

A nova era biotecnológica na agricultura: situação dos novos eventos

Décio Karam¹, Dionísio L. P. Gazziero² e Leandro Vargas³



ção genética de organismos, gerando os organismos geneticamente modificados (OGM) ou transgênicos (Figura 1).

Na agricultura atual a revolução genica pode ser considerada a partir do desenvolvimento da primeira planta geneticamente modificada (GM) para a alimentação humana, que obteve autorização para comercialização em 1994, um tomate de maturação prolongada, FlavrSavr, desenvolvido pela empresa Calgene, que apresentava alterações metabólicas para desacelerar o processo de amadurecimento, impedindo, assim, o amolecimento dos frutos, sem que a cor e o sabor fossem alterados. No mesmo ano a mesma empresa desenvolveu a canola com concentração aumentada de ácido láurico. Já a primeira soja transgênica introduzida no mercado deu-se no ano de 1995, pela Monsanto, com tolerância ao herbicida glifosato.

No Brasil foi editada a Medida Provisória nº 131, em 26 de setembro de 2003, que passou a regulamentar o plantio de organismos geneticamente modificados (transgênicos) em escala comercial no país. No Congresso Nacional, a MP nº. 131 não sofreu mudanças significativas, convertendo-se na lei nº. 10.184, de 15 de dezembro de 2003. Na safra 2005/2006, a comercialização da soja "Roundup Ready" (soja RR), com tolerância ao herbicida glifosato, passou a ser normatizada no país,

A biotecnologia vem contribuindo para o desenvolvimento da agricultura atual através das plantas geneticamente modificadas originadas dos avanços do conhecimento sobre o DNA (*ácido desoxirribonucleico*) a partir dos achados do bioquímico alemão Johann Friedrich Miescher em 1869, do pesquisador russo Andrei Nicolaevitch Belozersky e dos cientistas James Watson e Francis Crick, responsáveis pela identificação da molécula, seu isolamento e descrição da dupla hélice, respectivamente, que resultou na obtenção do DNA recombinante. Com essa técnica, o isolamento e a transferência de pedaços de gene de um organismo para outro deram início a modifica-

¹Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Membro da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, Conselheiro do Conselho Científico para Agricultura Sustentável
e-mail: decio.karam@embrapa.br

²Pesquisador Embrapa Soja

³Pesquisador Embrapa Trigo

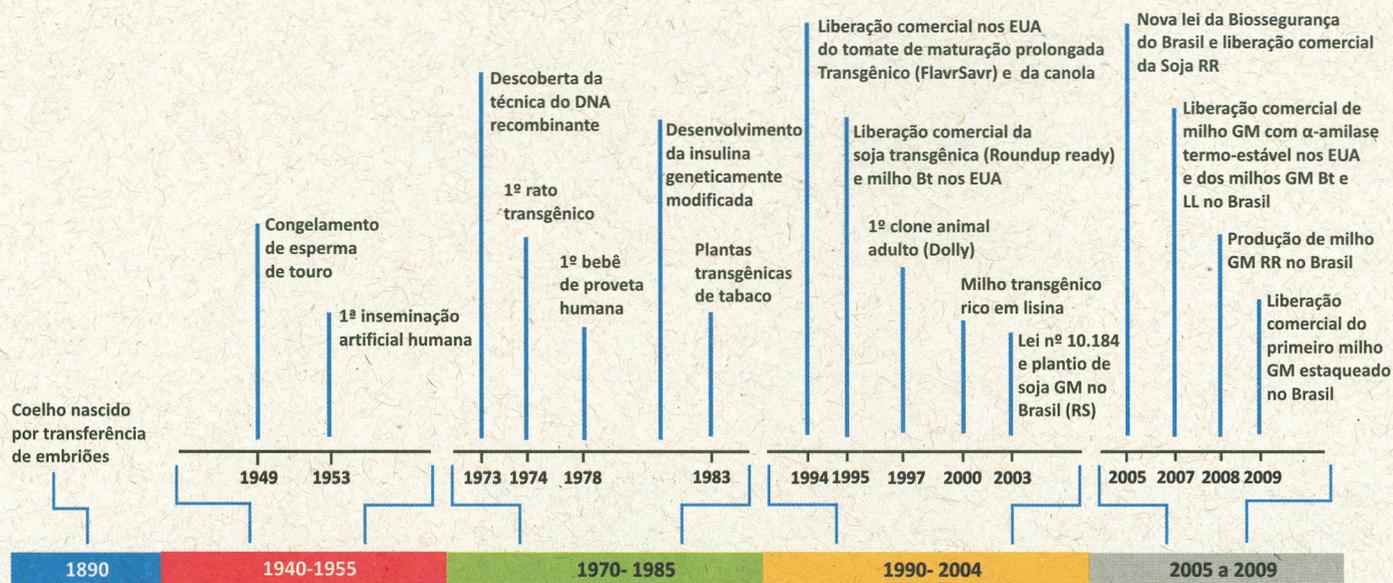


Figura 1. Cronologia da biotecnologia relacionados à engenharia genética e ao desenvolvimento de produtos agrícolas.

