



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Economia

OS DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA
GENÉTICA NA AGRICULTURA: PERCEPÇÃO
DE RISCOS E REGULAÇÃO

Izaías de Carvalho Borges

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia da UNICAMP para obtenção do título de Doutor em Ciências Econômicas – área de concentração: Teoria Econômica, sob a orientação do Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira.

*Este exemplar corresponde ao original da tese defendida por **Izaías de Carvalho Borges** em 27/05/2010 e orientado pelo Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira.*

CPG, 27 / 05 / 2010

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Izaías", is written over a horizontal line.

Campinas, 2010

**Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca
do Instituto de Economia/UNICAMP**

B644d	Borges, Izaias de Carvalho. Os desafios do desenvolvimento da engenharia genética na agricultura: percepção de riscos e políticas regulatórias/ Izaias de Carvalho Borges. – Campinas, SP: [s.n.], 2010. Orientador : José Maria Ferreira Jardim da Silveira. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia. 1. Engenharia genética – Políticas governamentais. 2. Agricultura e estado. Análise multivariada. I. Silveira, José Maria Ferreira Jardim da. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.
	10-040-BIE

Título em Inglês: Challenges of genetic engineering development in agriculture: risk perception and regulatory policies

Keywords : Genetic engineering – Governmental policies ; Agriculture and state ; Multivariate analysis

Área de concentração : Teoria Econômica

Titulação : Doutor em Ciências Econômicas

Banca examinadora : Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira
Profa. Dra. Ana Lúcia Delgado Assad
Profa. Dra. Maria Ester Soares Dal Poz
Profa. Dra. Maria da Graça Derengowski Fonseca
Profa. Dra. Maria Beatriz Machado Bonacelli

Data da defesa: 27-05-2010

Programa de Pós-Graduação: Ciências Econômicas

Tese de Doutorado

Aluno: IZAIAS DE CARVALHO BORGES

**“Os Desafios do Desenvolvimento da Engenharia Genética na Agricultura:
Percepção de Riscos e Regulação”**

Defendida em 27 / 05 / 2010

COMISSÃO JULGADORA



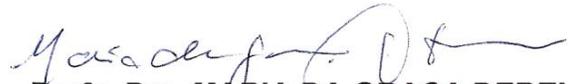
Prof. Dr. JOSÉ MARIA FERREIRA JARDIM DA SILVEIRA
Orientador – IE / UNICAMP



Profa. Dra. ANA LÚCIA DELGADO ASSAD
CNPq/DF



Profa. Dra. MARIA ESTER SOARES DAL POZ
FCA / UNICAMP



Profa. Dra. MARIA DA GRAÇA DERENGOWSKI FONSECA
UFRJ



Profa. Dra. MARIA BEATRIZ MACHADO BONACELLI
IG / UNICAMP

À Andrea

Agradecimentos

Ao Instituto de Economia da Unicamp, especialmente ao Núcleo de Economia Agrícola (NEA).

Ao Professor José Maria Ferreira Jardim da Silveira pelo incentivo, pela confiança e amizade.

A banca examinadora – Professoras Ana Lúcia Delgado Assad, Maria Beatriz Bonacelli, Maria Ester Soares Dal Poz e Maria da Graça Derengowski Fonseca – pela leitura do trabalho e pelas sugestões.

Ao Professor Marcelo M. Magalhães, pelo apoio no processo de aplicação e de processamento dos questionários.

Aos Professores do NEA que contribuíram para discussão do tema, em particular aos professores Antonio Marcio Buainain, Bastiann Philip Reydon e Pedro Ramos.

Aos alunos de pós-graduação do NEA, em particular aos doutorandos Andréa Leda Ramos de Oliveira Ojima, Andréia Mara Pereira, José Eustáquio Vieira Filho, Adriana Pinto Vieira, Pedro Abel Vieira Júnior, Divina A. L. Lima e ao mestrando Paulo Ricardo Silva Oliveira.

Aos pesquisadores que responderam ao questionário.

Aos professores do Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela amizade e pelo bom ambiente de trabalho, especialmente aos professores (as) Duncan Chaloba, José Alex Rego, Adauto Roberto Ribeiro, Nelly Maria Sansigolo de Figueiredo, Bruna Branchi, Eliane Navarro Rosandiski, Lineu Maffezoli, Ana Carina Silva Bueno, Leandro Morais e Cândido Ferreira da Silva Filho.

A meus pais Antônio e Stela, meus irmãos Jeremias e Zaqueu, pelo apoio e pelo incentivo.

A Andrea Giannella, cujo amor e incentivo me fazem sempre seguir em frente.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE QUADROS	XIII
INDICE DE TABELAS	XV
RESUMO	XVII
INTRODUÇÃO	1
1 O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA E OS SEUS DESAFIOS NO SÉCULO XXI	5
1.1 O Desenvolvimento da Agricultura no Pós-Guerra	5
1.2 As Limitações da Revolução Agrícola Moderna	13
1.3 Os Desafios Atuais e Futuros da Agricultura	18
1.4 Os Desafios Tecnológicos	23
1.5 Considerações Finais	26
2 A ENGENHARIA GENÉTICA E AGRICULTURA	29
2.1 A Engenharia Genética e o Melhoramento de Plantas	29
2.2 Aplicações da Engenharia Genética na Agricultura: os Cultivos Geneticamente Modificados	35
2.3 Os Impactos Observados dos Cultivos GM	39
2.3.1 Os Impactos Econômicos sobre os Agricultores	39
2.3.2 Os Impactos Sociais e Ambientais	48
2.4 A Abrangência e a Importância dos Impactos Observados	53
2.5 Os Cultivos Geneticamente Modificados: uma nova Revolução Agrícola?	62
3 OS DESAFIOS DA ENGENHARIA GENÉTICA: A ATITUDE DO PÚBLICO	67
3.1 O Comportamento do Público com Relação aos Cultivos Geneticamente Modificados	68
3.2 Causas da Oposição do Público aos Cultivos GM	72
3.2.1 As Especificidades do Mercado de Alimentos	74
3.2.2 A Percepção Social dos Riscos e dos Benefícios dos Cultivos GM	80

3.2.3	Porque nos Países Ricos há mais Rejeição aos Cultivos GM?	94
3.3	As Controvérsias entre o Público e a Politização dos Cultivos GM	99
4	A REGULAÇÃO DOS CULTIVOS GENETICAMENTE MODIFICADOS	111
4.1	As Políticas de Governos na Agricultura	113
4.2	Os Diferentes Tipos de Políticas para os Cultivos GM	116
4.2.1	As Políticas de Direitos de Propriedade Intelectual	117
4.2.2	As Políticas de Biossegurança	123
4.2.3	As Políticas Comerciais	125
4.2.4	Políticas dos Direitos dos Consumidores	126
4.2.5	As Políticas de Investimento Público em Pesquisa e Desenvolvimento	128
4.3	Os Determinantes das Políticas Governamentais: Grupos de Interesses e Opinião Pública	130
4.4	As Diferenças Regionais da Regulação Comercial	144
4.4.1	O Conflito Regulatório entre Estados Unidos e União Européia	145
4.4.2	A Regulação dos Cultivos GM nos demais Países	151
5	A CONTROVÉRSIA ENTRE OS ESPECIALISTAS: UM ESTUDO DA PERCEPÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO BRASIL	155
5.1	Um Panorama Geral da Questão dos Cultivos GM no Brasil	160
5.2	Os Benefícios e os Riscos dos Cultivos GM no Brasil	164
5.2.1	As Especificidades do Brasil	169
5.2.2	Benefícios e Riscos dos Cultivos GM no Brasil	173
5.3	A Metodologia	180
5.3.1	O Uso do Método Multicritério	181
5.3.2	Conceitos Básicos de Análise Multicritério	184
5.3.3	A Escolha do Método AHP	185
5.3.4	A Estrutura do Problema de acordo com o Método AHP	189
5.4	Resultados	192
5.4.1	Média dos Pesos	192
5.4.2	Correlação entre os Sub-Critérios	200
5.4.3	Variância entre os Especialistas: Classificação <i>ex ante</i>	201
5.4.4	Variância entre os Especialistas: Classificação <i>ex post</i>	206
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	211
7	BIBLIOGRAFIA	215

Índice de Figuras

Figura 1. População Mundial em milhões _____	6
Figura 2. Crescimento da produção por trabalhador e da produção por hectare, entre 1961 e 2006 _____	9
Figura 3. Taxa de crescimento anual da produção agrícola mundial _____	16
Figura 4. Taxa média de crescimento anual do rendimento (produção/área) da produção mundial de cereais _____	17
Figura 5. Correlação entre o crescimento populacional esperado e a produção per capita de cereais _____	20
Figura 6. Biotecnologias e as suas aplicações _____	30
Figura 7. Redução no uso de pesticidas causadas pelo uso de cultivos GM na produção mundial em 2005. _____	51
Figura 8. Crescimento do consumo mundial de soja, milho e algodão: 1990 a 2006 _____	57
Figura 9. Taxa anual de crescimento da produção mundial de soja em períodos selecionados _____	59
Figura 10. Taxa de difusão de variedades GM na produção de soja, milho e algodão: 1996 a 2007 _____	59
Figura 11. Estoque mundial de milho entre 2000 e 2006 (em mil toneladas) _____	60
Figura 12. Comparação Internacional da Posição do Público com Relação aos Cultivos GM _____	71
Figura 13. Grau de apoio as diferentes aplicações da engenharia genética _____	72
Figura 14. Fatores Determinantes da atitude do público com relação a alimentos _____	77
Figura 15. Quais as principais responsabilidades dos agricultores, segundo o público da União Européia _____	79
Figura 16. Classificação de atividades e tecnologias de acordo com as características dos riscos _____	83
Figura 17. Riscos Voluntários, Riscos Involuntários e Riscos Impostos _____	85
Figura 18. Modelo Hipotético para explicar a atitude do público perante novas tecnologias _____	89
Figura 19. Percepção dos riscos e dos benefícios de algumas aplicações tecnológicas na União Européia _____	90
Figura 20. A percepção do público para diferentes aplicações da engenharia genética na Europa _____	91
Figura 21. Correlação entre renda per capita e atitude do público com relação aos cultivos GM (sem Estados Unidos e Canadá) _____	94
Figura 22. Correlação entre confiança na indústria e grau de otimismo com a engenharia genética _____	98
Figura 23. Apresentação esquemática das características da politização do processo inovativo. _____	101
Figura 24. O processo de inovação e de difusão de cultivos GM: <i>stakeholders</i> primários e secundários _____	104
Figura 25. O ambiente institucional de difusão de cultivos GM _____	107
Figura 26. As Políticas Regulatórias para a Engenharia Genética na Agrícola _____	117
Figura 27. Etapas do Desenvolvimento de um Cultivo GM _____	122
Figura 28. Grupos de Interesses, Opinião Pública e Políticas de Governos _____	132
Figura 29. Classificação dos Países segundo as suas políticas comerciais para os cultivos GM _____	153
Figura 30. As Dimensões Afetadas pelo Uso de Cultivos GM _____	166
Figura 31. Pauta de exportação do agronegócio brasileiro em 2009: principais produtos (em %) _____	170
Figura 32. Participação na produção mundial de soja em grãos: Eua, Brasil e Argentina _____	171
Figura 33. Participação na exportação mundial de soja em grãos: Eua, Brasil e Argentina _____	171
Figura 34. Variáveis nas tomadas de decisões sobre os cultivos GM: benefícios e riscos percebidos _____	175
Figura 35. Estrutura Geral do Estudo Empírico _____	181
Figura 36. Classificação dos Métodos de Análise Multicritério _____	186
Figura 37. Estruturação do problema numa árvore hierárquica, de acordo com o método AHP _____	187
Figura 38. Estrutura do Problema, segundo o Método AHP _____	190

Figura 39. Critérios para avaliação das alternativas de regulação dos cultivos geneticamente modificados _____	192
Figura 40. Peso médio dos critérios e dos sub-critérios de nível 1 _____	193
Figura 41. Média dos pesos globais dos critérios da avaliação _____	194
Figura 42. Valor médio dos pesos dos critérios, segundo as categorias de especialistas _____	203

Índice de Quadros

Quadro 1. Nível de adoção das variedades modernas em 2000 _____	13
Quadro 2. Contribuição da agricultura para as emissões globais de gás (em %) _____	18
Quadro 3. Indicadores de desempenho de agroecossistemas e os impactos da modernização agrícola _____	23
Quadro 4. Cultivos GM produzidos comercialmente até 2008, por atributos e número de eventos _____	38
Quadro 5. Conclusões de Cientistas Europeus sobre os Riscos dos Cultivos Geneticamente Modificados _____	74
Quadro 6. Tipo de Atitude do Público Europeu e Fatores Determinantes _____	92
Quadro 7. Confiança do público europeu nas instituições e grupos de stakeholders que participam do processo inovativo da engenharia genética _____	98
Quadro 8. Os Tipos de Políticas Regulatórias para os Cultivos Geneticamente Modificados _____	130
Quadro 9. As questões centrais no debate atual sobre os cultivos GM _____	140
Quadro 10. Fatores que causam indignação e que influenciam a percepção de riscos do público _____	144
Quadro 11. Grupos de países, segundo as políticas regulatórias adotadas _____	154
Quadro 12. Benefícios e riscos dos cultivos GM no Brasil _____	179
Quadro 13. A Escala Fundamental de Saaty _____	188
Quadro 14. Matriz A: a matriz de comparação entre os critérios de julgamento _____	189
Quadro 15. Matriz V: a matriz A normalizada _____	189
Quadro 16. Os Pesos Locais dos Sub-critérios de Nível 2 _____	196
Quadro 17. Os Pesos Globais dos sub-critérios de nível 2, por ordem decrescente dos pesos _____	199
Quadro 18. Correlações entre os pesos locais _____	201
Quadro 19. Correlações entre os pesos globais _____	201
Quadro 20. Número de especialistas (em %) segundo o critério mais importante _____	204
Quadro 21. Valor médio dos pesos locais dos sub-critérios, segundo as categorias de especialistas _____	205
Quadro 23. Valor médio dos pesos globais dos sub-critérios, segundo as categorias de especialistas _____	205
Quadro 24. Peso médio dos sub-critérios, segundo os <i>clusters</i> _____	208
Quadro 25. Peso médio dos critérios, segundo o cluster _____	208

Índice de Tabelas

Tabela 1. Produção Agrícola Mundial: por regiões _____	7
Tabela 2. Produção Agrícola Mundial: por grupos de cultivos _____	7
Tabela 3. Produção de cereais e uso de fatores de produção na Ásia _____	12
Tabela 4. O crescimento da produção agrícola em regiões selecionadas, de 1961 a 2006 _____	15
Tabela 5. Área global com cultivos GM de 1996 a 2007: cultivos predominantes (em milhões de hectares) _____	38
Tabela 6. Aumento na renda do produtor agrícola entre 1996 e 2005, por tipos de cultivos e em países selecionados (Milhões de Dólares) _____	40
Tabela 7. Impactos da adoção de soja GM sobre os custos de produção nos Estados Unidos, Argentina e Brasil _____	42
Tabela 8. Impactos da adoção de algodão Bt nas principais regiões produtoras – 1999-2001 _____	45
Tabela 9. Uso de inseticidas por variedades de algodão na China _____	46
Tabela 10. Impactos da adoção de milho Bt nos Estados Unidos, África do Sul e Espanha _____	48
Tabela 11. Perdas causadas por pestes em 1988-90, por Regiões _____	55
Tabela 12. Perdas causadas por pestes em 1988-90: por Cultivos _____	55
Tabela 13. Principais Cultivos em 2007: por Área Colhida e Quantidade Produzida _____	57
Tabela 14. Área global com cultivos GM entre 1996 e 2008: por países _____	62
Tabela 15. Condições em que o consumidor europeu comprar cultivos GM _____	78
Tabela 16. Atitudes do Público com relação as aplicações da engenharia genética _____	92
Tabela 17. Participação da soja, milho e algodão na área colhida total no Brasil _____	170
Tabela 18. Composição dos <i>Clusters</i> _____	209

Resumo

Nos últimos 15 anos a engenharia genética vem sendo usada para o desenvolvimento de cultivos geneticamente modificados (GM) com diversos atributos de interesses para a produção agrícola, tais como tolerância a herbicidas, resistência a insetos e modificações nas características nutricionais de diversos cultivos. Os cultivos GM estão sendo utilizados na produção de produtos de grande importância no mercado mundial de *commodities agrícolas*, tais como algodão, milho e soja. Agricultores de diversos países, incluindo dos grandes produtores agrícolas mundiais, como Argentina, Brasil, Estados Unidos, China e Índia, estão sendo beneficiados com o uso de cultivos GM. Além dos benefícios econômicos, como a redução dos custos de produção e das perdas causadas pelos ataques de pragas, os cultivos GM estão apresentando também benefícios ambientais e sociais, ambos associados com a redução no uso de pesticidas.

Mas a despeito da ampla aceitação pelos agricultores e dos benefícios ambientais e sociais observados, os cultivos GM estão enfrentando rejeição por uma parte da opinião pública e diversos governos estão adotando políticas regulatórias de restrições à produção, à importação e ao uso dos cultivos GM para a produção de alimentos. Assim, o objetivo desta tese foi entender as razões pelas quais tanto a opinião pública quanto os governos de diversos países estão se posicionando contra o uso dos cultivos GM na produção agrícola, a despeito dos benefícios observados pelos agricultores.

Os estudos de opinião pública mostram que a rejeição aos cultivos GM é maior do que a rejeição as aplicações da engenharia genética em outras áreas, como por exemplo, na indústria farmacêutica. Esta diferença sugere que a rejeição aos cultivos GM está relacionada com as peculiaridades dos cultivos GM. A primeira é que na maioria dos casos eles são utilizados na produção de alimentos, um segmento no qual a variável segurança tem um grande peso nas decisões dos consumidores. A segunda característica é que a maior parte dos cultivos GM produzidos atualmente foram desenvolvidos para melhorar o processo produtivo, o que resulta em uma assimetria de percepção dos seus benefícios ao longo da cadeia produtiva, ou seja, os agricultores tendem a perceber mais os seus

benefícios do que os consumidores. Uma terceira característica dos cultivos GM é que ao contrário das aplicações da engenharia genética na indústria farmacêutica, eles são expostos ao meio ambiente. Estas três características resultam em grande percepção de riscos, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, e baixa percepção dos benefícios.

Entre os especialistas – público não leigo – também existem rejeição aos cultivos GM, embora em menor grau do que entre o público leigo. Um estudo empírico realizado no Brasil com 65 especialistas, incluindo pesquisadores de instituições públicas de pesquisa, professores universitários e profissionais de empresas privadas, mostrou que entre eles não só há discordância quanto aos benefícios e aos riscos dos cultivos GM, mas principalmente quanto aos tipos de riscos e de benefícios que devem ter maior peso nas decisões políticas com relação à estes cultivos.

Abstract

Over the past 15 years genetic engineering has been used to develop genetically modified crops (GM) with several attributes of interest to agricultural production, such as herbicide tolerance, insect resistance and changes in nutritional characteristics of different crops. GM crops are being used to produce products of great importance in the agricultural global market, for commodities such as cotton, corn and soybeans. In several countries, including the world's major agricultural producers like Argentina, Brazil, United States, China and India, farmers are having the benefits of GM crops use. Besides economic benefits such as reduced production costs and reduced losses from pest attacks, GM crops are also presenting environmental and social benefits, both associated with a reduction in pesticide use.

