BRASIL. Tribunal Regional Federal (1ª Região). Acórdãos e agravos regimentais na Apelação cível nº 1998.34.00.027682-0/DF. Processo de origem 1998.34.00.027682-0. Apelante: Monsanto do Brasil Ltda e outros. Apelado: IDEC- Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Brasília, 08 de setembro de 2003. **Diário da Justiça**, [Brasília, DF], n. 169, seção 2, 1 set. 2004.

BROOKES, G.; BARFOOT, P. **GM Crops: the global economic and environmental impact: the first nine years 1996-2004**. **AgBioForum**, Dorchester, UK, v. 8, n. 2/3, p.187-196, 2006. Disponível em: < <http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/v8n23a15-brookes.pdf> > . Acesso em: 25 nov. 2007.

CARPENTER, J.; FELSOT, A.; GOODE, T.; HAMMIG, M.; ONSTAD, D.; SANKULA, S. **Comparative environmental impacts of biotechnology-derived and traditional soybean, corn, and cotton crops (CAST: I-189)**. Ames, IA: Council for Agricultural Science and Technology, 2002.

EDGE, J. M.; BENEDICT, J.; H.; CARROLL, J.; P.; REDING, H. K. Bollgard cotton: an assessment of global economic, environmental, and social benefits. **Journal of Cotton Science**, v. 5, n. 2, p. 121-136, 2001. Available on the World Wide Web: < http://journal.cotton.org/2001/issue02/Art_08.pdf > .

GIANESSI, L.; SILVERS, C.; SANKULA, S.; CARPENTER, J. **Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture: an analysis of 40 case studies**. Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy, 2002. (Executive summary). Available on the World Wide Web: < <http://www.ncfap.org/40CaseStudies/NCFAB%20Exec%20Sum.pdf> > .

HUANG, J.; ROZELLE, S.; PRAY, C.; WANG, Q. Plant biotechnology in China. **Science**, Washington, v. 295, n. 5555, p. 674-676, 2002.

HEAD, G.; FREEMAN, B.; MINA, B.; MOAR, W.; RUBERSO, J.; TURNIPSEED, S. Natural enemy abundance in commercial Bollgard® and conventional cotton fields. **Proceedings of the Beltwide Cotton Conference**, Memphis, TN, n. 2, p. 796-798, 2001.

INSTITUTO BUTANTAN. Vacinas virais: Hepatite B. Disponível em: < <http://www.butantan.gov.br/vacinas.htm> > . Acesso em: 25 nov. 2007.

ISMAEL, Y.; BENNETT, R.; MORSE, S. **Bt cotton, pesticides, labour and health**: a case study of smallholder farmers in the Makhathini Flats, Republic of South Africa. Paper presented at the 6th International ICABR Conference, Ravello, Italy. 2002.

JAMES, C. **Global review of commercialized transgenic crops**: 2006. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2007. (ISAAA Brief, 35). Available on the World Wide We: http://www.isaaa.org/Publications/briefs/briefs_26.htm, 2007.

JAMES, C. **Global review of commercialized transgenic crops**: 2001. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2001. (ISAAA Brief, 26). Available on the World Wide Web: http://www.isaaa.org/Publications/briefs/briefs_26.htm, 2002.

LEONARD, R.; SMITH, R. **IPM and environmental impacts of Bt cotton**: a new era of crop protection and consumer benefits. St. Louis, MO: Monsanto, [2001]. ISN No. 00401074.

SCHIERMEIER, Q. The costs of global warming. **Nature**, London, v. 439, p. 374-375, 2006.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and

tolerance. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

SMITH, R. H. An extension entomologist's 1996 observations of Bollgard (Bt) technology. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 2., 1997, San Antonio, TX. **Proceedings...** Memphis, TN: National Cotton Council, 1997. p. 856-858

USDA. US Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. [Docket No. 05-006-1]. **Ventria Bioscience**: availability of environmental assessment for field test of genetically engineered rice expressing lactoferrin. Federal Register / Vol. 70, No. 35 / Wednesday, February 23, 2005 / Notices, p. 8763.

USDA. US Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. [Docket No. APHIS-2007-0006]. **Availability of an environmental assessment and finding of no significant impact for a proposed field release of rice genetically engineered to express lactoferrin, lysozyme, or serum albumin**. Federal Register / Vol. 72, No. 94 / Wednesday, May 16, 2007 / Notices, p. 27539.

VAN DEN BERG, J.; VAN DER LAKEN, K.; VAM OUYEN, A. J. J.; RENNIERS, T. C. H. M.; RIETVELD, K.; SCHAAP, A.; BRAKE, A. J.; BISHOP, R. J.; SCHULTZ, K. MOYER, D.; RICHMAN, M.; SHUSTER, J. R. Kluyveromyces lactis a host gene expression and secretion of Prochymosin. **Biotechnology**, [New York], v. 8, p. 135-139, 1990.

XIA, J. Y.; CUI, J. J.; MA, L.; H.; DONG, S.; X.; CUI, X.; F. The role of transgenic Bt cotton in integrated insect pest management. **Acta Gossypii Sinica**, [Beijing], v. 11, n. 2, p. 57-64. 1999.