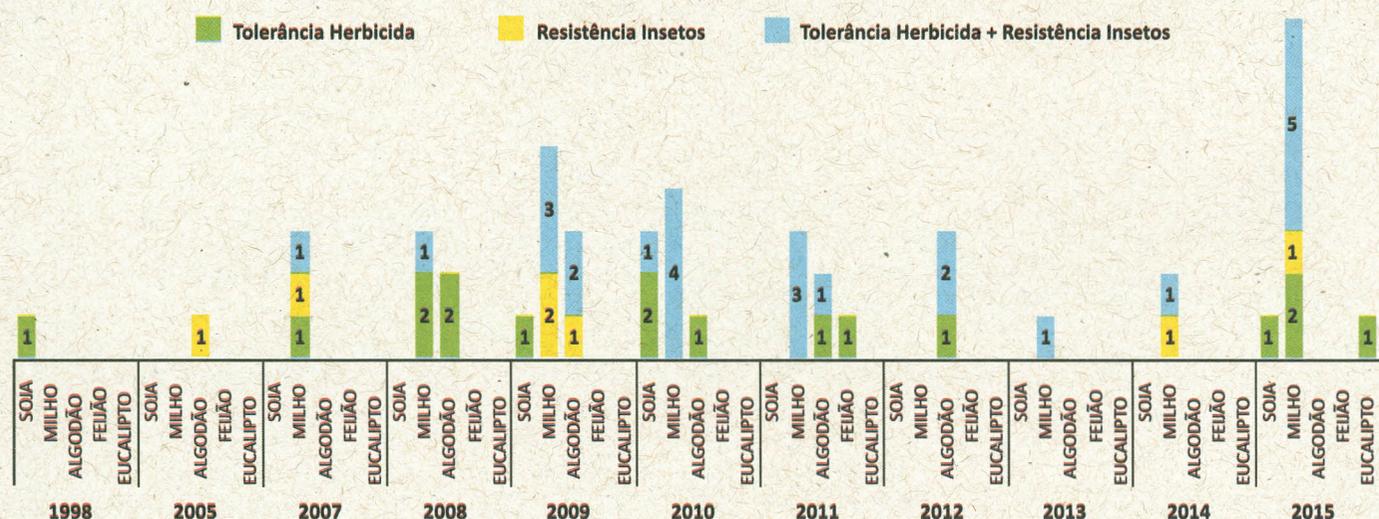
embora existam relatos de plantio de soja tolerante a este herbicida datada no final dos anos 1990.

Para a cultura do milho, as primeiras liberações comerciais transgênicas ocorreram em 2007, com duas cultivares resistentes a insetos da ordem lepidóptera e um cultivar tolerante ao herbicida glufosinato de amônio. Atualmente, vinte e nove eventos em milho, seis em soja, doze em algodão, um em feijão

e um em eucalipto estão liberados pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio (Figura 2 e Tabela 1) para serem comercializados, sendo que destes, vinte e cinco apresentam estaqueamento relativos à Resistência a Insetos e Tolerância a Herbicidas (Tabela 1), equivalente a 52% dos eventos liberados.

Salienta-se que a liberação dos OGMs no Brasil passa pela deliberação na Comissão Técnica de Biosse-

gurança (CTNBio), onde os aspectos relacionados a biossegurança são analisados, assessorando o Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa aos organismos geneticamente modificados, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambien-