But despite the wide acceptance by farmers and the observed environmental and social benefits, GM crops are facing rejection by part of the public and many governments are adopting policies of regulatory restrictions on production, importation and the use of GM crops for food production. The purpose of this thesis was to understand the reasons why the public opinion and the governments of several countries are positioning themselves against the use of GM crops in agricultural production, despite the benefits observed by farmers.

Studies of public opinion show that the rejection of GM crops is greater than the rejection of genetic engineering applications in other areas, such as the pharmaceutical industry. This difference suggests that the rejection of GM crops is related to their peculiarities. The first peculiarity of GM crops is that in most cases they are used in food production, a segment in which food safety weighs heavily on consumers' decisions. The second peculiarity is that most of the GM crops currently produced were made to improve the production process, resulting in an asymmetry in the perception of their benefits throughout the supply chain, ie, farmers tend to perceive more of such benefits than consumers. A third peculiarity of GM crops is that, because they are produced in extensive contact with nature, they arouse concerns about possible impacts on biodiversity. These

three features result in increased awareness of risks for both human health and for the environment, and low perceived benefits.

This study aimed to analyze the perception of risk and benefits of GM crops in Brazil. The methodology used was the application of questionnaires to experts. We used a multiple criteria method of hierarchical analysis for the preparation of the questionnaire. The results showed that among Brazilian specialists there is disagreement about the benefits and risks of GM crops, and especially regarding the types of risks and benefits that should have greater weight in policy decisions related to the use of GM crops in Brazilian agriculture.

Keywords: Genetically Modified Crops, Risk Perception, Regulatory Policies, Multiple Criteria Analysis

Introdução

Em outubro de 2009, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) realizou na sua sede em Roma um “Fórum de Especialistas de Alto Nível sobre como alimentar o mundo em 2050”. O documento síntese do Fórum¹ apresentou as perspectivas com relação à agricultura nos próximos 40 anos e os pré-requisitos para a segurança alimentar em 2050.

Dado o crescimento da população, da *renda per capita* e da urbanização, a perspectiva é de que a demanda de alimentos, de fibras e de outras matérias-primas se duplique nos próximos 40 anos e ao mesmo tempo deverá crescer cada vez mais a demanda de cultivos para a produção de energia. A crescente demanda de produtos agrícolas, por sua vez, resultará em pressão crescente sobre os escassos recursos agrícolas. De um lado a produção agrícola enfrentará cada vez a competição dos crescentes núcleos urbanos por terra e água. De outro lado ela enfrentará as restrições impostas pelas mudanças climáticas e pelas necessidades de conservação de habitats naturais, de proteção de espécies ameaçadas de extinção e de preservação da biodiversidade. Além da escassez dos recursos naturais, a urbanização aumentará escassez de mão-de-obra nas atividades agrícolas.

Estas perspectivas de crescimento da demanda de um lado e de aumento da escassez de recursos agrícolas de outro, colocam, segundo FAO, seis questões. A primeira questão é se será possível produzir alimentos suficientes e a preços acessíveis ou haverá um aumento dos preços dos alimentos que aumentará a proporção da população mundial que vive em condições de pobreza e que padecem de fome. A segunda questão é o quanto ainda existe de reservas de terras e de água para alimentar o mundo em 2050. A terceira questão é que novas tecnologias poderiam contribuir para aumentar a eficiência do uso dos recursos naturais e ao mesmo tempo aumentar e estabilizar os rendimentos da produção agrícola. A quarta questão é se o nível atual de investimentos em pesquisa e desenvolvimento é suficiente para que as novas tecnologias estejam disponíveis a tempo. A quinta questão é se as novas tecnologias estarão a disposição daqueles que mais precisam, ou seja, dos

¹ “Como alimentar o mundo em 2050”, disponível em <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/>

agricultores mais pobres. E a última questão é o quanto deverá ser investido para adaptar a agricultura às mudanças climáticas e até que ponto ela poderá contribuir para mitigar os fenômenos atmosféricos extremos.

O objetivo desta tese está relacionado diretamente com a terceira questão, porque ela irá tratar de uma tecnologia – a engenharia genética – que tem um grande potencial para aumentar a eficiência do uso dos recursos naturais e ao mesmo tempo aumentar a produtividade e a estabilidade da produção agrícola. O objetivo principal da tese é analisar os desafios que esta tecnologia enfrenta, porque a despeito da necessidade urgente de novas tecnologias para agricultura e dos benefícios que ela está propiciando, o uso da engenharia genética vem enfrentando oposição de muitos grupos sociais, de parte da opinião pública e de muitos governos.

A engenharia genética é uma tecnologia de manipulação de organismos vivos que foi descoberta nos anos 70. É uma tecnologia que permite a transferência de material genético entre espécies diferentes. Portanto, é uma tecnologia com potencial de aplicações nas atividades econômicas que direta ou indiretamente estão ligadas as “ciências da vida”, como são os casos da indústria farmacêutica, da agricultura e da pecuária.

Na agricultura, a engenharia genética ampliou as possibilidades de melhoramento de plantas. A produção agrícola sempre dependeu da capacidade do homem de selecionar plantas encontradas na natureza e transformá-las e melhorá-las de acordo com os seus interesses, tais como aumentar a produtividade e a resistência da planta a estresses abióticos e bióticos. O desenvolvimento de variedades de plantas com maior produtividade e maior resistência à pragas e doenças é uma condição necessária para que a agricultura consiga atender a crescente demanda de alimentos e de outros produtos agrícolas.

Até 2009 havia cerca de 140 variedades diferentes de plantas geneticamente modificadas (GM), desenvolvidas a partir da engenharia genética, sendo produzidas comercialmente. A maioria destas variedades foi desenvolvida com proteção à planta, tais como resistência a insetos e a vírus e tolerância a herbicidas. Além destas, existem outros tipos de cultivos GM sendo produzidos comercialmente, tais como cultivos com maior qualidade nutricional.

Mas a engenharia genética se tornou ao mesmo tempo uma fonte de realizações tecnológicas e de controvérsias públicas. De um lado, as inovações recentes induzidas pela

engenharia genética, estão permitindo o uso em grande escala de produtos e processos na produção agrícola com benefícios significantes em toda a agroindústria. Estes benefícios têm levado a um rápido e forte processo de adoção destas novas tecnologias. Mas por outro lado, incertezas e riscos associados com os cultivos GM em grande escala sobre a saúde humana e o meio ambiente, tem provocados um movimento de mobilização ampla e internacional, liderados por vários organismos, com ONGs, união de trabalhadores e outros.

A despeito da necessidade de novas tecnologias para enfrentar os problemas da produção agrícola nos próximos 40 anos e dos benefícios que os cultivos GM já estão apresentando, há focos de rejeição social ao uso da engenharia genética na agricultura. Esta rejeição social, que se manifesta no comportamento e nas atitudes dos consumidores, das empresas de alimentos, de grupos de agricultores, de grupos de interesses sociais e nas políticas governamentais de diversos países, tem efeitos deletérios sobre o desenvolvimento de uma tecnologia que poderia contribuir para a superação de diversos problemas da agricultura. A rejeição por parte da sociedade poderá influenciar o ritmo da difusão dos cultivos GM que já estão disponíveis para a produção comercial e também influenciar o fluxo de investimentos para o desenvolvimento de novos cultivos GM.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a natureza da controvérsia que tem emergido paralelamente á difusão dos cultivos GM e como ela poderá influenciar o desenvolvimento da engenharia genética na agricultura. A hipótese central do trabalho é que, dadas as características inerentes à engenharia genética e a complexidade da inovação na agricultura, os *stakeholders* relevantes para o processo inovativo têm uma grande dificuldade para se chegar a um consenso sobre os riscos e os benefícios dos cultivos GM. O problema central, portanto, não é o de decidir se os benefícios compensam os riscos, mas principalmente quais são os benefícios e os riscos percebidos pelos *stakeholders*. Considerando o caráter multidimensional do problema, o grande desafio é o consenso com relação aos tipos de benefícios e de riscos que deverão ser considerados.

A partir do objetivo geral, a tese tem três objetivos específicos. O primeiro é entender as razões da rejeição dos cultivos GM por parte da opinião pública em vários países, dado que existe uma necessidade real de novas tecnologias na agricultura e que as aplicações da engenharia genética em outras áreas, como por exemplo, na indústria farmacêutica, não enfrentam rejeição. O segundo é entender as divergências entre os

governos quanto às políticas regulatórias para os cultivos GM, e como a opinião pública influencia estas políticas. O terceiro é entender a natureza das discordâncias entre os especialistas quanto aos benefícios e aos riscos dos cultivos GM.

A tese está estruturada em cinco capítulos. O capítulo 1 expõe a evolução da agricultura mundial na segunda metade do século XX. Este capítulo tem dois objetivos. O primeiro é mostrar que a agricultura mundial na segunda metade do século XX apresentou um desenvolvimento notável, dado que a produção agrícola mundial cresceu a uma taxa maior do que o crescimento populacional num período em que a população mundial mais do dobrou. A base do crescimento da produção agrícola neste período foi o progresso tecnológico, associado com políticas governamentais e com inovações institucionais. O segundo objetivo deste capítulo é mostrar que a despeito deste desenvolvimento notável, a modernização agrícola ocorrida na segunda metade do século XX apresenta muitas limitações, principalmente se for levado em consideração os desafios dos próximos 40 anos.

O segundo capítulo apresenta os cultivos GM, enfatizando as suas características tecnológicas, a sua difusão e, principalmente, os seus benefícios para a agricultura mundial. O terceiro e o quarto capítulo têm como principal objetivo apresentar duas dimensões das controvérsias sobre os cultivos GM: a percepção e a atitude do público e dos consumidores e as políticas governamentais.

O quinto capítulo tem como foco a percepção de riscos e dos benefícios dos cultivos GM no Brasil. Considerando a importância estratégica que a engenharia genética tem para o Brasil, dado que a agricultura é setor de grande peso na economia, qual o peso que os benefícios e os riscos dos cultivos GM devem ter nas tomadas de decisões? E que tipos de riscos e de benefícios são os mais importantes? Assim, o objetivo do capítulo foi analisar como os *stakeholders* relevantes no Brasil se posicionam com relação às estas questões.

1 O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA E OS SEUS DESAFIOS NO SÉCULO XXI

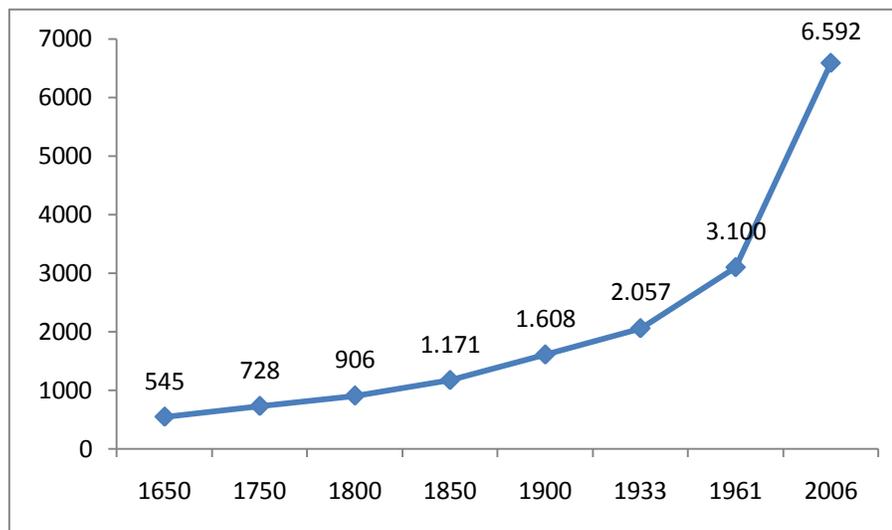
O objetivo deste capítulo é contextualizar, no âmbito da agricultura mundial, a emergência da engenharia genética e das suas aplicações na produção agrícola. A contextualização significa duas coisas: mostrar a trajetória de desenvolvimento da agricultura moderna nos últimos 50 anos (do pós-guerra até os dias atuais) e apontar as tendências e os seus desafios nos próximos 50 anos. Esta contextualização se faz necessária para uma maior compreensão do sentido e da relevância da engenharia genética na agricultura.

1.1 O Desenvolvimento da Agricultura no Pós-Guerra

O desenvolvimento da agricultura na segunda metade do século XX foi condicionado pela interação complexa entre fatores demográficos, econômicos, políticos e o desenvolvimento científico e tecnológico. O modelo atual de agricultura é resultado de inovações tecnológicas e institucionais focadas no aumento da capacidade de produção agrícola, principalmente a produção de alimentos, num período de grande crescimento da população e da renda per capita na maior parte dos países (FEDERICO, 2006; SMEDSHAUG, 2010).

A segunda metade do século XX foi marcada por um crescimento sem precedentes da demanda por alimentos e de outras matérias-primas agrícolas. Este crescimento foi resultado da combinação de três mudanças: o crescimento populacional, a urbanização e o crescimento da renda per capita mundial. Entre 1900 e 2000, a população mundial aumentou de 1,6 bilhões de pessoas para 6,5 bilhões em 2000. No pós-guerra, o crescimento foi ainda mais acentuado, como mostra a Figura 1. Entre 1961 e 2006, a população mundial aumentou de 3 bilhões para 6,59 bilhões de pessoas. O crescimento populacional neste período foi marcado por um rápido processo de urbanização. Entre 1961 e 2006, a participação da população urbana na população total aumentou de 33% para 50%. (FAO, 2008).

Figura 1. População Mundial em milhões



Fonte: RAY, 1998; FAO (2008).

Além do crescimento populacional, a segunda metade do século XX foi marcada por uma grande expansão da *renda per capita* mundial. Entre 1970 e 2007, a *renda per capita* mundial aumentou de US\$ 874 para US\$ 8.300. Nos países desenvolvidos o crescimento foi de US\$ 2.900 para US\$ 38.000 (UNCTAD, 2007). O crescimento da renda resultou não apenas no aumento do consumo per capita de alimentos, mas também em uma dieta mais diversificada².

O crescimento do consumo *per capita* de alimentos, num período em que a população duplicou de tamanho, impôs à agricultura mundial o desafio de aumentar a produção a uma taxa maior do que o crescimento populacional, de forma que pudesse atender a um consumo per capita cada vez maior. Esta necessidade explica o modelo de agricultura que se adotou em grande parte do mundo, focado no aumento da produção e da produtividade.

Entre 1961 e 2006, a produção agrícola mundial cresceu em média 2% ao ano, uma taxa superior ao crescimento populacional. Enquanto a população mundial cresceu de 3,1 bilhões para 6,5 bilhões, a produção agrícola total cresceu de 3,1 milhões de toneladas para quase 8 milhões de toneladas. Os grupos de cultivos de grande importância na dieta mundial, como cereais, frutas e cultivos oleaginosos, apresentaram uma taxa de

²O crescimento da renda per capita está associado com um maior consumo de óleos vegetais, gorduras e carnes. De maneira geral, nos países de baixa renda os cereais, os tubérculos e as frutas são os principais fornecedores de calorias. Já nos países com renda per capita elevada, estes alimentos têm pequena participação na dieta diária e as carnes e outros alimentos de origem animal, como ovos e lácteos, são os principais fornecedores de calorias (FAO, 2008).

crescimento ainda maior do que o total da produção agrícola. Os dados apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2 mostram que o crescimento da produção agrícola foi generalizado, ou seja, um fenômeno que ocorreu em praticamente todas as regiões e em todos os grupos de cultivos.

Tabela 1. Produção Agrícola Mundial: por regiões

Regiões	Quantidade Produzida (Mil toneladas)		
	1961	2006	Taxa de Geométrica de Crescimento Anual
África	195.578.869	709.519.948	2,84%
América do Norte	447.069.494	1.050.403.837	1,87%
América Latina e Caribe	450.689.823	1.281.531.070	2,30%
Ásia	1.507.099.857	3.432.705.067	1,81%
Europa	557.941.242	1.332.465.277	1,91%
Oceania	29.940.068	88.068.594	2,37%
Mundo	3.188.319.352	7.894.693.794	1,99%

Fonte: Elaboração própria a partir de FAO (2008).

Tabela 2. Produção Agrícola Mundial: por grupos de cultivos

Cultivos	Quantidade Produzida (Mil toneladas)		
	1961	2006	Taxa Geométrica de Crescimento Anual
Borracha, gomas e ceras	2.120.070	9.918.744	3,41%
Cereais	877.776.038	2.221.119.468	2,04%
Cultivos Açucareiros	609.125.509	1.649.669.249	2,19%
Cultivos Oleaginosos	154.521.732	743.459.489	3,47%
Cultivos Especiais	1.760.144	7.311.636	3,14%
Estimulantes	6.977.931	16.592.211	1,90%
Fibras de origem vegetal	14.386.945	29.349.065	1,56%
Frutas	176.003.719	526.496.051	2,41%
Hortaliças	222.215.160	903.405.299	3,10%
Legumes	40.813.483	60.193.599	0,85%
Nozes	3.021.767	11.106.060	2,87%
Produtos de Forragem	620.606.040	972.605.931	0,98%
Raízes e Tubérculo	455.413.848	736.747.678	1,05%
Tabaco	3.576.965	6.719.314	1,38%
Total	3.188.319.352	7.894.693.794	1,99%

Fonte: Elaboração própria a partir de FAO (2008).

A despeito do crescimento sem precedentes da população e da renda mundial e das restrições de recursos naturais, a produção agrícola cresceu aumentando a produção *per capita* e reduzindo o preço real dos alimentos. Em 2000, os cereais custavam menos da

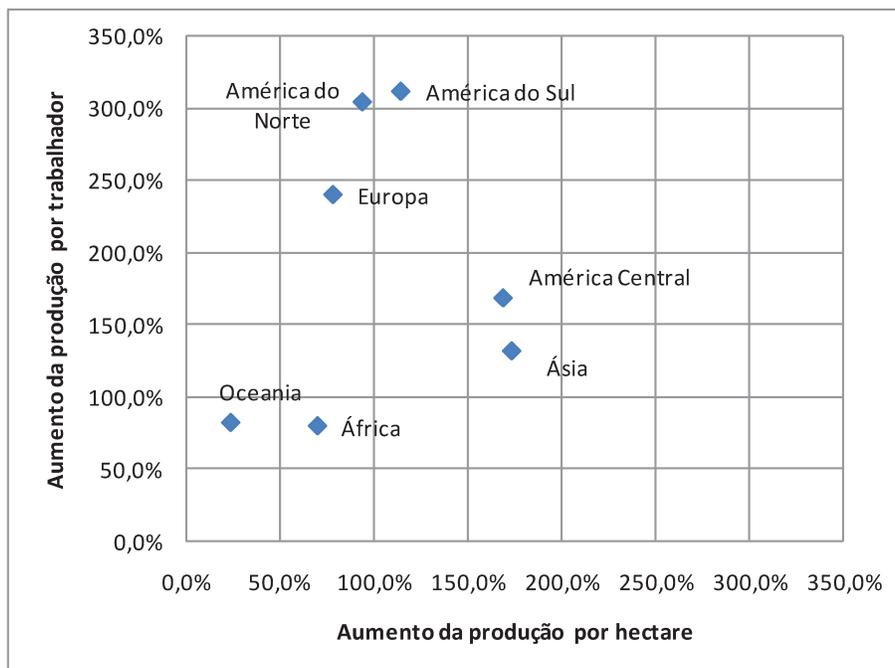
metade do valor do início dos anos 60 (EVENSON, 2004). Entre 1961 e 2006, a taxa anual de crescimento da produção agrícola superou a taxa de crescimento populacional. No caso de cereais, que são considerados as principais fontes de alimentação humana, a taxa anual de crescimento da produção foi de 1,96%, frente a um crescimento populacional de 1,7%. De um total de 170 países, somente em 25 não houve crescimento da produção *per capita* de produtos agrícolas. Considerando apenas a produção de alimentos, somente 26 países não conseguiram aumentar a produção *per capita* entre 1961 e 2006 (FAO, 2008).