Adaptado CTNBio, 2015

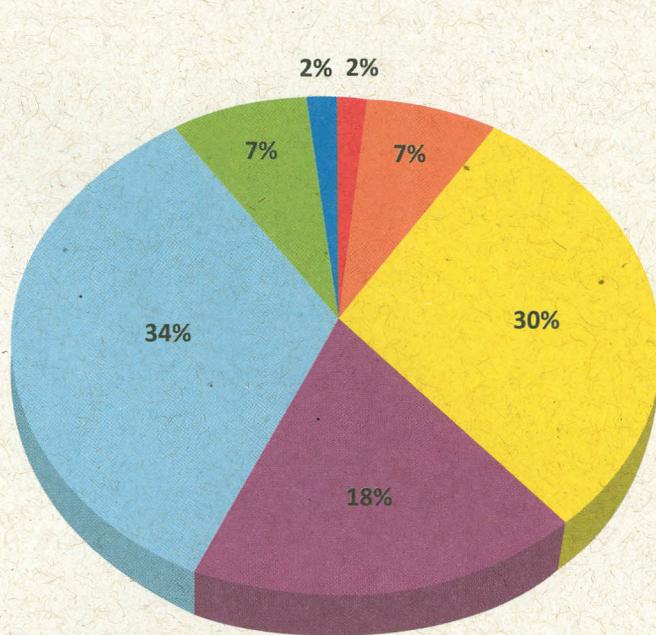
Figura 2. Evolução dos eventos transgênicos aprovados para liberação comercial no Brasil (1998 – 2015).

te, para atividades que envolvam a construção, experimentação, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, armazenamento, liberação e descarte de OGM e derivados. Na CTNBio já foram deliberados sobre a comercialização de vários organismos geneticamente modificados (Figura 3), sendo que a maioria das deliberações diz respeito as culturas do milho, vacinas e algodão. Contudo, consta ainda na pauta da CTNBio várias liberações planejadas no ambiente para as culturas do milho, soja, cana-de-açúcar e algodão (Figura 4).

De acordo com o Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura Pecuária e Abasteci-

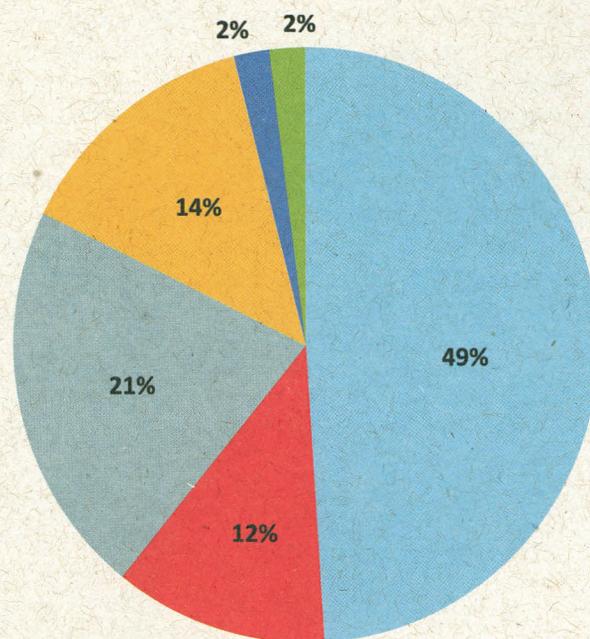
mento existe até 2015 um total de 32.264 cultivares registrados, dos quais 6.285 são cultivares geneticamente modificados, representando na cultura da soja 59%, para o milho 38% e para o algodão 28% (Figura 5).

Segundo o Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologias (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications- ISAAA), entidade sem fins lucrativos, mais de 181,5 milhões de hectares foram plantados com culturas geneticamente modificadas em 2014, sendo observado um aumento contínuo na área plantada, ao redor de 100 vezes em um período de 19 anos. Em 2014, vinte



■ Inseto	Inseto	1
■ Microorganismos	Microorganismos	5
■ Vacina	Vacina	20
■ Algodão	Algodão	12
■ Milho	Milho	23
■ Soja	Soja	5
■ Feijão	Feijão	1

Figura 3. Pauta de deliberações comerciais da Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio).



■ Milho	Milho	25
■ Algodão	Algodão	6
■ Soja	Soja	11
■ Cana-de-açúcar	Cana-de-Açúcar	7
■ Arroz	Arroz	1
■ Eucalipto	Eucalipto	1

Figura 4. Pauta de liberações planejadas no meio ambiente incluídas na pauta para deliberações da Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio) até maio de 2015.