O crescimento da produção agrícola no pós-guerra resultou mais do crescimento da produtividade dos fatores de produção do que da expansão da área agrícola. O crescimento da área cultivada foi bastante reduzido se comparado com o crescimento da produção. De 1961 a 2006 a produção agrícola mundial aumentou mais de 100% e a área cultivada aumentou apenas 30%.

O crescimento da produção, portanto, resultou do aumento da produtividade dos fatores de produção, principalmente dos fatores terra e mão-de-obra. O crescimento da produção por hectare foi generalizado, tanto para os diferentes tipos de cultivos quanto para as diferentes regiões. Dos 160 cultivos com dados disponíveis na FAO, 126 apresentaram crescimento do rendimento por hectare entre 1961 e 2006. Quanto ao as diferentes regiões, dos 170 países com dados disponíveis, 139 apresentaram crescimento no rendimento por hectare no mesmo período (FAO, 2008).

Como mostra a Figura 2, em todos os sete continentes houve crescimento da produção por hectare e da produção por trabalhador. Em todos eles, com exceção da África e da Oceania, as produtividades do trabalho e da terra cresceram mais de 100% entre 1961 e 2006. As regiões desenvolvidas, como América do Norte e Europa, apresentaram um desempenho muito parecido, pois ambas apresentaram um crescimento elevado das duas produtividades, mas com um desempenho maior na produtividade do trabalho. Nas regiões em desenvolvimento, os desempenhos das produtividades foram muito diferenciados. Enquanto na América do Sul a produtividade do trabalho cresceu quase três vezes mais do que a produtividade da terra, na Ásia a produtividade da terra foi a que mais cresceu.

Figura 2. Crescimento da produção por trabalhador e da produção por hectare, entre 1961 e 2006



Fonte: Elaboração própria, a partir de FAO (2008).

Segundo a FAO (2000), o grande crescimento da produção agrícola no pós-guerra se explica por vários fatores:

- A difusão nos países desenvolvidos da “revolução agrícola moderna”, caracterizada pela mecanização em grande escala, melhoramento genético de plantas, utilização de produtos químicos e especialização;
- O progresso da agricultura nos países em desenvolvimento, que ficou conhecido como “revolução verde”, caracterizado pela seleção de determinadas variedades de cereais e de outras plantas domésticas de alto rendimento e adaptadas as regiões de plantio e pela utilização de produtos químicos;
- A expansão da superfície de terras irrigadas, que passou de 80 milhões de hectares em 1950 para cerca de 270 milhões de hectares em 2000, e da superfície de terras com cultivos permanentes, que no mesmo período aumentou de 1330 milhões de hectares para 1500 milhões de hectares.
- A adoção de sistemas agrícolas mistos, que utilizam a biomassa disponível, na maior parte das regiões densamente povoadas e que não dispõem de novas terras para a agricultura.

Além destes quatro fatores, diversos outros contribuíram para o aumento da produção agrícola no século XX. Dentre eles, podemos citar os investimentos em infraestrutura, os investimentos em ciência e tecnologias, as políticas de preços e de subsídios, os acordos multilaterais de comércio, a maior integração entre indústria e agricultura e as políticas de crédito para os agricultores. Mas nenhum deles contribuiu tanto para o crescimento da produtividade, tanto a da terra quanto a da mão de obra, quanto o avanço do conhecimento científico e do desenvolvimento de tecnologias aplicadas na produção agrícola (WOOD & EHUI, 2005; FEDERICO, 2006; SMEDSHAUG, 2010).

Uma série de descobertas científicas e de revoluções tecnológicas ocorridas ao longo do século XX constituiu a base da expansão da oferta de alimentos e de outros produtos agrícolas. Estas tecnologias, de uso restrito nos Estados Unidos e em alguns países europeus até a primeira metade do século XX, começaram a ser difundidas para diversos países em desenvolvimento no pós-guerra.

A modernização da agricultura é resultado, portanto, da emergência de novas tecnologias e de mudanças institucionais, que facilitaram o processo de inovação e de difusão destas tecnologias na produção agrícola. Segundo a FAO (2000), “a modernização agrícola foi um processo que ocorreu gradualmente, graças ao progresso da industrialização, da tecnologia de seleção genética, dos transportes e comunicações e paralelamente a ampliação dos tamanhos das propriedades agrícolas”.

Segundo WU & BUTZ (2003), a modernização agrícola do século XX teve três etapas. A primeira, entre o final do século XIX e início do XX, se caracterizou por uma difusão de tecnologias mecânicas, que incluía a secadora de grãos, o descaroçador de algodão, o trator e trilhador. Estas inovações deram origem a “revolução mecânica”, que aumentou a quantidade de sementes que poderia ser plantada e a área de terra que poderia ser cultivada com a mesma quantidade de mão-de-obra.

A segunda revolução teve origem na descoberta de um processo de produção de fertilizantes a partir de nitrogênio. Esta inovação se difundiu inicialmente nos Estados Unidos e na Europa, dando início à “revolução química”, que permitia aumentar a produção a partir de uma mesma quantidade de sementes e de terra.

A terceira revolução ocorreu com o surgimento dos cultivos híbridos na primeira metade do século XX. O cultivo de novas variedades melhoradas acompanhadas de

aplicações de fertilizantes resultava em aumento substancial da produção por hectare. A combinação dos três tipos de tecnologias agrícolas – mecânica, química e biológica – é a base da agricultura moderna.

A agricultura moderna, também chamada de agricultura convencional, é resultado então do esforço realizado por governos, empresas privadas e agricultores para combinar os avanços tecnológicos com o objetivo de aumentar a produção agrícola. Segundo GLIESSMAN (2005), a agricultura moderna está baseada em seis práticas básicas: “cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizante inorgânico, controle químico de pragas e manipulação genética de plantas cultivadas”.

No pós-guerra, a modernização agrícola se expandiu também para parte do mundo em desenvolvimento. O processo de transferência de tecnologias agrícolas modernas para os países em desenvolvimento ficou conhecido como “revolução verde”. O objetivo principal da revolução verde era aumentar a capacidade de produção de alimentos em países mais pobres, com a transferência para estes países de novas tecnologias – variedades híbridas de cereais, associadas com fertilizantes inorgânicos e máquinas agrícolas.

A tecnologia básica da Revolução Verde foi o uso de variedades de alto rendimento, desenvolvidas a partir de técnicas de melhoramento de plantas. Segundo WU & BUTZ (2004), durante a Revolução Verde foram utilizadas três técnicas de melhoramento de plantas: o melhoramento convencional (cruzamento de plantas de mesma linha de parentesco), as variedades híbridas e melhoramento *shuttle*. Estas técnicas foram utilizadas para desenvolver variedades de cereais com alto rendimento potencial (HYVs, do inglês *high-yield varieties*).

Uma característica das HYVs é que elas eram dependentes de outras tecnologias para poderem dar bons resultados em termos da quantidade produzida por hectare. Sem o uso de fertilizantes inorgânicos, pesticidas, tratores e principalmente irrigação, as HYVs podiam apresentar um rendimento inferior as variedades tradicionais (CONWAY, 2003). As HYVs foram levadas para várias partes do mundo, mas com resultados muito diferentes em função da possibilidade do uso combinado das demais tecnologias. A Ásia foi a região com maior desempenho em termos de aumento da produção por hectare, e isto se deveu ao fato de que o uso das HYVs foi acompanhado com o uso das demais tecnologias, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Produção de cereais e uso de fatores de produção na Ásia

Ano	Adoção de Variedades Modernas		Irrigação (há x 10 ⁶)	Consumo de Fertilizantes (ton x 10 ⁶)	Tratores (Uni. x 10 ⁶)	Produção de Cereais (ton x 10 ⁶)
	Trigo (Em % da área)	Arroz				
1961	0/0%	0/0%	87	2	0,2	309
1970	14/20%	15/20%	106	10	0,5	463
1980	39/49%	55/43%	129	29	2	618
1990	60/70%	85/65%	158	54	3,4	858
2000	70/84%	100/74%	175	70	4,8	962

Fonte: BORLAUG & DOWSWELL, 2003.

Além da dependência de tecnologias complementares, as HYVs dependiam também de arranjos institucionais muito específicos. Os resultados agronômicos e econômicos de uma nova variedade dependem de condições climáticas, como temperatura e quantidade de chuva, das especificidades do solo e dos estresses bióticos, como incidências de pragas, de doenças e de ervas daninhas. Isto significa que uma variedade desenvolvida para ser produzida em determinada região pode não obter os mesmos resultados em outra região, devido às diferenças ambientais. Uma variedade, para obter bons resultados em uma região para a qual ela não foi desenvolvida, precisa ser adaptada às condições ambientais desta região. Esta necessidade de adaptação às condições locais fez com que os países usuários de novas variedades criassem infra-estrutura interna para a realização técnica da adaptação. Portanto, o sucesso das variedades da Revolução Verde em cada país dependeu dos investimentos de cada um deles na criação de centros de pesquisa e de universidades dedicadas à pesquisa e à formação de recursos humanos (agrônomos, biólogos e melhoristas) que facilitassem o processo de adaptação das modernas variedades às condições do país.

Em resumo, o sucesso das variedades da Revolução Verde dependeu da facilidade de cada país em adaptá-las às condições locais e do grau de acesso dos agricultores às tecnologias complementares. Estas duas condições, por sua vez, dependeram de políticas governamentais de investimento na infra-estrutura de pesquisa e de políticas de crédito aos agricultores, facilitando a aquisição das novas tecnologias.

1.2 As Limitações da Revolução Agrícola Moderna

A modernização da agricultura foi fundamental para o aumento da produção de alimentos e de outras matérias-primas agrícolas na segunda metade do século XX. Mas a despeito dos seus benefícios, ela apresenta algumas limitações. A primeira limitação é que entre os países em desenvolvimento a sua difusão foi muito desigual. A segunda limitação é que a partir dos anos 80 e 90 as taxa de crescimento da produção agrícola começaram a diminuir, indicando sinais de esgotamento tecnológico.

A modernização agrícola das regiões mais pobres se concentrou em algumas regiões da América Latina, na África Setentrional e Meridional e na Ásia. A difusão das tecnologias agrícolas modernas foi muito desigual, como mostra o Quadro 1. Este quadro classifica os países de acordo com as taxa de adoção das variedades de alto rendimento em 2000 para 11 grupos de cultivos: arroz, trigo, milho, sorgo, painço, cevada, amendoim, lentilhas, feijão, batata e cassava (EVENSON, 2004). Dos 84 países selecionados, 53 apresentaram uma taxa de adoção inferior a 30% e apenas 15 deles apresentaram uma taxa de adoção maior do que 50%.

Quadro 1. Nível de adoção das variedades modernas em 2000

< 2%	2 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	40 - 50%	50 - 65%	> 65%
Afeganistão Angola Burundi Gambia Guine Bissau Mauritania Mongolia Níger R. C. Africana R.D. do Congo Somalia Yemen	Burkina Faso Camboja Chad El Salvador Gabón Guatemala Guinea Haití Jamaica Libia Malawi Moçambique Panamá Senegal Swazilandia Togo Uganda Zambia	Benin Bolivia Botswana Camarões Costa do Marfim Etiópia Gana Honduras Maurício Nigeria Ruanda Sudão Tanzânia Uruguai Venezuela Zimbabwe	Colombia Costa Rica Equador Laos Madagascar Malí Sierra Leona	África do Sul Árabia Saudita Cuba Egito México Namibia Paraguai Perú Síria	República Dominicana Irã Kenya Marrocos Nepal Tailândia Turquia	Argélia Bangladesh Brasil Myanmar Tunísia	Argentina Chile China Filipinas India Indonésia Malásia Paquistão Si Lanka Viet Nam

Fonte: EVENSON, 2004.

Como se pode observar no Quadro 1, a maioria dos países com baixo nível de adoção das tecnologias da revolução verde estão na África. Por outro lado, todos os países do grupo com maior nível de adoção estão na América Latina ou na Ásia. Como mostra a Tabela 4, os diferentes níveis de adoção destas tecnologias estão correlacionadas com os

diferentes resultados obtidos quanto ao crescimento da produção agrícola. Observa-se um aumento da produção agrícola total em todas as regiões, mas as taxas de crescimento foram distintas entre elas e nem todas as regiões conseguiram êxito quanto ao aumento da produção per capita.

As regiões onde tem os países com alto nível de adoção das tecnologias foram as que apresentaram os melhores desempenhos. As regiões da Ásia e a América do Sul foram as que obtiveram os melhores resultados tanto na produção agrícola total quanto na produção de cereais. Estas regiões apresentaram crescimento da produção total, acompanhada por crescimento do rendimento por hectare e da produção per capita.

Nas regiões da África também houve crescimento da produção total e do rendimento por hectare, mas não o suficiente para aumentar a produção per capita. Com exceção das regiões ocidental e norte da África, em todas as demais regiões se observou uma redução da produção per capita. Como mostra o Quadro 1, no norte da África estão os países com alto nível de adoção das variedades de alto rendimento, como Tunísia, Argélia, Marrocos e Egito. Por outro lado, nas regiões que apresentaram queda na produção per capita estão os países com baixo nível de adoção destas variedades.

Tabela 4. O crescimento da produção agrícola em regiões selecionadas, de 1961 a 2006

Regiões Selecionadas	Produção Agrícola Total			Produção de Cereais		
	Quantidade Produzida em 2006	Rendimento da Produção por Hectare em 2006	Quantidade Produzida per capita em 2006	Quantidade Produzida em 2006	Rendimento da Produção por Hectare em 2006	Quantidade Produzida per capita em 2006
	(1961 = 100)	(1961 = 100)	(1961 = 100)	(1961 = 100)	(1961 = 100)	(1961 = 100)
Sudeste Asiático	494,32	244,56	198,98	403,20	250,13	162,30
África do Norte	470,22	211,88	163,63	456,24	207,41	158,77
América do Sul	455,75	214,23	183,96	328,77	254,20	132,71
África Ocidental	420,88	176,27	130,18	372,54	175,39	115,22
Ásia do Leste	383,28	336,63	198,72	339,23	375,49	175,88
América Central	372,73	268,85	134,74	356,54	277,85	128,89
Ásia do Oeste	367,58	277,50	100,58	305,64	268,31	83,63
Ásia do Sul	307,07	238,52	116,74	295,39	253,10	112,30
Oceania	294,77	123,55	140,78	211,27	98,02	100,90
África Oriental	292,45	151,96	83,43	294,60	157,35	84,05
África Meredional	235,79	329,31	85,62	138,82	256,65	50,41
África Central	230,50	130,65	65,04	227,38	111,89	64,16
América do Norte	218,38	193,76	133,92	214,47	255,39	131,53
Europa do Sul	152,36	197,78	111,47	172,20	265,04	125,99
Europa do Oeste	150,67	155,45	123,67	257,93	274,78	211,72
Europa do Norte	146,88	118,01	115,41	194,58	169,26	152,88
Europa do Leste	97,95	165,29	98,78	114,43	209,95	115,39
Mundo	270,32	210,52	126,01	255,32	241,69	119,02

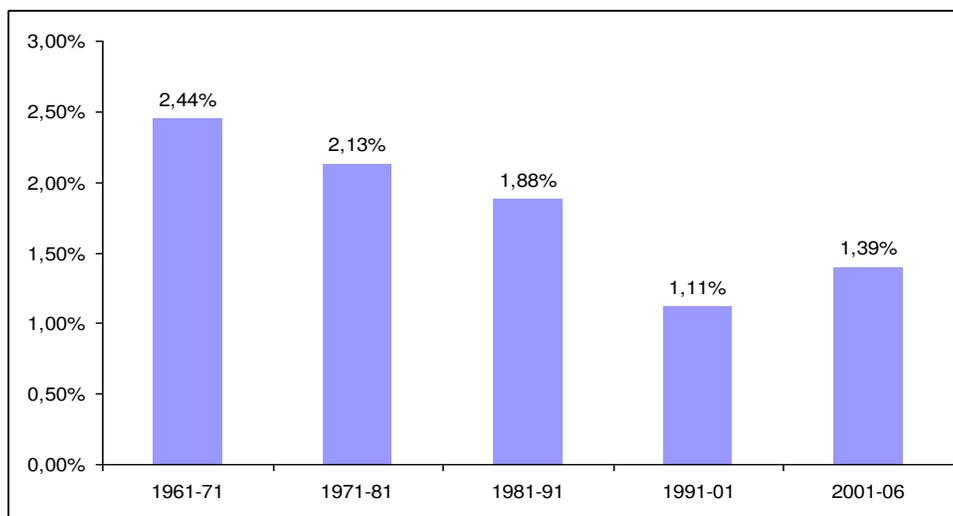
Fonte: Elaboração própria, a partir de FAO (2008).

Cabe observar que o nível de adoção das tecnologias por si só não explica os diferentes resultados apresentados na Tabela 4. Há uma correlação positiva entre o nível de adoção e as taxas de crescimento da produção, mas esta correlação não é perfeita, dado que países com a mesma taxa de adoção apresentaram resultados diferentes. Os resultados obtidos pelas tecnologias são muito dependentes de variáveis climáticas, sócio-econômicas, políticas e institucionais. O bom desempenho de alguns países do sudeste e do leste asiático é um exemplo de que os resultados dependeram de outras variáveis. Os resultados das variedades de grãos melhoradas eram muito dependentes de água, fertilizantes, máquinas e pesticidas e o fornecimento destes insumos complementares, por sua vez, era muito dependente de políticas governamentais. Os resultados obtidos em algumas regiões da Ásia se devem a três fatores. Primeiro, houve uma maior disponibilidade de irrigação. Segundo, a maioria dos países da Ásia tem com dieta básica os dois principais grãos da revolução

verde (o arroz e o trigo). Terceiro, os governos de grande parte dos países investiram em infra-estrutura de pesquisa para adaptar as novas variedades às condições locais (CONWAY, 2003; BORLAUG, 2000; BORLAUG & DOWSWELL, 2003; FAO, 2000).

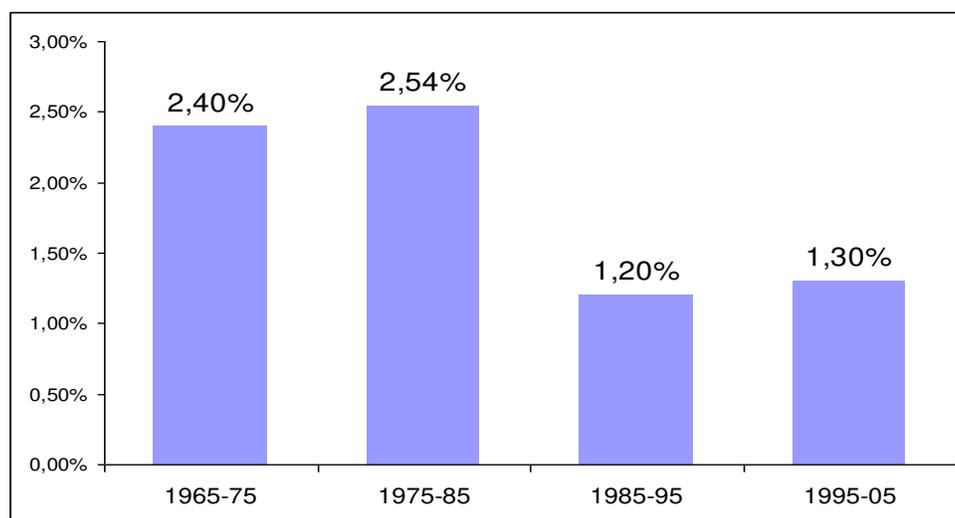
A segunda limitação diz respeito ao esgotamento da capacidade das tecnologias em continuar obtendo ganhos crescentes de rendimento. A Figura 3 apresenta a taxa de crescimento anual da produção agrícola mundial nos últimos 45 anos. Como se observa, as taxas de crescimento da produção são decrescentes. A taxa média anual de crescimento na década de 90 foi menos da metade da taxa de crescimento dos anos 60. A redução das taxas de crescimento da produção se deve à queda nas taxas de crescimento do rendimento, como podemos observar pela Figura 4. A taxa de crescimento anual da produtividade nos anos 80 e 90 foi menor do que a taxa observada nos anos 60 e 70.

Figura 3. Taxa de crescimento anual da produção agrícola mundial



Fonte: Elaborado a partir de FAO (2008).

Figura 4. Taxa média de crescimento anual do rendimento (produção/área) da produção mundial de cereais



Fonte: Elaborado a partir FAO (2008).

Além das duas limitações apresentadas acima, a agricultura moderna causou muitos problemas ambientais. A alta dependência de fertilizantes inorgânicos e de pesticidas é a principal causa destes problemas. O uso insumos químicos em grandes quantidades causa mortandade de animais e plantas, contamina rios e solos, aumenta a incidência de diversos tipos de doenças em seres humanos, e contribui para a poluição global.

Nos países em desenvolvimento os efeitos colaterais do uso dos pesticidas são maiores em função da falta de legislação adequada, da ignorância generalizada dos riscos envolvidos, da rotulagem precária, da regulação e da supervisão inadequada e do desconforto de se usar roupas protetoras em lugares muito quentes. Estima-se que nos países em desenvolvimento tenha ocorrido meio milhão de casos de envenenamento acidental por pesticidas, e cerca de 2.300 mortes (CONWAY, 2003). Nas Filipinas, onde a produção de arroz é feita com o uso intensivo de pesticidas, diversos problemas crônicos de saúde, tais como problemas gastro-intestinais, neurológicos, pulmonares e visuais, foram associados à exposição a pesticidas (PINGALI, MARQUEZ E PALIS, 1994).

Os fertilizantes inorgânicos também apresentam efeitos nocivos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Algumas doenças, como por exemplo, o câncer gástrico, é uma doença comum em países com altos níveis de consumo de fertilizantes nitrogenados (GOMES-CARNEIRO ET AL, 1997). Com relação aos impactos ambientais,

embora os fertilizantes não sejam diretamente tóxicos, eles “podem danificar plantas silvestres ao causar um crescimento excessivo, e podem afetar gravemente alguns ecossistemas naturais. A consequência mais danosa da contaminação por fertilizantes talvez seja o enriquecimento de nutrientes (eutroficação) de rios, lagos e águas costeiras” (CONWAY, 2003).

Além da contaminação causada por fertilizantes e pesticidas, a participação da agricultura na poluição global está aumentando. A poluição agrícola é causada pela emissão de metano, dióxido de carbono e óxido nitroso. Cerca da metade das emissões de metano do mundo é de origem agrícola. O uso de fertilizantes contribui com 5-20% das emissões globais de óxido nitroso. A queimada de vegetação, em grande parte associada à expansão da fronteira agrícola, também é uma das fontes principais de emissão de dióxido de carbono. O Quadro 2 sintetiza a contribuição da agricultura para as emissões de gás.

Quadro 2. Contribuição da agricultura para as emissões globais de gás (em %)

Contribuinte	Metano	Óxido Nitroso	Dióxido de Carbono	Amônia
Arrozais	21	---	---	Desconhecido
Animais e dejetos	15	Desconhecido	---	80-90
Fertilizantes	---	5-20	---	>5
Queima de Biomassa	8	5-20	20-30	Desconhecido
Total	44	10-25	20-30	90

Fonte: CONWAY, 2003.

1.3 Os Desafios Atuais e Futuros da Agricultura

No início dos anos 60, o grande desafio era aumentar a capacidade de produção de alimentos suficientemente para atender uma demanda que crescia em função do crescimento demográfico e do crescimento da renda. Atualmente o aumento da produção continua sendo um desafio, mas a este se acrescenta outros, como o uso mais eficiente dos recursos naturais e a necessidade de desenvolver sistemas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente.

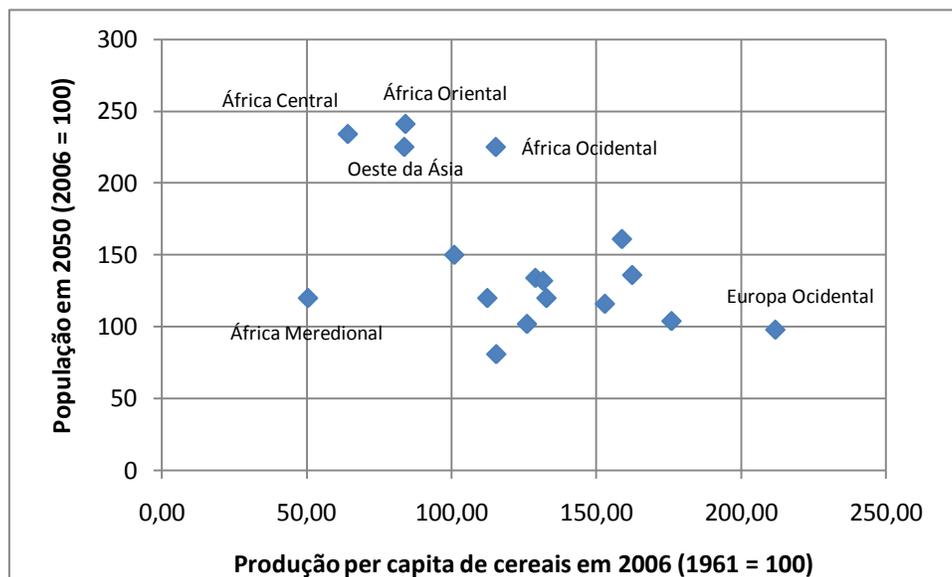
A necessidade de aumentar a produção continua sendo um desafio porque a demanda mundial por alimentos e por outros produtos agrícolas continuará crescendo em função do crescimento demográfico, do crescimento da renda em países muito populosos, (China e Índia) e em função do aumento da produção de combustíveis a partir de produtos agrícolas, como cana-de-açúcar, milho e soja (FAO, 2008b; SMEDSHAUG, 2010).

É consenso entre Governos e Organizações Internacionais, como Nações Unidas, Banco Mundial e OCDE, que o crescimento futuro da economia mundial, associado com redução da pobreza, da fome e da desnutrição, dependerá da capacidade da agricultura de responder ao grande desafio de garantir a produção de alimentos suficiente para uma população cada vez maior e mais rica, pelo menos em parte do planeta³. A tendência dos próximos anos é de crescimento da demanda por alimentos em função do crescimento da população, da urbanização e da renda per capita nos países em desenvolvimento.

Apesar da queda da taxa de crescimento da população mundial, o tamanho do incremento nos próximos anos será grande o suficiente para pressionar a produção agrícola. Segundo previsões das Nações Unidas, em 2030 a população mundial será de 8,3 bilhões de pessoas e em 2050 ela deverá ultrapassar os 9 bilhões de pessoas, o que significa um aumento de cerca de 50% do tamanho atual da população mundial. Quase 100% deste aumento da população mundial estará concentrado nos países em desenvolvimento e, como mostra a Figura 5, as regiões que apresentaram o pior desempenho em termos de crescimento da produção per capita de cereais entre 1961 e 2006 são as que terão as maiores taxas de crescimento populacional de 2006 a 2050. As regiões da África Oriental, da África Central e o Oeste da Ásia foram as regiões que entre 1961 e 2006 apresentaram redução da produção per capita de cereais e segundo as estimativas das Nações Unidas são as regiões que terão as maiores taxas de crescimento populacional nos próximos 40 anos.

1. Quase a metade da população em 2006 estava em regiões com elevada taxa de crescimento da renda per capita, como China e Índia.

Figura 5. Correlação entre o crescimento populacional esperado e a produção per capita de cereais



Fonte: elaboração própria, a partir de FAO (2008)

Além do crescimento populacional, há também uma tendência de aumentar a urbanização e a renda per capita nos países em desenvolvimento. Segundo as estimativas, a urbanização deverá atingir 70% da população mundial em 2050 (FAO, 2008). A renda per capita dos países em desenvolvimento, principalmente a de países populosos como China e Índia, será várias vezes superior a atual. Segundo estimativas da FAO (2009), para alimentar esta população mais numerosa, mais urbana e mais rica, a produção de alimentos deverá aumentar em 70%.

Apesar dos avanços tecnológicos e do crescimento sem precedentes da produção agrícola, os desafios de 50 anos atrás continuam, ou seja, a agricultura precisa novamente encontrar meios de aumentar a produção para atender uma demanda que provavelmente continuará crescendo por muitos anos. Mas diferentemente da situação dos anos 50 e 60, atualmente existem três agravantes. Primeiro, como foi visto na seção anterior, algumas regiões não obtiveram os êxitos necessários para erradicar a fome, a desnutrição e a pobreza. Segundo estimativas da FAO (2009), o número de pessoas desnutridas no mundo chegou a 1 bilhão de pessoas em 2009. A desnutrição, que foi decrescente entre os anos 60 e 90, voltou a crescer a partir de 1995 e se agravou muito a partir de 2008 em função do aumento dos preços dos alimentos e com o desemprego causado pela crise econômica mundial (FAO, 2009). Cerca de 90 % das pessoas com desnutrição estão nas regiões com

baixa produção per capita de alimentos, como algumas regiões da Ásia e a África Subsaariana. Assim, soma-se ao desafio de aumentar a produção para atender a demanda crescente no futuro o desafio atual de reduzir a desnutrição e a fome em regiões populosas e com baixo nível de produção per capita de alimentos.

Um segundo agravante do desafio atual da agricultura são as restrições cada vez maiores sobre os recursos naturais. No caso da terra existem duas restrições. Primeiro, o fato de que a urbanização reduz a cada ano a quantidade de terras disponível para a agricultura, uma vez que o crescimento dos centros urbanos aumenta a demanda de terras para atender outras necessidades humanas, como os espaços para residências, recreações e indústrias. Segundo, parte da terra disponível para a agricultura pode sofrer de diversas restrições de solo. Estima-se que entre 13 e 15% da área agrícola mundial sofra de algum tipo de restrição de solo, tais como riscos de erosão, elevada toxicidade e hidromorfia (BOT, NACHTERGAELE E YOUNG, 2000).

Outros recursos produtivos, como a água e os fertilizantes inorgânicos, também estão se tornando mais escassos e mais custosos. A água tornou-se recurso fundamental para a produção agrícola e durante a revolução verde os melhores resultados em termos de rendimento foram obtidos nas regiões com maior disponibilidade de água para irrigação. Entretanto, a água é um recurso natural que tende a sofrer cada vez mais restrições e ficar mais custoso. Na Ásia, onde a agricultura é muito dependente da irrigação, o preço da água vem aumentando de forma significativa desde os anos 80 em alguns países. No Paquistão, por exemplo, o seu preço dobrou entre 1980 e 1990 (ROSEGRANT, CAI & CLINE, 2002).

O terceiro agravante é a questão energética. O crescimento populacional, junto com crescimento da urbanização e da renda per capita, também impulsionará a demanda por energia. O crescimento acelerado de países mega-populosos como China e Índia deverá causar um crescimento sem precedentes na demanda por energia. Segundo a *International Energy Agency* (IEA), a demanda mundial por energia em 2030 será 50% maior do que a demanda atual e China e Índia representaram quase metade desta demanda (IEA, 2007). Em função da escassez e dos efeitos ambientais negativos do uso dos combustíveis fósseis, é provável que as economias iniciem um processo de transição para sistemas energéticos mais seguros e com menores efeitos colaterais sobre o meio ambiente. Dentre as alternativas energéticas estão os bio-combustíveis, que apesar de ser uma fonte energética

mais “limpa”, pode aumentar a escassez de recursos naturais destinados para a produção de alimentos. O rápido crescimento da demanda de cultivos para a produção de biocombustíveis foi apontado pela FAO como uma das principais causas do aumento recente dos preços dos alimentos (FAO, 2008b).

O crescimento da demanda e as restrições sobre os recursos naturais fazem com que o aumento do rendimento por hectare continue sendo uma meta para a produção agrícola mundial. Mas ao contrário do que aconteceu nos anos 60 e 70, esta meta deverá ser perseguida sem negligenciar os demais indicadores de desempenho de um agroecossistema: a estabilidade, a sustentabilidade e a equitatividade. Embora a agricultura moderna tenha contribuído para o aumento da sustentabilidade e da estabilidade da produção em algumas regiões (BYERLEE, 1996), o seu principal objetivo foi o crescimento da produtividade (EVENSON & GOLLIN, 2003). Como podemos ver no Quadro 3, os impactos da modernização agrícola do século passado foi muito maior na produtividade do que nos demais indicadores. A superação dos desafios atuais, entretanto, exige um modelo de desenvolvimento agrícola mais equilibrado entre estes quatro indicadores (FAO, 2009; SMEDSHAUG, 2010).

Quadro 3. Indicadores de desempenho de agroecossistemas e os impactos da modernização agrícola

Indicadores de Desempenho	Conceito	Contribuições da Modernização Agrícola
Produtividade	A produção por unidade de recurso utilizado	<p>Maior rendimento, produção de cereais e suprimento de calorias <i>per capita</i> na maioria das regiões</p> <p>Maior renda nas terras que adotaram as tecnologias modernas, com exceção nas terras de potencial inferior</p> <p>Mais empregos e salários reais mais altos, com exceção onde a mecanização coincidiu com uma oferta crescente de mão-de-obra</p>
Estabilidade	A constância da produtividade no ambiente	<p>Maior variação nos rendimentos e na produção de algumas regiões, devido à ataques de pragas e patógenos ou à variação climática</p>
Sustentabilidade	A capacidade do agroecossistema de manter a produtividade quando sujeito a um estresse ou choque	<p>Maior resistência a pragas e doenças, mas com novas irrupções graves em algumas culturas e aumento da mortalidade por causa do uso de pesticidas</p> <p>Maior dependência de fertilizantes inorgânicos nitrogenados, com riscos de restrições</p> <p>Perda de estrutura do solo e de micronutrientes</p> <p>Maior toxicidade, encharcamento e salinidade do solo</p> <p>Riscos de danos causados por chuva ácida e aquecimento global</p>
Equitatividade	A uniformidade de distribuição do agroecossistema entre os beneficiários humanos	<p>Benefícios desproporcionais para os donos de terras e fornecedores de insumos</p> <p>Salários reais declinantes, aumento do desemprego e maior incidência de trabalhadores sem-terra em algumas regiões</p> <p>Persistência de altos níveis de subnutrição e desnutrição crônica</p>

Fonte: Elaborado a partir de CONWAY, 2003.

Para enfrentar todos os desafios será necessário ampliar a modernização agrícola⁴, não apenas no sentido geográfico, mas principalmente tecnológico, porque frente aos desafios, será necessário expandir a produtividade a uma taxa maior do que no passado e ao mesmo tempo ser sustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto do social (FAO, 2000).

1.4 Os Desafios Tecnológicos

Uma nova revolução agrícola, que tenha como metas tanto o aumento da produtividade quanto a sustentabilidade ambiental e social, depende, dentre outros fatores,

⁴Segundo CONWAY (2003), o mundo precisa de uma “Revolução Duplamente Verde”, isto é, uma revolução que seja mais produtiva do que a primeira Revolução Verde e ao mesmo tempo seja mais ‘verde’ no sentido de ter uma preocupação maior com a conservação dos recursos naturais e com o meio ambiente..

do desenvolvimento tecnológico. Segundo a FAO (2009), para pensar a produção agrícola nos próximos 50 anos é necessário responder a seis questões fundamentais:

- 1) Será possível produzir alimentos em quantidades suficientes e a preços acessíveis ou haverá um aumento nos preços dos alimentos que resultará no aumento da proporção de pessoas que vivem na pobreza e que sofrem de desnutrição?
- 2) Qual a capacidade de reserva de terra e de água que está a disposição para a produção de alimentos nos próximos 50 anos?
- 3) Que novas tecnologias podem ajudar a usar os recursos escassos com maior eficiência, assim como aumentar e estabilizar os rendimentos agrícolas?
- 4) Está havendo investimentos em pesquisa e desenvolvimento o suficiente para que os avanços tecnológicos estejam disponíveis a tempo?
- 5) As novas tecnologias estarão a disposição de quem mais precisa, ou seja, dos pobres?
- 6) Quanto deverá ser investido com o objetivo de ajudar a agricultura a adaptar-se a mudança climática e até que ponto a agricultura poderá contribuir para mitigar os fenômenos atmosféricos extremos?

Segundo a FAO (2009), a capacidade da produção agrícola mundial em responder aos desafios dos próximos 50 anos depende de três medidas que deveriam ser tomadas com urgência. A primeira medida seria aumentar os investimentos na agricultura nos países em desenvolvimento em pelo menos 60%, com políticas de investimentos públicos e com políticas de incentivos para os investimentos privados. Em segundo lugar, é necessário garantir um funcionamento eficaz dos mercados mundiais, já que a segurança alimentar de vários países depende de mercado externo e do acesso estável à importações. E terceiro, os governos devem dar maior prioridade para os investimentos em pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias.

Este terceiro ponto é muito importante, porque na agricultura a ciência e a tecnologia têm sido fundamentais para a garantia da produção de alimentos e de outros produtos. Os avanços tecnológicos foram a base de todo o desenvolvimento da agricultura no século XX. Apesar da sua importância para o futuro da agricultura, há evidências de

que em diversos países está havendo redução dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento na agricultura (BEINTEMA & ELLIOTT, 2009).

A superação do desafio de aumentar a produção agrícola e ao mesmo tempo focando nas cinco prioridades apontadas acima exigirá um grande esforço de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. A agricultura mundial foi capaz de satisfazer a demanda em rápido crescimento de alimentos e de outras matérias-primas agrícolas nos últimos 50 anos e com os preços agrícolas reais em queda na maior parte do tempo (EVENSON, 2004). Isto só foi possível porque houve um grande aumento na produtividade. Este aumento da produtividade, por sua vez, foi resultado do desenvolvimento e difusão de tecnologias mecânicas e químicas e de variedades vegetais melhoradas.

Entretanto, estas tecnologias começaram a demonstrar sinais de esgotamento, dado que as taxas de crescimento da produtividade vêm reduzindo nos últimos anos. A taxa de crescimento da produtividade por hectare dos cereais em 2000, por exemplo, era a metade da taxa do início dos anos 60 (FAOSTAT, 2008). Uma das causas desta queda nas taxas de crescimento da produtividade é a queda, observada na maioria dos países, da taxa de crescimento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Em alguns países esta taxa tem sido negativa nos últimos anos (BEINTEMA & ELLIOTT, 2009).