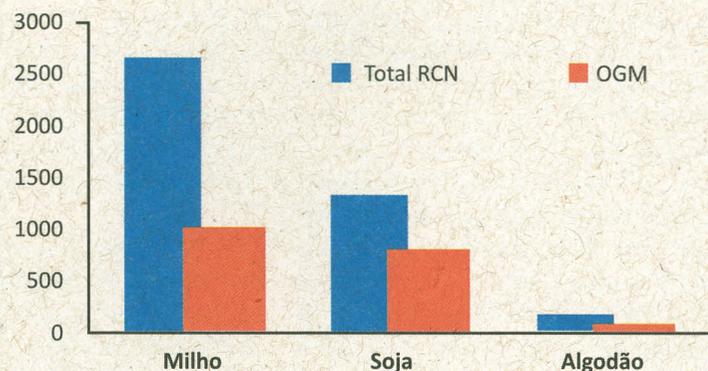
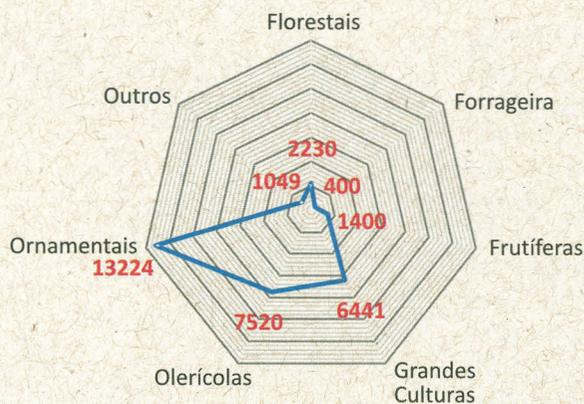


Figura 5. Cultivares inscritos no Registro Nacional de Cultivares (A) e o total de cultivares geneticamente modificados registrados das principais culturas.

e oito países utilizavam culturas geneticamente modificadas sendo que os países em desenvolvimento (Brasil, Argentina, Índia, China, Paraguai, África do Sul, Paquistão, Uruguai, Bolívia, Filipinas, República da União de Myanmar, México, Colômbia, Burquina Faso, Sudão, Chile, Honduras, Cuba, Costa Rica e República Popular do Bangladesh) plantaram mais de 96 milhões de hectares, enquanto os países desenvolvidos ou industrializados (Estados Unidos da América, Canadá, Austrália, Espanha, Portugal,

República Checa, Eslováquia e Romênia) plantaram apenas 87 milhões de hectares. Dos 1,5 bilhões de hectares plantados no mundo, 12,1% foram com culturas geneticamente modificadas, sendo estas cultivadas por 18 milhões de produtores (ISAAA, 2015). Mundialmente já estão liberados e comercializados, em pelo menos um país, vários eventos, dentre os quais o milho se destaca por ser a cultura que mais apresenta eventos inseridos (Figura 6).

No mesmo ano, cultivares GM foram plantadas no Brasil em mais de 40 milhões de hectares, sendo principalmente cultivadas nos estados do Mato Grosso (11,03 milhões), Paraná (6,86 milhões), Rio Grande do Sul (5,66 milhões), Goiás (4,05 milhões), Mato Grosso do Sul (3,43 milhões), Minas Gerais (2,32 milhões) e Bahia (2,00 milhões).

A detenção dos cultivares modificados encontram-se distribuídos principalmente em quatro compa-

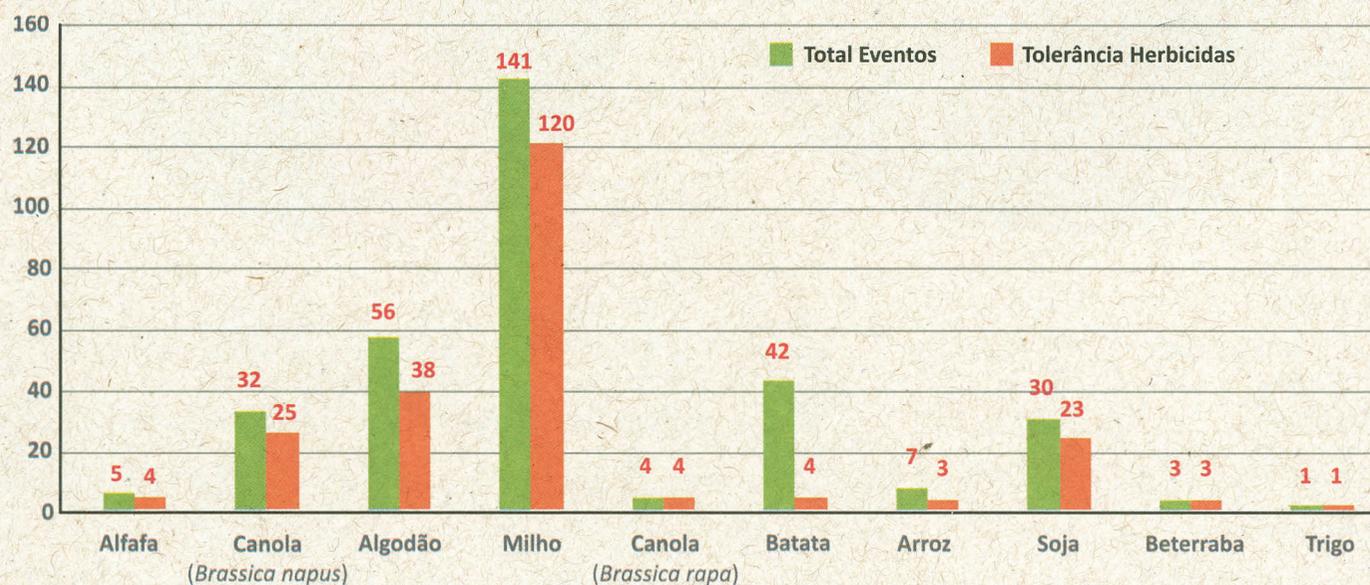


Figura 6. Eventos liberados e comercializados mundialmente inseridos em cultivares geneticamente modificados.

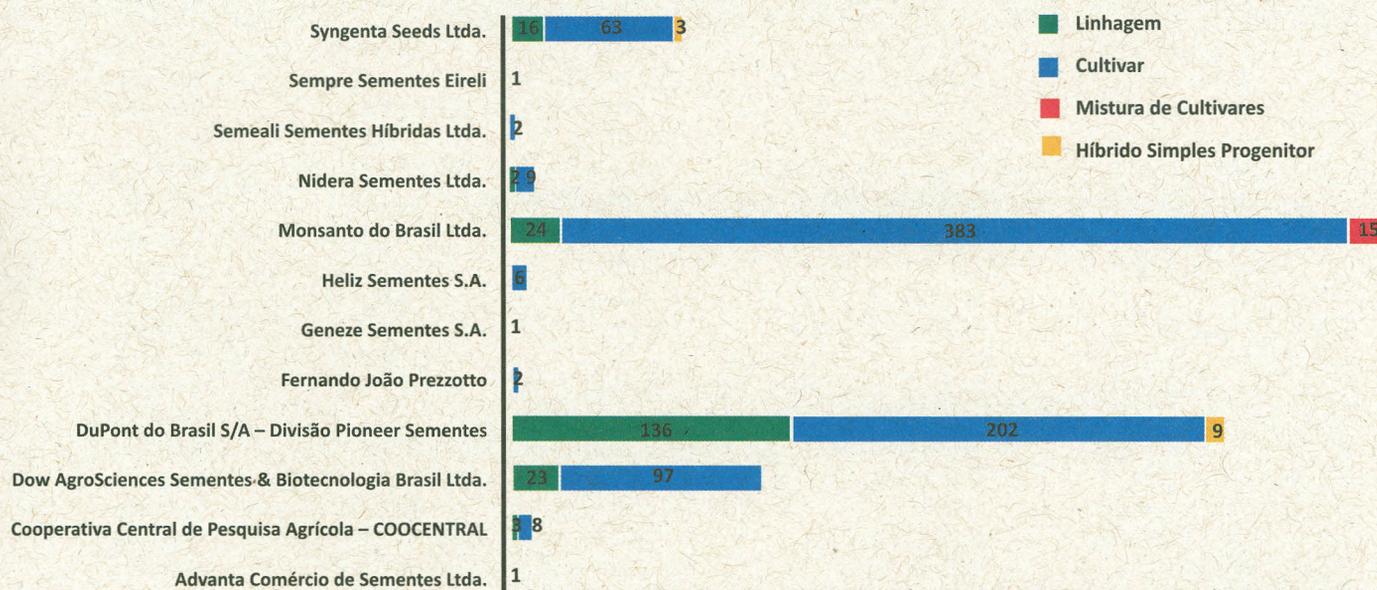


Figura 7. Cultivares de milho geneticamente modificados registrados no Registro Nacional de Cultivares do MAPA (2014).

nhas sendo elas: Monsanto do Brasil Ltda, Dupont do Brasil AS – Divisão Pioneer Sementes, Dow Agroscience Sementes & Biotecnologia Brasil Ltda e Syngenta Seeds Ltda (Figura 7).