Portanto, existem dois grandes desafios tecnológicos, um de caráter científico e outro de caráter político. Do ponto de vista científico, há a necessidade de ampliar o leque de possibilidades do melhoramento de plantas. Dados os efeitos ambientais negativos dos fertilizantes inorgânicos e dos defensivos químicos, é fundamental que o melhoramento de plantas seja direcionado não só para o desenvolvimento de plantas com maior rendimento, mas também com resistência aos estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (seca, frio e etc.). Ou seja, o melhoramento de plantas precisa ser direcionado para aumentar a produtividade e ao mesmo tempo para a redução do uso dos insumos químicos. O segundo desafio é convencer os governos e as empresas da necessidade de aumentar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas. Segundo BEINTEMA & ELLIOTT (2009), a situação atual é de sub-investimento em pesquisa e desenvolvimento para a agricultura.

1.5 Considerações Finais

Segundo as estimativas da FAO, para atender a demanda crescente de alimentos a agricultura mundial deverá produzir 70% mais alimentos até 2050. E a produção de alimentos deverá crescer num mundo com cada vez mais restrições de recursos naturais. Primeiro, a agricultura será obrigada a competir por terra e água com os centros urbanos em expansão nos países em desenvolvimento. Segundo, ela deverá contribuir para a preservação da biodiversidade e para a redução da emissão de poluentes. Terceiro, ela deverá se adaptar as mudanças climáticas. E quarto, a produção de alimentos deverá disputar cada vez mais os recursos produtivos com a produção de cultivos para outros fins, como a produção de fibras e de biocombustíveis.

Para enfrentar estes desafios será necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para produzir mais em uma superfície menor de terra, com mais economia de água, com menos emissão de gases poluentes e com menos mão-de-obra. Segundo a FAO, nos países em desenvolvimento 80% do aumento da produção agrícola deverá ser resultado do aumento do rendimento e da intensificação dos cultivos, e 20% da expansão das terras cultiváveis. A FAO prevê que em 2050 a área de terras agrícolas terá se expandido cerca de 70 milhões de hectares, o que corresponde um aumento de 5% da área agrícola mundial⁵.

Que tipos de tecnologias poderiam contribuir para aumentar a produção agrícola mundial e ao mesmo tempo respeitar todas as restrições sócio-econômicas e ambientais? Para a FAO (2009), o conjunto de tecnologias deveria ser o mais amplo possível e deveria incluir desde as novas variedades de plantas e de animais que possam se adaptar melhor as condições locais e até sistemas agrários com tecnologias melhoradas que possam economizar água, terra e mão-de-obra e reduzir os desperdícios da produção.

Nos últimos 30 anos ocorreram muitos avanços no campo da ciência dos vegetais (KHACHATOURIANS et al, 2002). O resultado destes avanços foi o desenvolvimento de um novo campo do conhecimento, a engenharia genética, que engloba um conjunto de técnicas utilizadas para modificar os mecanismos genéticos de plantas ou de animais. Na agricultura, estas técnicas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de variedades de plantas modificadas geneticamente para responder as necessidades da produção agrícola.

⁵. Segundo a FAO (2009), estes 70 milhões de hectares é o resultado líquido de uma expansão de 120 milhões de hectares nos países em desenvolvimento e de uma redução de 50 milhões de hectares nas terras agrícolas dos países desenvolvidos.

Desde 1996 que variedades de plantas tolerantes e herbicidas e variedades resistentes a insetos desenvolvidas a partir da engenharia genética estão sendo produzidas em escala comercial em diversos países. Mas a engenharia genética poderá ser utilizada para o desenvolvimento de plantas com outras características de interesse para agricultura, como plantas tolerantes a seca, plantas com maior produtividade e plantas com modificações nas propriedades nutritivas.

Qual o potencial da engenharia genética de tornar-se a “revolução duplamente verde”, revolução tão necessária para a agricultura superar os desafios que lhe são impostos? Os cultivos geneticamente modificados poderão apresentar todos os requisitos que uma tecnologia precisa ter para que ela dê origem à uma revolução agrícola? A resposta as estas perguntas será o objetivo dos próximos capítulos.

2 A Engenharia Genética e Agricultura

O objetivo deste capítulo é apresentar a engenharia genética e as suas aplicações na agricultura. Primeiro, será feita uma apresentação da tecnologia e do seu potencial para o desenvolvimento da agricultura. Segundo, será feita uma análise dos estudos realizados para avaliar os impactos dos cultivos GM na produção agrícola.

2.1 A Engenharia Genética e o Melhoramento de Plantas

A engenharia genética constitui um conjunto de tecnologias que são utilizadas para alterar a composição genética de células e mover genes entre espécies para a criação de organismos com modificações de interesses para as atividades econômicas. As técnicas envolvem manipulações sofisticadas de material genético e de substâncias químicas de importância biológica (KHACHATOURIANS et al, 2002).

A engenharia genética é uma das áreas da biotecnologia moderna. A biotecnologia abarca um conjunto amplo de tecnologias que são usadas para a manipulação de organismos vivos ou parte destes para atender aos interesses do homem. O uso da fermentação para a produção de bebidas e a seleção e a reprodução de sementes com características úteis para homem são práticas que tem pelo menos 10 mil anos. Estas e diversas outras técnicas, que se hoje são classificadas como biotecnologias tradicionais, foram praticadas por muito tempo sem que se soubessem ao certo os seus fundamentos científicos. A fermentação, por exemplo, uma técnica usada para produção de bebidas e alimentos desde os primórdios da civilização, só foi devidamente explicada no final do século XIX, com as descobertas realizadas por Louis Pasteur. Da mesma forma, a seleção e a reprodução de plantas, apesar de ser praticada a mais de 10 mil anos, só passou a ser compreendida após as descobertas das leis da hereditariedade por Mendel (FIECHTER, 2000).

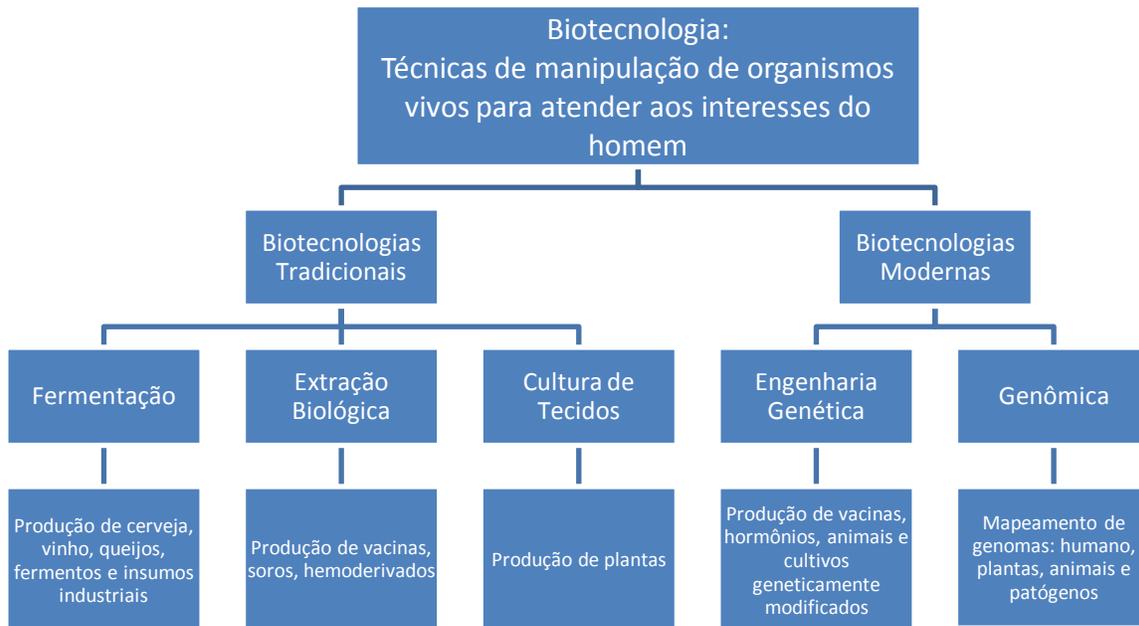
Não é incomum o uso dos termos dos termos biotecnologia, engenharia genética, cultivos geneticamente modificados ou cultivos transgênicos como se fossem sinônimos.

Neste trabalho é feita uma distinção entre eles. Segundo a Convenção de Diversidade Biológica (CDB), “biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos par utilização específica” (CDB, 2000).

Uma consequência desta definição é o reconhecimento de que a biotecnologia na verdade se refere a um conjunto muito amplo de tecnologias, sendo que muitas delas são utilizadas a mais tempo e em escala muito maior do que os cultivos geneticamente modificados. A heterogeneidade existente entre estas tecnologias é tão grande que o uso do termo biotecnologia sem nenhuma outra qualificação não faz muito sentido. Normalmente estas tecnologias são divididas em grupos diferentes, de acordo com o grau de proximidade tecnológica entre elas. A forma mais comum é dividi-las em biotecnologia tradicional e biotecnologia moderna, como mostra a Figura 6.

Portanto, os cultivos geneticamente modificados (GM), que são o foco de análise deste capítulo, são as aplicações da engenharia genética na agricultura. E a engenharia genética por sua vez é um conjunto de técnicas de manipulação genética que pertence ao grupo das chamadas biotecnologias modernas.

Figura 6. Biotecnologias e as suas aplicações



Do ponto de vista tecnológico, a engenharia genética trouxe novas possibilidades de se realizar uma atividade que vem sendo praticada na agricultura desde a antiguidade, que é o melhoramento de plantas e de animais. A engenharia genética amplia as possibilidades de se fazer o melhoramento de plantas. Portanto, na essência, ela não representa uma ruptura com o modelo de agricultura que foi disseminado através da revolução agrícola do século XX, que está assentado no melhoramento de plantas. O sucesso da agricultura moderna em aumentar a produção resultou desta combinação de inovações, onde variedades com alto rendimento potencial eram cultivadas com o uso intensivo de irrigação, de fertilizantes e de defensivos químicos (BORLAUG, 2000; BORLAUG & DOWSWELL, 2003; WU & BUTZ, 2004).

O melhoramento genético de plantas é visto como o principal caminho para superar os desafios atuais da agricultura. O melhoramento pode ser usado para o desenvolvimento de plantas com maior rendimento potencial e/ou com resistência à pragas, o que deixaria a agricultura menos dependente tanto dos fertilizantes quanto dos pesticidas químicos. A grande questão são os métodos convencionais de melhoramento, que apesar da importância no passado e no presente, são limitados.

O melhoramento de plantas é uma atividade tão antiga quanto a própria agricultura. Desde os primórdios da agricultura que o homem vem transformando, através da seleção, plantas silvestres em domesticadas e cultivadas. Segundo VIEIRA et al (2004), “de um total de 350.000 espécies vegetais conhecidas, o homem tem utilizado cerca de 3.000 e cultiva, atualmente, um número próximo a 300 espécies, com destaque para 15 delas: arroz, trigo, milho, soja, sorgo, cevada, cana-de-açúcar, beterraba açucareira, feijão, amendoim, batata-inglesa, batata-doce, mandioca, coco e banana”. Para cultivar estas 300 espécies, muitas características das plantas silvestres foram alteradas durante o processo de domesticação.⁶

⁶ Como por exemplo a perda da dispersão natural da semente (facilita a colheita e diminui perdas), eliminação da dormência das sementes (torna o trato uniforme e mais econômico), mudança de reprodução sexuada para propagação vegetativa (garante a manutenção das características selecionadas), mudança de reprodução sexuada alogâmica (por cruzamento) para autogâmica (por auto-fecundação), alteração do ciclo de vida perene para anual (aumenta a produtividade), modificação de plantas dióicas (cada sexo em uma planta distinta) para plantas monóicas (os dois sexos em cada planta, mas em flores separadas) e hermafroditas (os dois sexos em cada flor), evitando-se plantas masculinas improdutivas, aumento do tamanho dos frutos e das sementes (aumenta a produção e melhora qualidade) (VIEIRA et al, 2004).

Durante milhares de anos o melhoramento de plantas foi realizado pelos agricultores, utilizando para isso métodos e regras muito simples, fundamentadas em conhecimentos que eram transmitidos de pais para filhos. Somente no final do século XIX que os fundamentos científicos do melhoramento de plantas foram descobertos. Darwin, ao analisar o melhoramento de pombos e de cães, explicou os fundamentos da seleção. Gregor Mendel, a partir de experiências com ervilhas, descobriu os princípios da hereditariedade. Segundo CONWAY (2003), a consequência destas descobertas “foi o surgimento de profissionais, melhoristas em institutos e estações de pesquisa, que identificavam e explicavam os mecanismos subjacentes e, com isso, tornavam o processo mais previsível e eficiente”.

Nos sistemas tradicionais de melhoramento de plantas o objetivo é transferir genes de uma planta para outra utilizando os métodos tradicionais de reprodução vegetal. Segundo CONWAY (2003), “boa parte do êxito do cultivo de plantas teve essa característica. Os melhoristas aperfeiçoaram aos poucos um conjunto relativamente pequeno de variedades básicas cruzando-as com variedades locais incomuns ou, em muitos casos, parentes silvestres, identificadas com portadoras de características desejáveis: resistência a pragas e doenças, tolerância à seca, melhor qualidade para moagem ou sabor”.

As técnicas tradicionais⁷ de melhoramento de plantas responderam ao principal desafio do século XX, que era fundamentalmente o de desenvolver variedades mais produtivas. Como resultados do melhoramento através destas práticas, a produtividade média quase que duplicou, enquanto que a altura média da planta reduziu em 30%. As variedades de trigo semi-anãs desenvolvidas pelo melhorista norte-americano Norman Borlaug, por exemplo, permitiram que a produção deste cereal crescesse a taxas maiores do que à do crescimento da população. Segundo BORÉM & MIRANDA (2005), “a redução da altura das plantas nas variedades lançadas por Borlaug resultou em altos índices de colheita e produtividade jamais alcançados em outros programas de melhoramento”.

Os métodos convencionais de melhoramento tiveram e continuam tendo muita importância na agricultura, tendo fornecido a base para a revolução agrícola do século XX. Mas estes métodos possuem diversas limitações. Primeiro, existe uma limitação prática,

2. Vieira et al (2004) cita 10 tipos de técnicas para melhoramento genético de espécies autógamas, aquelas que apresentam reprodução sexuada essencialmente por autofecundações naturais e toleram no máximo 5% de cruzamentos; e 10 tipos de técnicas para as espécies alógamas, aquelas que reprodução sexuada através de cruzamentos naturais e aceitam um máximo de 5% de autofecundação.

onde “o processo de cruzar duas plantas aparentadas, cada uma com características desejáveis, na expectativa de produzir descendentes com uma combinação nova e melhorada dessas características é, essencialmente, um processo aleatório”. Isso significa que os resultados do cruzamento são sempre imprevisíveis, porque “embora algumas características desejáveis possam vir juntas, outras poderão ser perder” (CONWAY, 2003).

Além da limitação prática, existe também uma limitação natural ao melhoramento tradicional de plantas, porque ele só permite a busca de espécies com novos atributos através do cruzamento de duas espécies sexualmente compatíveis. Além da limitação prática, existe também uma limitação natural ao melhoramento tradicional de plantas, porque ele só permite a busca de espécies com novos atributos através do cruzamento de duas espécies sexualmente compatíveis. Por exemplo, vamos supor duas espécies, A e B, portadoras dos atributos X e Y, respectivamente. Se as duas espécies forem sexualmente compatíveis e se for vantajoso uma espécie que contenha os dois atributos, pode-se obter uma espécie C, contendo os atributos X e Y a partir do cruzamento de A e B. Mas a possibilidade de criar C está restringida pela compatibilidade sexual das espécies A e B.

A engenharia genética se apresenta como uma alternativa tecnológica para os problemas colocados acima. Ela tem potencial para contribuir no avanço do melhoramento genético de plantas, “criando novas variedades de plantas que não só produzem rendimentos mais altos como contêm as soluções internas para os desafios bióticos e abióticos, reduzindo a necessidade de insumos químicos como fungicidas e pesticidas, e aumentando a tolerância à seca, salinidade, toxicidade química e outras condições adversas” (CONWAY, 2003).

O objetivo da Engenharia Genética é construir artificialmente um gene (transgene) e transferi-lo para outros organismos⁸. A introdução de segmentos de DNA de um organismo A em um organismo B é chamado de transformação gênica e o indivíduo B passa a ser chamado de transgênico ou organismo geneticamente modificado. A introdução de DNA busca desenvolver organismos com novos atributos. Tradicionalmente, os novos

⁸ Os fundamentos científicos da engenharia genética foram os avanços da biologia molecular e da genética ao longo do século XX. O desenvolvimento da genética iniciou-se com os trabalhos de Mendel em 1865, e teve um grande salto com as descobertas de James Watson e Francis Crick em 1953 (Modelo tridimensional da dupla hélice do DNA). Foram estas descobertas no campo da genética que criaram as condições para a descoberta das técnicas de engenharia genética no início dos anos 70. Segundo James Watson, a Engenharia Genética era simplesmente uma consequência lógica da descoberta da dupla hélice do DNA (Revista Fapesp, 2001).

organismos eram obtidos através do melhoramento genético convencional. No melhoramento genético da forma tradicional, a criação da espécie C ficará impossível caso A e B forem espécies incompatíveis sexualmente. Assim, o grande salto científico e tecnológico da biotecnologia moderna foi permitir a possibilidade de criar a espécie C independentemente da compatibilidade genética.

A possibilidade de produzir plantas geneticamente modificadas, com novos atributos e independentes da compatibilidade sexual entre as espécies, representa o maior impacto da Biotecnologia Moderna na agricultura. As técnicas de DNA recombinante são mais versáteis e mais precisas do que as técnicas tradicionais de melhoramento. São mais versáteis porque elas permitem transferência de informações genética entre plantas de famílias ou espécies diferentes. E são mais precisas porque no melhoramento tradicional o DNA de uma planta compatível pode combinar randomicamente e resultar tanto em atributos não desejáveis, como redução da produtividade ou a produção de substâncias tóxicas, quanto em atributos desejáveis. Com a engenharia genética, os segmentos de DNA que codificam para os atributos desejáveis podem ser selecionados e recombinados na nova planta.

A versatilidade e a precisão da engenharia genética abriram um leque muito amplo de possibilidades de melhoramento genético, com aplicações que podem trazer diversos tipos de benefícios tanto para os agricultores quanto para os demais agentes da cadeia produtiva.

Como visto, a engenharia genética é uma ferramenta poderosa que pode ampliar as possibilidades de fazer melhoramento genético de plantas. O melhoramento de plantas precisa ser direcionado para atender as demandas atuais. Além do desenvolvimento de variedades com maior rendimento potencial, é possível o desenvolvimento de variedades com maior resistência a estresses bióticos e abióticos, para aumentar o rendimento econômico; o desenvolvimento de variedades que permita a substituição de insumos, dando mais flexibilidade para o agricultor; o desenvolvimento de variedades que reduzam os riscos de perda da produção, dando uma maior estabilidade; e, dada as exigências do mercado consumidor atual, o desenvolvimento de cultivos com maior qualidade.

2.2 Aplicações da Engenharia Genética na Agricultura: os Cultivos Geneticamente Modificados

Na agricultura a engenharia genética é utilizada para o desenvolvimento de cultivos geneticamente modificados. Estes cultivos, também conhecidos como cultivos ou plantas transgênicas, são aqueles que tiveram inserido em seus genes um novo gene que expressa algum atributo de interesse para a agricultura, como maior produtividade ou maior resistência à pragas.