Com a introdução das cultivares geneticamente modificadas, os sistemas de produção têm modificado, ficando estes mais complexos em função dos mais de 40 eventos disponíveis no mercado nacional (Figura 8 e Tabela 1)

Apesar da evolução agrícola promovida pelas cultivares transgênicas, devemos ter em mente que sem o avanço do melhoramento genético no Brasil, nos últimos vinte anos, nada teria acontecido e de nada adiantaria o processo da transgenia que atualmente vem ocorrendo de maneira definitiva e acelerada nas cultivares modernas. Nas últimas safras o Brasil apresentou novos patamares de produtividade, só antes alcançado por países desenvolvidos e detentores de alta tecnologia, a exemplo dos Estados Unidos. No Brasil é comum encontrarmos, nos dias atuais, produtores de milho com

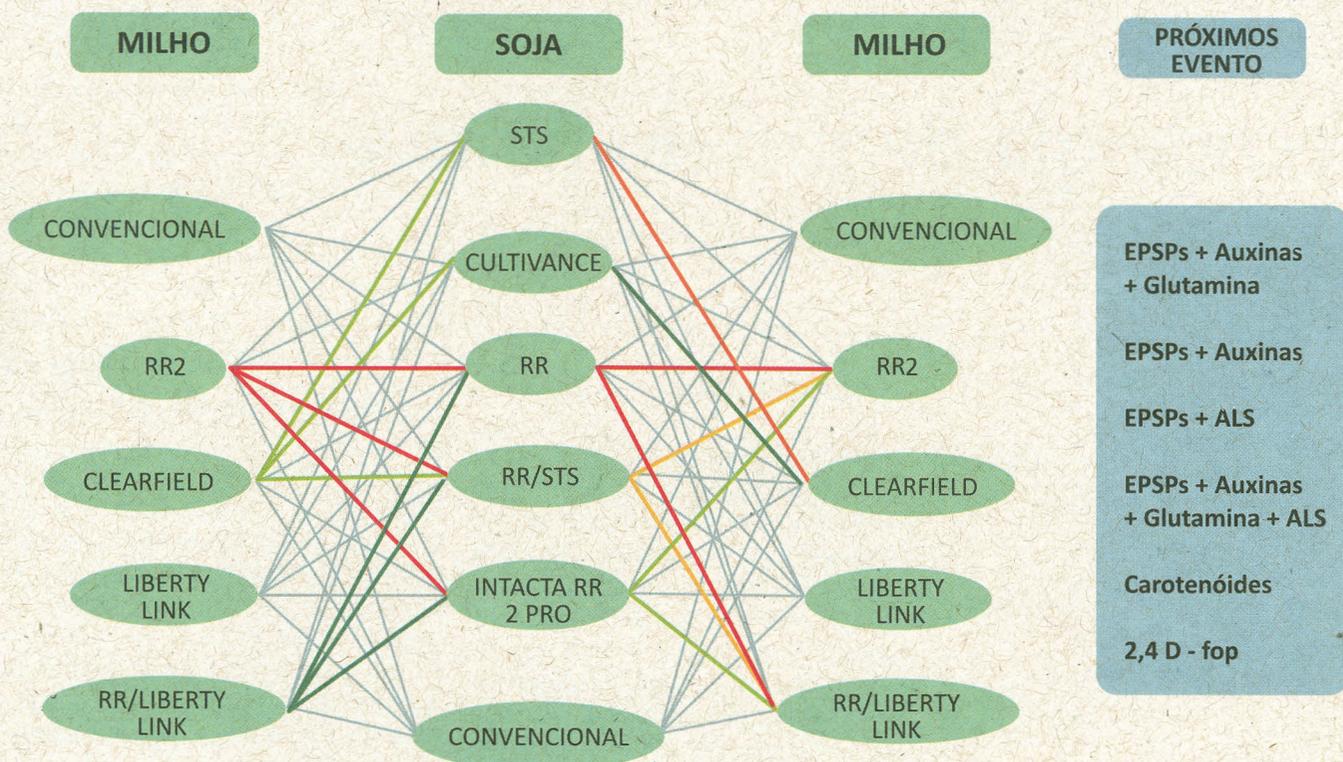
médias de produtividade variando de 10.000 kg ha⁻¹ a 12.000 kg ha⁻¹, havendo áreas com patamares de até 15.000 kg ha⁻¹, enquanto na soja as produtividades têm alcançado patamares superiores a 7.000 kg ha⁻¹.