Um cultivo GM é considerado uma inovação biológica⁹. As inovações biológicas, por sua vez, podem ser classificadas em cinco categorias: inovações que aumentam o rendimento máximo biológico da planta, inovações que aumentam o rendimento econômico das lavouras, inovações que causam substituição de insumos, inovações que reduzem o risco da produção e as inovações que melhoram a qualidade dos cultivos (NELSON & BULLOK, 2001; FEDERICO, 2003).

Como visto no capítulo 1, o melhoramento de plantas da revolução verde se concentrou no desenvolvimento de variedades com maior rendimento biológico máximo, ou maior rendimento potencial. O desenvolvimento de variedades de arroz pelo *International Rice Research Institute* é um exemplo de inovação biológica que aumentou a quantidade máxima de arroz que pode ser produzida em condições agronômicas ideais.

O rendimento que será obtido nas lavouras é função do rendimento potencial da variedade que será utilizada e de uma grande quantidade de variáveis ambientais, como nível de precipitação, temperatura, qualidade do solo, pragas e doenças. Uma variedade com o mesmo rendimento potencial terá rendimentos diferentes em diferentes regiões. O melhoramento genético pode ser utilizado para reduzir o hiato entre o rendimento potencial e o rendimento observado. O desenvolvimento de cultivos resistentes e tolerantes a estresses abióticos e bióticos são exemplos de uma inovação que aumenta o rendimento observado, uma vez que ela reduz as perdas causadas, por exemplo, por secas, insetos ou doenças.

⁹ As inovações na agricultura podem ser classificadas em três categorias: as inovações mecânicas (máquinas e equipamentos), as inovações químicas (novas substâncias químicas que podem ser utilizadas como defensivos) e as inovações biológicas (as novas variedades de plantas).

Um terceiro tipo de inovação são cultivos que permitem a substituição de um insumo por outro que seja mais fácil de utilizar, de menor custo ou com menos efeitos colaterais. Este tipo de inovação oferece maior flexibilidade produtiva. Um cultivo com maior flexibilidade, mesmo sem apresentar maior rendimento potencial pode contribuir para o aumento da produção via aumento da área plantada, porque a maior flexibilidade no uso dos insumos pode provocar uma redução nos custos de produção.

O quarto tipo de inovação seria aquela que tivesse por objetivo a redução do risco de perdas da produção provocadas por *stress* bióticos e abióticos. Um exemplo seria o desenvolvimento de cultivos resistentes à seca.

Finalmente, um último tipo de inovação que pode resultar do melhoramento de plantas é aquele que altera as características finais do produto, melhorando a sua qualidade. Esta melhora na qualidade pode ser, por exemplo, uma maior resistência pós-colheita, uma vez que parte da produção agrícola se perde no transporte e no armazenamento. Outra forma de melhorar a qualidade dos cultivos é aumentar a concentração de alguns nutrientes básicos.

A vantagem da engenharia genética sobre os demais métodos de melhoramento de plantas é que ela pode ser utilizada para os cinco tipos de inovações biológicas. Os dados referentes aos tipos de cultivos GM que foram pesquisados, testados e produzidos até 2008 mostram que de fato a engenharia genética está sendo usada para diversos fins.

Segundo JAMES & KRATTINGER (1996), entre 1985 e 1996, período em que a produção dos cultivos GM esteve restrita à produção experimental, foram realizados 3.647 testes de campo com cultivos GM, distribuídos em 56 cultivos e em 34 países. Destes 3.647 testes de campo realizados, 1450 foram com cultivos tolerantes a herbicidas, 1313 com cultivos resistentes a pragas, 806 com cultivos que tiveram modificações nas suas características e 555 com outros tipos de modificações. Os cultivos com resistência a pragas estão distribuídos em três grupos: resistência a insetos (738 testes), resistência a vírus (466 testes) e resistência a fungos (109). Dentre os atributos de qualidade, se destacam os cultivos com amadurecimento retardado, cultivos com maior concentração de nutrientes e cultivos com tolerância a estresses abióticos. No grupo outros estão cultivos com atributos especiais, por exemplo, cultivos com capacidade de produzir substâncias de interesses na área da saúde, tais como vacinas e hormônios (JAMES & KRATTINGER, 1996).

A produção comercial de cultivos GM começou em 1996 quando cultivos com tolerância a herbicidas e com resistência a insetos começaram a ser produzidos nos Estados Unidos, Argentina, China, Canadá, Austrália e México (JAMES, 1997). Em 2008 existiam 143 tipos diferentes de sementes geneticamente modificadas liberados para a produção comercial (AGBIOS, 2009).

A maioria dos cultivos GM produzidos comercialmente até 2007 tinham atributos agronômicos, como tolerância a herbicidas e resistência a insetos. Há exemplos de outros tipos de atributos, como os atributos de qualidade. Dos atributos de qualidade produzidos em escala comercial (ou liberados para) se destacam variedades de milho com maior teor de lisina, variedades de soja para a produção de óleo mais saudável, cravos com modificações de cores, variedades de milho com maior eficiência na produção de etanol e tomates e melões com amadurecimento mais lento (AGBIOS, 2009).

Os cultivos com modificações na qualidade do produto têm uma participação muito pequena na produção total de cultivos GM, porque na sua maioria eles foram liberados para a produção comercial muito recentemente, como é o caso do milho melhorado para a produção de etanol, que foi liberado em 2007 nos Estados Unidos.

Como mostra o Quadro 4, a produção mundial de cultivos GM está distribuída em 21 tipos de cultivos e 9 atributos. Os números se referem a quantidade de eventos aprovados para a produção comercial até 2009. Os dados da Tabela 5 mostram que a produção de cultivos GM, apesar da grande quantidade de cultivos e de atributos, está concentrada em dois atributos – resistência a insetos e tolerância a herbicidas – e em três cultivos – algodão, milho e soja.

Quadro 4. Cultivos GM produzidos comercialmente até 2008, por atributos e número de eventos

	Amadurecimento mais lento	Amilase modificada para a produção de etanol	Composição de ácidos glaxos	Composição de Aminoácidos	Modificação da cor	Menor teor de nicotina	Resistência a vírus	Resistência a insetos	Resistência a insetos e Tolerância a herbicidas	Tolerância herbicidas	Total
Abóbora							2				2
Alfafa										1	1
Algodão								8	7	6	21
Ameixa							1				1
Arroz										5	5
Batata							1	4			5
Beterraba										3	3
Canola			3							14	17
Chicorea										1	1
Cravo					2					1	3
Girassol										1	1
Gramma										1	1
Lentilha										1	1
Linhaça										1	1
Mamão Papaya							2				2
Melão	1										1
Milho		1		2				8	28	13	52
Soja			3							7	10
Tabaco	1					1				1	3
Tomate	4							1			5
Trigo										7	7
Total	6	1	6	2	2	1	6	21	35	63	143

Fonte: Elaborado a partir de **AGBIOS** (2009)

Tabela 5. Área global com cultivos GM de 1996 a 2007: cultivos predominantes (em milhões de hectares)

Cultivos	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Algodão Bt	0,8	1,1		1,3	1,5	1,9	2,4	3,1	4,5	4,9	8	10,8
Algodão Bt/Th	0	<0.1	2,5	0,8	1,7	2,4	2,2	2,6	3	3,6	4,1	3,2
Algodão Th	<0.1	0,4		1,6	2,1	2,5	2,2	1,5	1,5	1,3	1,4	1,1
Canola Th	0,1	1,2	2,4	3,5	2,8	2,7	3	3,6	4,3	4,6	4,8	5,5
Milho Bt	0,3	3	6,7	7,5	6,8	5,9	7,7	9,1	11,2	11,3	11,1	9,3
Milho Bt/Th				2,1	1,4	1,8	2,2	3,2	3,8	6,5	9	18,8
Milho TH		0,2	1,7	1,5	2,1	2,1	2,5	3,2	4,3	3,4	5	7
Soja TH	0,5	5,1	14,5	21,6	25,8	33,3	36,5	41,4	48,4	54,4	58,6	58,6
Total	2,8	12,7	27,8	39,9	44,2	52,6	58,7	67,7	81	90	102	114,3

Fonte: JAMES (vários anos).

Os principais cultivos GMs produzidos entre 1996 e 2007 foram os tolerantes a herbicidas e os resistentes a insetos. Estes cultivos são inovações biológicas que podem ao mesmo tempo aumentar o rendimento econômico da lavoura, provocar substituições de insumos, diminuir os riscos de produção e ainda ter impactos sobre a qualidade dos cultivos.

Estes resultados agrônômicos do uso dos cultivos GM podem ter impactos econômicos diretos, sobre o agricultor, e também impactos indiretos, tanto sociais quanto

ambientais. O objetivo da próxima seção é analisar os impactos econômicos, sociais e ambientais resultantes do uso de cultivos GM.

2.3 Os Impactos Observados dos Cultivos GM

A adoção de uma nova tecnologia agrícola pode ter diversos tipos de impactos: econômicos, sociais, ambientais, institucionais e tecnológicos. No caso dos cultivos GM a dimensão de cada tipo de impacto depende das características intrínsecas da inovação (no caso, dos atributos dos cultivos GM), do cultivo em que esta inovação está sendo utilizada (cereais, oleaginosas, frutas e etc), de fatores ambientais (qualidade solo, variáveis climáticas, incidência de pragas e etc) e de fatores institucionais (existência de instituições públicas de pesquisa para adaptar os cultivos as condições locais, por exemplo).

Como será mostrado a seguir, diversos estudos mostram que os cultivos GM predominantes até 2008 estão apresentando impactos positivos, tanto econômicos quanto sociais e ambientais.

2.3.1 Os Impactos Econômicos sobre os Agricultores

Os estudos realizados até o momento mostram que há uma grande aceitação dos cultivos GM por parte dos agricultores e que esta aceitação está relacionada com as vantagens – financeiras e não financeiras – das sementes modificadas geneticamente em relação às sementes convencionais. A rápida expansão da área com cultivos GM, que aumentou de 3 milhões de hectares em 1996 para 114 milhões de hectares em 2007, demonstra o elevado grau de aceitação da tecnologia pelos agricultores. Em 2006, mais de 10 milhões de agricultores em 22 países adotaram variedades GM (JAMES, 2008).

Do ponto de vista financeiro os estudos realizados em diversos países com a produção de soja, algodão, canola e milho mostram que os agricultores estão obtendo ganhos de rendimento quando usam as variedades GM, com mostra a Tabela 6.

Tabela 6. Aumento na renda do produtor agrícola entre 1996 e 2005, por tipos de cultivos e em países selecionados (Milhões de Dólares)

Países	Soja tolerante a herbicida	Milho tolerante a herbicida	Algodão tolerante a herbicida	Canola tolerante a herbicida	Milho resistente a inseto	Algodão resistente a inseto	Total
EUA	7.570	771	919	101	1.957	1.627	12.945
Argentina	5.197	0,2	4,0	-	159	29	5.389
Brasil	1.367	-	-	-	-	-	1.367
Paraguai	132	-	-	-	-	-	132
Canadá	69	24	-	792	145	-	1.031
África do Sul	2,2	0,3	0,2	-	59	14	75,7
China	-	-	-	-	-	5.168	5.168
Índia	-	-	-	-	-	463	463
Austrália	-	-	4,1	-	-	150	154.1
México	-	-	-	-	-	55	55
Filipinas	-	-	-	-	8	N/d	8
Espanha	-	-	-	-	28	N/d	28

Fonte: BROOKES & BARFOOT, 2006a.

As origens dos ganhos de rendimento oriundos da adoção das sementes GM podem ser explicadas a partir dos possíveis impactos destas sementes sobre quatro variáveis: a produção ou o rendimento por hectare, o preço dos cultivos pago aos agricultores, o preço da semente e o custo de manejo de pragas. As duas primeiras variáveis determinam a receita e as duas últimas determinam os custos de produção do agricultor.

Para os agricultores especificamente, a adoção de cultivos geneticamente modificados poderá ter efeitos sobre os custos de produção e sobre a receita dos agricultores, portanto, terá impactos sobre a lucratividade. A lucratividade dos cultivos GM, ou as suas vantagens sobre os cultivos convencionais, será função das seguintes variáveis:

- Diferenças de rendimento por hectare, pois no caso dos cultivos resistentes a insetos e a vírus, por exemplo, se espera uma redução das perdas causadas por infestação de pragas.
- Redução nos custos com inseticidas, porque se espera reduzir o uso de inseticidas.
- Redução nos custos de manejo das pragas. No caso dos cultivos tolerantes a herbicidas, se espera uma redução de custos proveniente da adoção de um sistema de manejo de pragas mais flexível e simples, com adoção de um ou poucos herbicidas.

-
- Diferenças nos preços das sementes, porque o uso de sementes GM envolve o pagamento de *royalties*, fazendo que tenham um custo maior do que as convencionais.
 - Diferenças nos preços recebidos pelos agricultores entre os cultivos GM e os convencionais.

Dos três principais cultivos GM na produção mundial – soja tolerante a herbicidas e algodão e milho resistente a insetos – não se esperam resultados muito expressivos sobre a receita dos agricultores. Primeiro porque eles não foram desenvolvidos para aumentar a produção ou rendimento por hectare. Segundo, não se espera um aumento no preço recebido pelo agricultor, porque para o consumidor final o cultivo GM não se diferencia dos cultivos convencionais¹⁰.

2.3.1.1 Impactos da Soja TH sobre o Rendimento

A soja TH é o principal cultivo GM em termos de área cultivada e de peso no comércio mundial de *commodities* agrícolas e a sua principal vantagem a soja convencional é a simplificação do manejo de pragas.¹¹ A presença de ervas-daninhas podem prejudicar o cultivo e a rentabilidade da soja em algumas condições agro-climáticas. Existem muitos métodos tradicionais de combate a ervas-daninhas, mas todos eles têm limitações em termos de eficiência e são custosos (GIANESSI & CARPENTER, 2000). A soja TH representou uma inovação no controle de ervas daninhas. Com uma modificação para tolerar um herbicida de amplo espectro, o glifosato, o controle das ervas-daninhas pode então ser feito com o uso do glifosato, sem que este prejudique a soja.

Diversos estudos mostram que na maioria dos casos o uso de cultivos GM, principalmente no caso da soja TH, não resultou em mudanças na receita dos agricultores.

¹⁰ O aumento no preço pago ao agricultor pressupõe alguma diferenciação no produto GM que possa ser percebida como uma vantagem em relação ao cultivo convencional pelo consumidor final. Embora existam alguns cultivos GM com estas características, como frutas com amadurecimento mais lento e flores com modificações nas cores, eles representam uma parcela muito pequena no mercado de cultivos GM e como a liberação comercial destes cultivos é mais recente, ainda não há estudos sobre os seus impactos sobre o preço recebido pelo produtor. No caso da soja, do milho e do algodão, além dos atributos serem percebidos apenas pelos agricultores, estes cultivos não são consumidos na sua forma natural, com o são as frutas e as hortaliças. Grande parte da soja e do milho é utilizada para a produção de óleo, farinhas e ração animal, o que dificulta ainda mais a percepção do consumidor.

¹¹ Como foi visto acima, a tolerância a herbicidas (TH) é o atributo predominante na produção comercial de cultivos GM. Em 2006, os cultivos com tolerância a herbicidas ocuparam 70% da área global com cultivos GM.

Com relação ao rendimento por hectare, no caso da soja não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre a soja TH e a soja convencional nos Estados Unidos e na Argentina (GIANESSI, 2002; QAIM & TRAXLER, 2004).¹² No geral, as variedades não foram modificadas especificamente para aumentar o rendimento, e nos casos de Argentina e Brasil em particular, o gene da tolerância a herbicida não foi introduzido nas melhores variedades locais de maior rendimento.¹³ Como as diferenças de preços da soja TH e da soja convencional são insignificantes (BULLOK & NITSI, 2001; GIANESSI, 2002), o uso da soja TH não teve impactos sobre a receita do agricultor.

O impacto positivo da soja TH sobre a renda líquida dos agricultores advém do seu impacto sobre o custo de produção. Como mostra a Tabela 7, nos três maiores produtores mundiais de soja houve redução de custos associado com o uso de soja TH. Nos três países ocorreu redução líquida dos custos, o que significa que com o uso da soja TH a redução nos custos com controle das ervas daninhas compensa o preço maior pago pela semente GM.

Tabela 7. Impactos da adoção de soja GM sobre os custos de produção nos Estados Unidos, Argentina e Brasil

Ano	Estados Unidos		Argentina		Brasil	
	Redução de custos	Redução líquida de custos*	Redução de custos	Redução líquida de custos*	Redução de custos	Redução líquida de custos*
	(\$/ha)	(\$/ha)	(\$/ha)	(\$/ha)	(\$/ha)	(\$/ha)
1996	25,2	10,39	26,10	22,49		
1997	25,2	10,39	25,32	21,71	38,8	35,19
1998	33,9	19,03	24,71	21,10	42,12	38,51
1999	33,9	19,03	24,41	20,80	38,76	35,15
2000	33,9	19,03	24,31	20,70	65,32	31,71
2001	73,4	58,56	24,31	20,70	46,32	42,71
2002	73,4	58,56	29,00	26,00	40,00	36,39
2003	78,5	61,19	29,00	26,00	77,00	68,00
2004	63,3	43,54	30,00	27,00	88,00	73,00
2005	63,3	43,54	30,1	28,85	74,00	57,43

* incluindo custo de tecnologia. Fonte: BROOKES & BARFOOT, 2006,

A redução de custos associada com o uso de sementes GM é resultado da redução do custo de controle de pragas. No sistema convencional, o controle das ervas daninhas é

¹² Embora alguns autores tenham encontrado correlação positiva entre o uso de soja TH e rendimento (Fernandez-Cornejo, 2002). Fernandez-Cornejo et al (2002) mostra que muitos fatores, além do regime de aplicação de herbicida, podem influenciar a variável rendimento por hectare, tais como a qualidade do solo, clima, pressões de pragas e nível de educação dos agricultores. Estes autores utilizaram um modelo econométrico para isolar os efeitos do uso das sementes GM sobre o rendimento e os resultados mostraram que há uma pequena correlação positiva entre rendimento e uso de soja TH.

¹³ O único lugar onde a adoção da soja TH esteve associada com o aumento significativo do rendimento foi na Romênia, de cerca de 30%. Isto explica-se porque antes da soja TH os agricultores tinham acesso limitado a herbicidas (Brookes, 2005).

feito com várias aplicações de uma combinação de 3 a quatro herbicidas diferentes (FERNANDEZ-CORNEJO, et al, 2002). Assim, além de reduzir os custos com herbicidas, a combinação soja TH/glifosato reduz os custos com mão-de-obra, maquinários e combustível (QAIM & TRAXLER, 2004).

Observa-se que a redução líquida nos custos foi diferente para os três países. Nos Estados Unidos, os preços das sementes de soja TH são bem maiores do que os preços das sementes de soja convencional, onde a comercialização de sementes GM é protegida por leis de patentes e de contratos com agricultores que não permite o uso de “sementes salvas”. Na Argentina, onde as sementes GM não podem ser patenteadas e, portanto, se permite o uso de sementes salvas, as sementes de soja TH não são mais caras dos que as de soja convencional (QAIM & TRAXLER, 2005).

Diversos estudos sobre os impactos da soja TH tem chamado a atenção para a influência de outras variáveis não quantificáveis sobre a decisão dos agricultores. O que estes estudos sugerem é que apesar dos benefícios pecuniários observados, eles não são suficientes para explicar a elevada taxa de adoção das sementes GM pelos agricultores em países como Estados Unidos e Argentina e mesmo no Brasil, onde de início ela começou a ser usada pelos agricultores de forma clandestina. Segundo estes estudos, os agricultores são atraídos por outras vantagens, tais como a facilidade de controlar as pragas, a maior flexibilidade e o maior tempo livre para outras atividades (CARPENTER, 2001; GIANESSI, 2005; WEICK & WALCHLI, 2002). Nos Estados Unidos em muitas regiões não se observou redução de custos associado com o uso de soja TH, mas mesmo assim a taxa de adoção foi alta porque os agricultores perceberam diversas outras vantagens, tais como a facilidade de controlar as ervas daninhas e a redução do risco de falha no controle (BONNY, 2003).

No Brasil, uma pesquisa realizada pela Coodetec com 518 agricultores, mostrou que daqueles que estavam produzindo soja TH (70%), 90% pretendiam usar novamente na próxima safra. A pesquisa identificou dez razões para explicar a preferência dos agricultores pela soja TH. Destas, as mais citadas pelos agricultores foram: o melhor controle de pragas, a simplicidade e a maior flexibilidade de aplicação do herbicida. Enquanto a redução de custos foi uma vantagem percebida apenas por 60% dos agricultores

que adotaram soja TH, a facilidade de controlar as pragas foi percebida por 90% dos agricultores.

2.3.1.2 Cultivos Resistentes a Insetos: Algodão Bt e Milho Bt

Depois da soja tolerante a herbicidas, o algodão e o milho resistentes a insetos, também conhecidos como Bt, são os principais cultivos GM produzidos comercialmente. Ambos os cultivos contêm um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que é resistente a pragas de insetos.

A principal vantagem econômica dos cultivos GMs resistentes a insetos é a redução dos gastos com inseticidas, implicando em uma redução no custo variável de produção. Assim, as vantagens de utilizar a variedade GM dependerão da participação dos gastos com inseticidas na planilha de custos do produtor. Quanto maior a incidência de pragas, maiores serão as vantagens da variedade GM resistente a insetos.

Os Impactos Econômicos do Algodão Bt

O algodão Bt é muito eficiente para combater pragas de lagartas, como a rosada do algodoeiro (*Pectinophora gossypiella*), e a cápsula do algodoeiro (*Helicoverpa zea*) e é parcialmente eficiente contra a lagarta do broto do tabaco (*Heliothis virescens*) e a lagarta negra (*Spodoptera frugiperda*). Estas pragas prejudicam a produção em diversas zonas produtoras de algodão, mas existem outras pragas, que não são combatidas pelo Bt e continuam necessitando do uso de praguicidas químicos. Como consequência, os efeitos do algodão Bt nas diversas regiões produtoras serão diferentes, dependendo da intensidade de incidências de pragas suscetíveis ao Bt .

A produção de algodão convencional depende decisivamente dos inseticidas químicos para combater os insetos. Segundo o Relatório da FAO, a produção de algodão consome cerca de 25% de todos os praguicidas agrícolas utilizados em todo o mundo. Na China – o maior produtor de algodão do mundo – até 1998, cerca de 20% do custo total da produção de algodão era com inseticidas (HUANG *et al*, 2003). Assim, o algodão Bt, dependendo do preço das sementes modificadas, poderá contribuir para uma redução de custo de produção, porque o agricultor deixará de gastar com inseticidas. Poderá também contribuir para o aumento da produtividade por hectare, uma vez que ele poderá reduzir as

perdas causadas pelas pragas. Com mostra a Tabela 8, os impactos mais evidentes do uso do algodão Bt são a redução dos custos, o aumento do rendimento e da produtividade.

Tabela 8. Impactos da adoção de algodão Bt nas principais regiões produtoras – 1999-2001

Países/Regiões	Participação na produção mundial (em%)	Variações no custo dos insumos e do rendimento após a introdução do algodão Bt (em %)				Taxa de adoção do algodão Bt (em %)	Variação na produtividade induzida pelo algodão Bt
		Inseticidas	Sementes	Mão-de-obra	Rendimento		
Austrália	4,3	-80	80	-2	0	25	3,24
China	15,1	-82	220	-9,5	15	58	7,65
Índia	16	-49	386	34	58	25	10,2
EUA	15,5	-80	80	-2	0	37	1,74
Canadá	2,7	-77	166	-15	8,5	30	1,49
América Latina	7,5	-46	166	17	33	5	1,85
África do Sul	1,3	-25	110	-8	18	40	8,21
África Central e Ocidental	5,1	-25	110	-8	18	25	5,29

Fonte: ELBEHRI & MACDONALD, 2005.

Na China, país onde o algodão ocupa quase 60% da área agrícola (FAO, 2008), o principal impacto econômico do algodão Bt foi a redução de custos de produção de 20% a 33 %, dependendo da região e da variedade de algodão utilizada (HUANG et al, 2003).

A redução de custos associada com o uso de algodão Bt na China é resultado da redução significativa no uso de inseticidas. Segundo HUANG et al (2003), entre 1999 e 2001, os gastos com inseticidas reduziram 80% entre os agricultores que adotaram algodão Bt. A Tabela 9 sumariza os resultados de um estudo realizado com 482 unidades produtivas de algodão – 337 produtores de algodão GM e 45 de algodão convencional – mostrou que em média o número de aplicações de inseticidas por hectares nas unidades que produzem algodão Bt é um terço das demais. A quantidade (Kg/hec) e o custo (em US\$/hec) nas unidades produtoras de Bt é um sexto das demais unidades. Para a variedade GK-321, as diferenças em relação ao algodão convencional são ainda maiores.

Tabela 9. Uso de inseticidas por variedades de algodão na China

Variedades	N	Uso de pesticidas por hectares		
		Nº de aplicações	Quantidade (Kg)	Custo (US\$)
Algodão Bt	337	6.6	11.8	32
33B	178	5.8	10.5	30
GK-12	77	9.2	15.0	41
GK-321	42	3.9	4.4	16
Other	40	7.7	18.6	40
Algodão não Bt	45	19.8	60.7	178

Fonte: HUANG et al., 2003.

Na Índia, outro país onde a produção de algodão tem grande importância econômica, o uso do algodão Bt resultou em grandes benefícios para os agricultores. A Índia é o primeiro país do mundo em termos de área plantada com algodão – 28% da área mundial – e o terceiro em quantidade produzida – 15% da produção mundial. O rendimento por hectare é um terço do rendimento na China e a metade do rendimento nos Estados Unidos. As perdas provocadas por ataques de insetos são as principais causas do baixo rendimento da produção de algodão na Índia (BEYERS & THIRTLE, 2003).

O algodão Bt foi aprovado para a produção em 2002 pelo governo indiano. Em 2001, foram realizados testes de campo com 157 agricultores em três estados indianos e a média dos ganhos de rendimento com o uso de algodão Bt foi de 80% (QAIM & ZILBERMAN, 2003). MORSE et al (2005) mostrou que os ganhos continuaram elevados em 2002 e 2003 após a liberação do algodão Bt para a produção em grande escala. O que explica um aumento tão significativo do rendimento é a queda nos custos e o aumento na quantidade produzida por hectare. Dada a elevada incidência de insetos, o algodão Bt permite uma grande economia com inseticida. E como a tecnologia Bt é mais eficiente do que os inseticidas tradicionais, há também uma redução das perdas causadas pelos insetos.

Além da redução dos gastos com inseticidas, o algodão Bt trouxe outras vantagens para os produtores. Normalmente a utilização de inseticidas químicos está relacionada com um inconveniente: as pragas desenvolvem resistências a estes produtos, o que, na ausência de outro produto eficiente, inviabiliza a produção. Assim, o algodão Bt apresenta algumas vantagens sobre o método convencional de controlar pragas. No caso da tecnologia Bt, a ação contra as pragas estão sempre presentes na planta. Dado que os agricultores aplicam os inseticidas químicos somente depois de detectar a presença das pragas e seus estragos, a tecnologia Bt impede a perda parcial da lavoura. Além do mais, a eficiência dos

inseticidas químicos, ao contrário do Bt, dependem também das condições meteorológicas, já que a chuva pode impedir a ação dos produtos jogados sobre as plantas (BROOKES & BARFOOT, 2006; GÓMEZ-BARBERO & RODRIGUEZ-CEREZO, 2006).

Os Impactos Econômicos do Milho Bt

O milho é um dos cereais que mais sofre perdas causadas por ataques de insetos. O *European Corn Borer (ECB)*, o *Mediterranean Corn borer* e o *South Western Corn Borer* constituem as principais ameaças a produção mundial de milho, resultando perdas significativas da produção e em prejuízos financeiros. Segundo GIANESSI & CARPENTER (1999), o ECB é a principal praga de espigas na América do Norte. As perdas causadas por estas pragas são difícil controle porque a pulverização com inseticidas é eficaz somente no curto espaço de tempo entre a postura dos ovos e nascimento das larvas. A baixa efetividade e os custos adicionais levam muitos agricultores a não jogar inseticidas para controlar o ECB e assumir as perdas de rendimento (GÓMEZ-BARBERO, 2006).

O milho Bt foi desenvolvido para combater os danos causados pelo ECB. Ele contém o material genético do *bacillus thuringiensis* (Bt), uma bactéria encontrada no solo e que já é utilizada como inseticida biológico desde os anos 60. O milho modificado passou a expressar uma proteína do Bt, proteína Cry, que é tóxica para algumas espécies de insetos. Uma característica do Bt enquanto inseticida é que a proteína Cry é tóxica somente para grupos específicos de insetos e não tem efeitos sobre os mamíferos. Os cientistas já identificaram mais de 170 proteínas Cry e as mais importantes do ponto de vista comercial são as proteínas Cry tóxicas ao *Colorado Potato Beetle*, um besouro que ataca a produção de batatas e ao *corn earworm*, uma lagarta que causa danos às espigas (NELSON, 2001). Segundo dados da Agbios (2008), até 2007 havia 33 tipos de proteínas Cry liberadas para o uso na produção de milho Bt.

Os impactos do milho Bt foram muitos parecidos com os do algodão Bt, por que ao contrário da soja TH, o uso de cultivos resistentes a insetos resultou, além da redução dos custos de produção, no aumento da produção por hectare, ou seja, eles reduzem as perdas causadas por insetos por ser uma tecnologia mais eficiente no controle de pragas.

A Tabela 10 apresenta os impactos da adoção de milho Bt sobre o custo e sobre a lucratividade nos Estados Unidos, África do Sul e Espanha. Em todos eles houve um aumento da lucratividade, resultante de aumento da produtividade e de redução de custos, com exceção dos Estados Unidos. O aumento de produtividade foi de 5% ao ano nos Estados Unidos, 11% na África do Sul e 6,3% na Espanha.

Tabela 10. Impactos da adoção de milho Bt nos Estados Unidos, África do Sul e Espanha

Ano	Estados Unidos			África do Sul			Espanha		
	Redução de Custo (US\$/há)	Redução Líquida de Custo (US\$/há)	Aumento de lucro (US\$/ha)	Redução de Custo (US\$/há)	Redução Líquida de Custo (US\$/há)	Aumento de lucro (US\$/ha)	Redução de Custo (US\$/há)	Redução Líquida de Custo (US\$/há)	Aumento de lucro (US\$/ha)
1996	15,5	-9,21	29,2						
1997	15,5	-9,21	28,61						
1998	15,5	-4,8	27,04				37,40	3,71	95,16
1999	15,5	-4,8	25,51				44,81	12,80	102,20
2000	15,5	-6,74	24,32	13,98	1,87	43,77	38,81	12,94	89,47
2001	15,5	-6,74	26,76	11,27	1,51	34,60	37,63	21,05	95,63
2002	15,5	-6,74	30,74	8,37	1,12	40,04	39,64	22,18	100,65
2003	15,5	-6,74	31,54	12,82	1,72	45,25	47,50	26,58	121,68
2004	15,88	-6,36	31,3	14,73	1,97	46,64	51,45	28,79	111,93
2005	15,88	-6,36	28,8	15,25	2,20	37,54	52,33	29,28	114,97

Fonte: BROOKES & BARFOOT, 2006.

2.3.2 Os Impactos Sociais e Ambientais

Com foi visto no capítulo anterior, para enfrentar os desafios do século XXI as novas tecnologias agrícolas precisam ter sustentabilidade social e ambiental. Elas precisam beneficiar também os agricultores mais pobres, principalmente os das regiões que apresentam vulnerabilidades de segurança alimentar e elevada incidência de desnutrição, com são os casos de diversas regiões da África, da Ásia e da América Latina. Ao mesmo tempo, as novas tecnologias não podem ignorar os problemas ambientais. Elas precisam contribuir para a redução do desmatamento, redução da emissão de gases poluentes, redução da contaminação do solo e das águas e contribuir para a preservação da biodiversidade.

A engenharia genética, como visto nas seções anteriores, pode ajudar de diversas formas no desenvolvimento de tecnologias e práticas agrícolas mais sustentáveis, tanto do ponto de vista social quanto ambiental. O objetivo desta seção é mostrar que os cultivos GM produzidos atualmente, apesar de terem sido desenvolvidos com objetivos muito específicos, estão contribuindo para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis (BROOKES & BARFOOT, 2006; TRIGO & CAP, 2006).

A maioria dos estudos realizados para avaliar os impactos dos cultivos GM focaram nos impactos sobre a unidade produtiva agrícola. São estudos que selecionam uma amostra de agricultores e avaliam os impactos da adoção de variedades GM sobre os custos de produção, sobre o rendimento por hectare e outras variáveis ligadas e eficiência produtiva. São poucos os estudos realizados para avaliar os impactos mais amplos dos cultivos GM, como por exemplo, os impactos sobre os demais *stakeholders* da cadeia produtiva, principalmente o consumidor final. Mas os poucos estudos realizados não corroboram a hipótese levantada por muitos críticos da dos cultivos GM de que eles não têm nenhuma contribuição sobre a sustentabilidade agrícola.

Os estudos realizados na Argentina e nos Estados Unidos, que são os dois países com maior taxa de difusão dos cultivos GM, mostram que as empresas privadas que desenvolvem e comercializam as sementes GM não os únicos e nem os principais stakeholders a serem beneficiados com elas. Mesmo pagando um preço maior pela semente GM, os agricultores são os principais beneficiados até o momento. A distribuição dos benefícios entre os agentes da cadeia produtiva – empresas que desenvolvem sementes, agricultores, empresas processadoras e consumidor final – é afetada pelas condições institucionais de cada país, mas em ambos os agricultores são os principais beneficiados (TRIGO, 2006; TRAXLER, 2005).

Também não há evidências de que os pequenos e médios agricultores estejam sendo marginalizados dos benefícios gerados pelos cultivos GM. Ao contrário de algumas tecnologias da revolução verde, as sementes GM não são intensivas em escala, o que facilita o seu uso pelos pequenos agricultores. Em diversos países em desenvolvimento e com grande incidência de pobreza rural, como Índia, China e África do Sul, os mais beneficiados com as sementes GM têm sido os pequenos agricultores (GÓMEZ-BARBERO 2006).

Na Argentina, além dos benefícios para os produtores e para as empresas de insumos, a adoção de cultivos GM beneficiou também os trabalhadores agrícolas. Entre 1993 e 1999, período de grave crise econômica e de elevados índices de desemprego, a quantidade de empregos na agricultura aumentou de 783.000 para 966.000. E este aumento na quantidade de postos de trabalho ocorreu em um período de aumento significativo da produtividade média do setor agrícola (TRIGO et al, 2003).

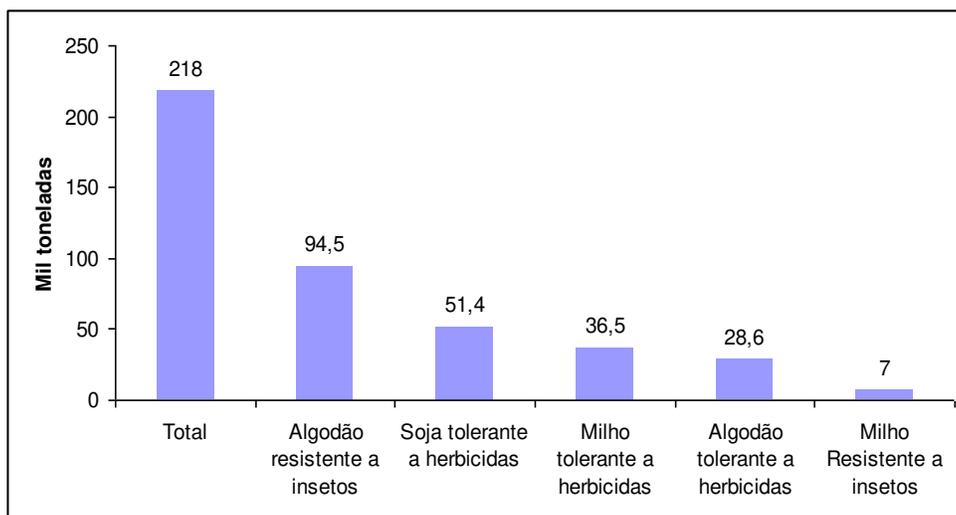
Os ganhos em termos de bem-estar foram significativos também nos países produtores de algodão, principalmente os países pobres, como é o caso da África do Sul e da China. Nestes países, os impactos da adoção do algodão Bt sobre o bem-estar foram importantes porque a redução dos custos variáveis e o aumento da produtividade coincidiram com um período de queda constante no nível do preço mundial. Entre 1994/95 e 2001/02, o preço da tonelada de algodão em pluma caiu de US\$ 88 por tonelada para US\$ 33 por tonelada. Apesar do aumento entre 2002 e 2003, o valor da tonelada do algodão no final de 2003 equivalia a 50% do valor de 1994/95 (GÓMEZ-BARBERO 2006).

Na África do Sul, a adoção do algodão Bt também beneficiou os pequenos agricultores. Cerca de 3000 pequenos agricultores produziam algodão na África do Sul em 2001. A taxa de adoção de algodão Bt entre estes produtores aumentou de 7% em 1998 para 90% em 2001/2002, enquanto que entre os grandes produtores, a taxa de adoção era de 75% em 2001/2002 (KIRSTEN et al, 2002).

Além dos benefícios financeiros, o uso de sementes GM tem apresentado outros impactos indiretos que tem efeitos sobre o bem-estar dos trabalhadores agrícolas. Por exemplo, o uso de variedades resistente a insetos tem um impacto sobre a saúde dos trabalhadores, uma vez que ao usar as plantas Bt eles têm menos contato com pesticidas. No caso da produção de milho, além da redução dos riscos de intoxicação e da redução das perdas causadas pelos insetos, o uso de variedades Bt melhora a qualidade do milho, porque elas reduzem a incidência de contaminação por toxinas que impedem que o milho seja usado para o consumo humano.

Com relação ao meio ambiente, os cultivos GM também estão apresentando impactos positivos. Como visto, os cultivos GM predominantes são os cultivos tolerantes a herbicidas e os resistentes a insetos. Os impactos ambientais dos cultivos GM estão associados com a significativa redução no uso de pesticidas. Como mostra a Figura 7, mesmo no caso dos cultivos tolerantes a herbicidas se observa uma redução no uso de pesticidas.

Figura 7. Redução no uso de pesticidas causadas pelo uso de cultivos GM na produção mundial em 2005.