Salienta-se ainda que: o uso inadequado das cultivares geneticamente modificadas tem contribuído para uma maior presença de plantas tigueras, também conhecidas como plantas voluntárias, nas lavouras visto que, o gene de tolerância a herbicidas incorporado no cultivar da cultura antecessora tem sido usado também na cultura de sucessão, o que tem de forma constante tem dificultado o manejo destas voluntárias. Ressalta-se que o aparecimento das plantas tigueras não é devido as cultivares OGMs, mas sim ao uso inadequado da tecnologia, visto que a presença destas plantas pode ocorrer, independente dos sistemas de produção ser com cultivares convencionais ou transgênicas, sempre que o produtor tiver trabalhando em sistemas de produção com rotação e/ou sucessão de culturas.

Tabela 1. Eventos transgênicos liberados para comercialização no Brasil

Espécie	Nome Comercial	Eventos	Característica	Proteína	Requerente
Soja	Roundup Ready	GTS-40-3-2	TH	CP4-EPSPS	Monsanto
	Cultivance	BPS-CV-127-9	TH	Csr-1-2	BASF & Embrapa
	Liberty Link TM	A2704-12	TH	PAT	Bayer
	Liberty Link TM	A5547-127	TH	PAT	Bayer
	Intacta RR2 PRO	MON87701 & MON89788	TH e RI	CP4-EPSPS Cry1Ac	Monsanto
	ASD*	DAS-68416-4	TH	aad12 pat	Dow Agrosciences
	Yield Gard	MON810	RI	Cry1Ab	Monsanto
	Liberty Link	T25	TH	PAT	Bayer
	TL	Bt	TH e RI	Cry1Ab PAT	Syngenta
	Roundup Ready 2	NK603	TH	CP4-EPSPS	Monsanto
Milho	TG	GA21	TH	mEPSPS	Syngenta
	Herculex	TC1507	TH e RI	Cry1F PAT	Du Pont & Dow AgroScience
	YR YieldGard/RR2	NK603 & MON810	TH e RI	CP4-EPSPS Cry1Ab	Monsanto
	TL/TG	Bt11 & GA21	TH e RI	Cry1Ab PAT mEPSPS	Syngenta
	Viptera-MIR162	MIR162	RI	VIP3Aa20	Syngenta
	HR Herculex/RR2	TC1507 & NK603	TH e RI	Cry1F PAT CP4-EPSPS	Du Pont
	Pro	MON89034	RI	Cry1A.105 Cry2Ab2	Monsanto
	TL TG Viptera	Bt11 & MIR162 & GA21	TH e RI	Cry1Ab VIP3Aa20 mEPSPS	Syngenta
	PRO2	MON89034 7 NK603	TH e RI	Cry1A.105 Cry2Ab2 Cp4-EPSPS	Monsanto
	Yield Gard VT	MON88017	TH e RI	CP4-EPSPS Cry3Bb1	Monsanto
	Power Core	MON89034 &	TH e RI	Cry1A.105 Cry2Ab2 Cry1F	Monsanto e Dow
	PW/Dow	TC1507 & NK603	TH e RI	PAT CP4-EPSPS	Agrosciences
	HX YG RR2	MON810 & TC1507 & NK603	TH e RI	cry1Ab Cry1F PAT CP4EPSPS	Du Pont
	TC1507xMON810	TC1507 & MON810	TH e RI	Cry1F Cry1Ab PAT	Du Pont
	MON89034 x MON88017	MON89034 & MON88017	TH e RI	Cry1A.105 Cry2Ab2 Cry3Bb1 CP4-EPSPS	Monsanto
	Herculex XTRA™maize	TC1507 x DAS-59122-7	TH e RI	Cry1F PAT cry34Ab1cry35Ab1	Du Pont & Dow
	Viptera4	Bt11xMIR162xMIR604xGA21	TH e RI	Cry1Ab PAT VIP3Aa20 mcry3A mEPSPS	Syngenta
	MIR 604	MIR604	RI	mcry3A	Syngenta
	ASD	DAS-40278-9	TH	aad-1v3	Dow Agrosciences
	ASD	NK603 x T25	TH	CP4-EPSPS PAT	Monsanto
ASD	TC1507 x MON810 x MIR162 x NK603	TH e RI	cry1F cry1Ab PAT VIP3Aa20 CP4-EPSPS	Du Pont	
ASD	TC1507xMIR162xNK603	TH e RI	cry1F PAT VIP3Aa20 Cp4-EPSPS	Du Pont (RN15)	
ASD	TC1507xMIR162	TH & RI	cry1F PAT VIP3Aa20	Du Pont (RN15)	
ASD	MIR162xNK603	TH e RI	VIP3Aa20 CP4-EPSPS	Du Pont (RN15)	
ASD	MON810xMIR162	RI	Cry1Ab VIP3Aa20	Du Pont (RN15)	
ASD	TC1507xMON810 x MIR162	TH e RI	Cry1F pat VIP3Aa20 cry1Ab	Du Pont	
Algodão	Bolgard I	MON531	RI	Cry1Ac	Monsanto
	Roundup Ready	MON1445	TH	CP4-EPSPS	Monsanto
	Liberty Link	LLCotton25	TH	PAT	Bayer
	Bolgard I Roundup Ready	MON531&MON1445	TH e RI	Cry1Ac CP4-EPSPS	Monsanto
	Widestrike	281-24-236 & 3006-210-23	TH e RI	Cry1Ac Cry1F PAT	Dow Agrosciences
	Bolgard II	MON15985	RI	Cry2Ab2 Cry1Ac	Monsanto
	GlyTol	GHB614	TH	2mEPSPS	Bayer
	TwinLink	T304-40 & GHB119	TH e RI	Cry1Ab Cry2Ae PAT	Bayer
	MON88913	MON88913	TH	CP4-EPSPS	Monsanto
	GlytolxTwinLink	GHB614 x T304-40 x GHB 119	TH e RI	Cry1Ab, cry2Ae,2mepsps	Bayer
Feijão	GTxLL	GHB614 x LLCotton25	TH	2mepsps, bar	Bayer
	BolgardII Roundup Ready Flex	MON 15985 x MON 88913	TH e RI	cry1Ac e cry2Ab2 e CP4-EPSPS	Monsanto
	Embrapa 5.1	Embrapa 5.1	R VMD	não se aplica	Embrapa
	Eucalipto	ASD	H421	AVM	Futuragene

TH – Tolerância a Herbicida; RI - Resistência a Insetos, R VMD – Resistência ao Vírus do Mosaico Dourado do Feijoeiro; AVM - aumento volumétrico de madeira. Adaptado CTNBio, 2015



Adaptado Costa e Karam, 2012

Figura 8. Novos sistemas de produção envolvendo a cultura do milho e da soja.

Mundialmente ainda pesquisas são voltadas a inserção de diferentes genes nas plantas para indução de diversas características agrônomicas dentre as quais podem ser citadas a tolerância a estresse abióticos como a tolerância a seca, a mudança na taxa de crescimento e desenvolvimento, a resistência a doenças, a modificação na qualidade do produto e ao sistema de controle de polinização.

Observa-se que a dificuldade em se encontrar novas moléculas de herbicidas tem estimulado a incorporação de genes de tolerância a produtos de amplo espectro que já estão no mercado. Nos próximos anos, inúmeros programas deverão ser disponibilizados no Brasil, como por exemplo a soja tolerante ao dicamba que está em análise, e materiais tolerantes ao herbicida 2,4D para as culturas da soja e milho os quais já foram deliberadas pela CTN-Bio para comercialização. Com isso, além da soja e milho RR, novas al-

ternativas como a soja Cultivance, a soja Liberty Link e a soja e o milho Enlist estarão disponíveis no mercado ficando os sistemas de produção mais complexos o que exigirá a necessidade de um planejamento mais preciso e adequado, visando a redução dos problemas de uso inadequado das tecnologias disponíveis.

Importante destacar que não é possível confrontar as tecnologias e estabelecer vantagem comparativa para uma delas, já que todas possuem vantagens e desvantagens e serão úteis nos diferentes sistemas de cultivo existentes no Brasil. Vale destacar que as tecnologias deverão ser adotadas de forma alternada para minimizar as probabilidades de surgimento de plantas daninhas resistentes. Nesse contexto, todas as tecnologias serão importantes e caberá ao produtor, com apoio do Engenheiro Agrônomo, estabelecer quais e como as tecnologias deverão ser usadas.

Referencias

COSTA, J. M.; KARAM, D. **Plantas tigueras em cultivares de soja e milho (verão e safrinha) resistentes a herbicidas.** In: PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). *Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos.* Campinas: Instituto Agrônomo; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. cap. 25, p. 387-398.

ISAAA. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Disponível em <http://www.isaaa.org/resources/publications/biotech_booklets/top_10_facts/download/Top%2010%20Facts%20Booklet.pdf> Acesso em: 28 de julho de 2015

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registo/registo-nacional-cultivares>>. Acesso em: 28 de julho de 2015.