Fonte: Elaborado a partir de BROOKES & BARFOT, 2006.

No caso dos cultivos resistentes a insetos os impactos ambientais ficam mais evidentes, uma vez que o uso de variedades Bt reduz o uso de inseticidas. O maior impacto ambiental do uso da tecnologia Bt foi no cultivo de algodão, cultura tradicionalmente intensiva em inseticidas. Estima-se que a produção de algodão absorva 25% de todos os praguicidas utilizados no mundo, incluindo alguns dos mais tóxicos. Nos anos 70 e 80, eram amplamente utilizados os *hicrocarburos clorados*, como o famoso DDT. No decorrer dos anos 80 estes produtos foram substituídos por outros, como os organofosfatos, que continuam sendo muito tóxicos na sua maioria (CONWAY, 2003).

O uso de pesticidas na produção de algodão nos países em desenvolvimento é extremamente elevado. No Paquistão e na Índia, o cultivo do algodão, que utiliza respectivamente 5,4% e 14% das áreas agrícolas, é responsável por 70% e 53% do total de pesticidas consumido nestes países. Na África do Sul, o consumo de pesticida na produção de algodão é um dos mais elevados do mundo, chegando a 80% de todo o consumo de pesticida no país (HUANG *et al*, 2003).

Em todos os países produtores de algodão a introdução do Bt possibilitou redução significativa no uso de inseticidas. Nos Estados Unidos, o número de aplicações de pesticidas caiu de 4,6 aplicações anuais em 1992-95 para 0,8 aplicações anuais em 1999-2001 (CARPENTER & GINANESSI, 2001). Na China, no período de 1999-2001, nas áreas com algodão Bt a redução de inseticidas atingiu a média de 43,8 Kg/hectares

(HUANG, et al, 2003). O impacto sobre o meio ambiente da redução no uso de inseticidas neste país tem uma importância muito grande, já que a degradação ambiental intensificou muito nos últimos anos com o rápido processo de desenvolvimento econômico.

Na África, os impactos positivos sobre o meio ambiente com a introdução do algodão Bt foram significativos. Primeiro, porque em algumas regiões o uso de inseticida era muito intenso devido às altas incidências de pragas. Segundo, o fato de algumas regiões serem muito ricas em biodiversidade, fazia com o uso dos inseticidas fosse mais danoso do que em outras regiões do mundo (ELBEHRI & MACDONALD, 2005).

No caso dos cultivos tolerantes a herbicidas também há efeitos ambientais benéficos. A princípio, o fato de uma variedade vegetal ser tolerante a determinado herbicida pode causar um aumento do uso deste herbicida e aumentar os danos ambientais. Mas no caso da soja tolerante a glifosato não é isso que ocorre. Ao usar apenas um tipo específico de herbicida, os agricultores deixam de fazer aplicações de outros tipos de herbicidas. Nos Estados Unidos, o maior produtor mundial de soja e onde a taxa de difusão da soja TH é quase 100%, o número de aplicações de herbicidas reduziu de seis para uma aplicação por safra.

Além da redução da quantidade total de herbicidas utilizada, a soja TH apresenta uma outra vantagem sobre a soja convencional, porque, segundo a Organização Mundial da Saúde, o glifosato pertence ao grupo de herbicidas de toxicidade classe IV, ou aqueles que possuem graus de toxicidade quase nulos. Assim, ao plantar sementes TH os agricultores deixam de aplicar herbicidas com graus de toxidades mais elevados. Na Argentina, por exemplo, houve uma redução de 83% na quantidade utilizada de herbicidas de toxicidade classe II e de 100% nos herbicidas de classe III¹⁴ (QAIM & TRAXLER, 2004).

O consumo menor de pesticidas tem um impacto secundário, mas não menos importante. As aplicações de herbicidas e inseticidas são feitas com o uso de máquinas, que por sua vez demanda a queima de combustíveis. Segundo CONWAY (2003), “a agricultura está se tornando um importante contribuinte para a poluição regional e global, produzindo níveis expressivos de metano, dióxido de carbono e óxido nitroso”. Os estudos realizados até o momento para medir os impactos ambientais dos cultivos GM mostram que houve

¹⁴ Quando os agricultores utilizam diversos tipos de herbicidas para combater as pragas, eles fazem misturas de herbicidas diferentes, o que aumenta os riscos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, porque misturados de forma aleatória eles podem apresentar efeitos imprevisíveis.

redução de emissão e um maior seqüestro de gás carbônico resultantes de um menor uso de combustíveis (BROOKES & BARFOOT, 2006).

Outros benefícios ambientais dos cultivos GM estão relacionados com a adoção de práticas mais amigáveis ao meio ambiente, como é o caso do plantio direto. O uso de soja tolerante a herbicidas na Argentina, por exemplo, favoreceu o uso do plantio direto. Esta prática, que dispensa o uso do arado, reduz a erosão do solo e permite uma maior contenção de água no solo (TRIGO & CAP, 2006).

2.4 A Abrangência e a Importância dos Impactos Observados

O objetivo desta seção é mostrar que o uso da transgenia na agricultura, mesmo que concentrado em poucos atributos e em poucos cultivos, tem uma grande importância para agricultura mundial. Primeiro porque o controle de pragas é um componente fundamental para enfrentar o maior desafio da agricultura mundial que é aumentar a produção de alimentos. Segundo porque os cultivos predominantes, como milho e soja, são cultivos estratégicos para atender a demanda de alimentos no futuro, dado que eles estão na base da cadeia produtiva de carnes, que é um dos alimentos que mais sofrerão a pressão da demanda nos próximos 40 anos segundo estimativas da FAO (2009). E o terceiro ponto, é que a difusão dos cultivos GM tem abrangência geográfica. Apesar da área com cultivos GM estar concentrada em poucos países, até 2008 eles tinham sido plantados em 30 países.

Nos 12 anos de experiência mundial com aplicações da engenharia genética na agricultura, predominaram os atributos que estão relacionados com a proteção das lavouras contra pragas, patógenos e ervas-daninhas. Quase 100% da área mundial com cultivos GM é ocupada com cultivos tolerantes a herbicidas (68%), resistentes a insetos (18%), tolerantes a herbicidas e resistentes a insetos ao mesmo tempo (12%) e resistência vírus (1%). Assim, uma primeira questão é até que ponto cultivos com estes atributos são realmente relevantes frente aos desafios da agricultura mundial.

Os ataques de pragas e de patógenos e as infestações de ervas daninhas constituem, ao lado dos fatores climáticos, os principais causadores de perdas da produção agrícola. E o mais preocupante é que a incidência destes ataques e de infestações tem aumentado nos últimos anos, a despeito do crescimento da quantidade usada de pesticidas. Portanto, o

desenvolvimento de tecnologias de defesa das lavouras contra os estresses bióticos é uma condição necessária para a superação dos desafios atuais. Segundo CONWAY (2003), “pragas, patógenos e ervas daninhas são as ameaças mais visíveis à produção sustentável de alimentos”.

Os ataques de insetos a lavouras representam um sério problema para a agricultura mundial. Os insetos estão entre as principais causas de redução de rendimento e da qualidade dos cultivos. Eles não causam danos apenas na lavoura, mas também durante o período de estocagem. Calcula-se que por ano 25% da produção mundial de alimentos é perdida por causa dos ataques de insetos. Estes dados são apenas para mostrar a importância econômica dos cultivos resistentes a insetos.

O ataque de pragas à agricultura é um dos principais obstáculos ao crescimento da produtividade da produção de alimentos. Estudos de comparação entre o rendimento potencial e o observado demonstram que muitos cultivos alcançam no máximo 20% do potencial genético de rendimento. As pragas não são as únicas causas de perdas, pois em algumas regiões existem perdas causadas por estresses abióticos, como secas e salinização, mas os estresses bióticos, causados por insetos, patógenos e ervas daninhas, são as principais causas de perdas. Calcula-se que estes sejam responsáveis por 30 a 40% de perda na produção anual de alimentos. E segundo a FAO, as perdas causadas por estresses bióticos são mais severas nos países em desenvolvimento (22% da produção de cereais) do que nos países desenvolvidos (6% da produção de cereais). Segundo PALIWAL (2001), o milho, por exemplo, é atacado por um grande número de patógenos que causam perdas significativas e nos trópicos são 130 doenças diferentes que atacam a produção de milho, comparadas com as 85 que ocorrem nas regiões de climas temperados.

Dependendo do tipo de cultura e da região, as perdas causadas por eles podem ultrapassar a 50% da produção. Como mostra a Tabela 11, no início dos anos 90, a produção agrícola mundial poderia ter sido 40% maior se não fossem as perdas causadas por patógenos, insetos e por ervas daninhas. E as regiões mais pobres e de agricultura mais frágil, como África, América Latina e Ásia foram as que mais sofreram perdas. As perdas também dependem do tipo de cultivos, como mostra a Tabela 12. O arroz, cereal básico na alimentação de quase 50% da humanidade, foi o que cultivado que mais apresentou perdas, pois se não fossem as pragas a produção teria sido 100% maior.

Tabela 11. Perdas causadas por pestes em 1988-90, por Regiões

Região	Produção Realizada (US\$ Bi)	Perdas Devido a (US\$ Bi)				Produção Potencial (US\$ Bi)
		Patógenos	Insetos	Ervas Daninhas	Total	
Africa	13,3	4,1	4,4	4,3	12,8	26,1
América do Norte	50,5	7,1	7,5	8,4	22,9	73,4
América Latina	30,7	7,1	7,6	7	21,7	52,4
Ásia	162,9	43,8	57,6	43,8	145,2	308,1
Europa	42,6	5,8	6,1	4,9	16,8	59,4
Região da Ex-URSS	31,9	8,2	7	7	22,1	54
Oceania	3,3	0,8	0,6	0,5	1,9	5,2

Fonte: YUDELMAN, RATTÀ E NYGAARD, 1998.

Tabela 12. Perdas causadas por pestes em 1988-90: por Cultivos

Cultivo	Produção Realizada (US\$ Bi)	Perdas Devido a (US\$ Bi)				Produção Potencial (US\$ Bi)
		Patógeno	Insetos	Ervas Daninhas	Total	
Arroz	106,4	33	45,4	34,2	112,5	218,9
Trigo	64,6	14	10,5	14	38,5	103,1
Cevada	13,7	1,9	1,7	2	5,7	19,4
Milho	44	7,8	10,4	9,3	27,4	71,4
Batata	35,1	9,8	9,6	5,3	24,8	59,9
Soja	24,2	3,2	3,7	4,7	11,6	35,8
Algodão	25,7	4,3	6,3	4,9	15,5	41,2
Café	11,4	2,8	2,8	2	7,6	19

Fonte: YUDELMAN, RATTÀ E NYGAARD, 1998.

A mais de meio século que o método mais comum de se combater doenças e pragas é a pulverização das lavouras com pesticidas, tais como inseticidas, fungicidas e herbicidas. O uso de substâncias químicas para o controle de pragas, que além das sérias conseqüências sociais e ambientais, podem provocar o surgimento de pragas resistentes, o que cria uma necessidade de descobertas constantes de novas substâncias químicas, sempre na busca de superar a resistência desenvolvida pelas pragas. Um grande problema para agricultura mundial é que na indústria química houve uma redução significativa na taxa de aproveitamento de substâncias testadas para cada ingrediente ativo colocado no mercado. Enquanto nos anos 60 para cada produto lançado no mercado eram testadas 3.000 substâncias, nos final dos anos 90 para cada produto eram testadas em média 200.000 substâncias (STETTER, 1993; ASSOULINE et al, 2001).

Portanto, num contexto em que o controle de ervas daninhas, de insetos e de doenças continua representando um grande problema para a produção agrícola mundial, especialmente nos países em desenvolvimento, e em que as tecnologias utilizadas para realizar este controle mostram claros sinais de esgotamento, os cultivos GM desenvolvidos para resolver este problema tem uma grande relevância para agricultura mundial.

Uma vez mostrado que o controle de pragas é um grande problema da agricultura mundial e que, portanto, o desenvolvimento de tecnologias para este fim é de grande relevância, a segunda questão é se os cultivos em que a tolerância a herbicidas e resistência a insetos estão sendo utilizados tem relevância dentro do quadro de desafios que deverão ser enfrentados nas próximas décadas.

Com relação aos cultivos predominantes na produção mundial de cultivos GM, qual a importância deles na produção agrícola mundial? Como mostra a Tabela 13, soja, milho e algodão estão entre os principais cultivos mundiais, tanto em termos da quantidade produzida quanto em área colhida. Em 2007, a soja foi o 4º produto em área e o 9º em produção; o milho foi o 2º em produção e em área; e ao algodão, foi o 8º em área. Os três juntos representam 23% da área colhida e 15% da produção agrícola mundial.

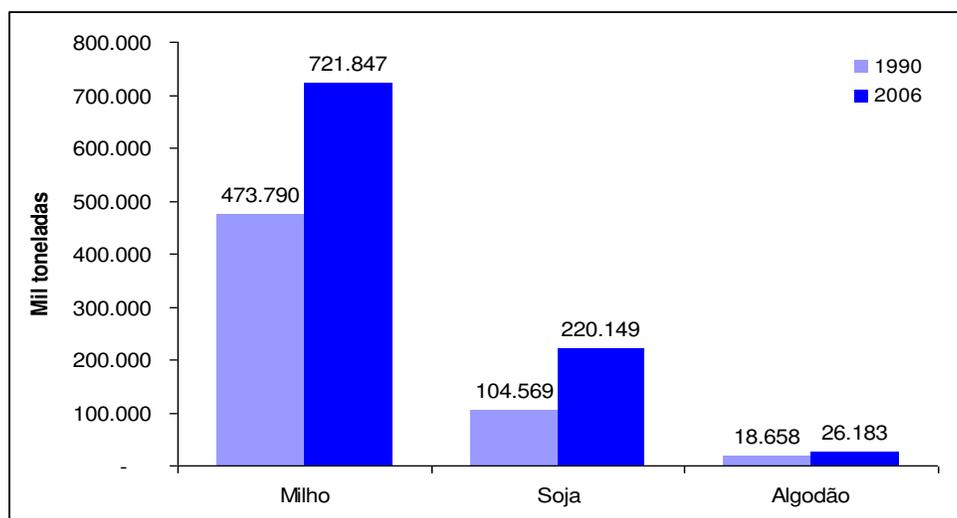
Como mostra a Figura 8, o crescimento do consumo mundial destes três cultivos foi bastante elevado. No caso do milho, a demanda aumentou de 473 milhões de toneladas em 1990 para 721 milhões de toneladas em 2006. No mesmo período, as taxas de crescimento anual do consumo mundial de milho, soja e algodão foram, respectivamente, 4,75%, 2,46% e 1,9%.

Tabela 13. Principais Cultivos em 2007: por Área Colhida e Quantidade Produzida

Área Colhida				Quantidade Produzida			
Posição	Cultivo	Área em hectares	Participação na área total	Posição	Cultivos	Produção em kg	Participação na produção total
1º	Trigo	217.432.668	17,31%	1º	Cana de açúcar	1.557.664.978	22,01%
2º	Milho	157.874.343	12,57%	2º	Milho	784.786.580	11,09%
3º	Arroz	156.952.666	12,50%	3º	Arroz	651.742.616	9,21%
4º	Soja	94.899.216	7,56%	4º	Trigo	607.045.683	8,58%
5º	Cevada	56.608.527	4,51%	5º	Batata	321.736.483	4,55%
6º	Sorgo	43.794.688	3,49%	6º	Beterraba	247.878.893	3,50%
7º	Millet	35.835.917	2,85%	7º	Vegetais Frescos	240.844.180	3,40%
8º	Algodão Caroço	33.814.756	2,69%	8º	Cassava	228.138.068	3,22%
9º	Canola	30.234.863	2,41%	9º	Soja	216.144.262	3,05%
10º	Feijão	26.918.076	2,14%	10º	Oil palm fruit	192.490.298	2,72%
11º	Amendoim	23.388.621	1,86%	11º	Cevada	136.209.179	1,92%
12º	Girassol	22.002.657	1,75%	12º	Batata Doce	126.299.661	1,78%
13º	Cana de Açúcar	21.976.832	1,75%	13º	Tomate	126.246.708	1,78%
14º	Batata	19.327.261	1,54%	14º	Melancia	93.173.368	1,32%
15º	Cassava	18.664.658	1,49%	15º	Bananas	81.263.358	1,15%
Sub-Total 15+		959.725.749	76,43%	Sub-Total 15+		5.611.664.315	79,28%
Área Colhida Total		1.255.773.203	100,00%	Produção Total		7.078.243.025	100,00%

Fonte: Elaborado a partir de FAOSTAT, 2007.

Figura 8. Crescimento do consumo mundial de soja, milho e algodão: 1990 a 2006



Fonte: elaborado a partir de USDA, 2007.

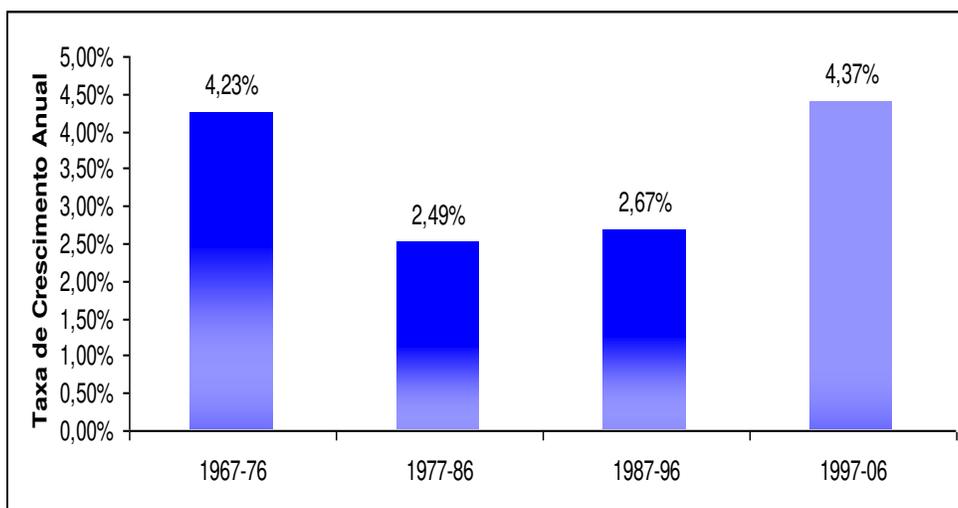
A soja é um dos principais produtos no mercado mundial de commodities agrícolas. Ela se destaca com uma das principais fontes de proteína na dieta mundial. Entre 1965 e

1995, o consumo diário médio *per capita* de proteínas no mundo aumentou 14%. No mesmo período, o consumo de proteínas derivadas da soja aumentou mais de 100%. No mesmo período a quantidade de calorias ingeridas derivadas do óleo de soja triplicou. No início de 2000, o óleo de soja tinha a maior participação no consumo mundial de óleos vegetais (OZEKI ET AL, 2001).

A produção de soja nos últimos 40 anos acompanhou o crescimento da demanda. A produção mundial de soja aumentou de 31 milhões de toneladas em 1965 para 209,5 milhões de toneladas em 2005 (FAO, 2007). A Figura 9 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra as taxas anuais de crescimento da produção mundial de soja em períodos selecionados. Observa-se o período 1977 a 1996 houve uma queda no ritmo do crescimento da produção e este voltou a aumentar a partir de 1997. As maiores taxas de crescimento da produção foram observadas no período de 1997 a 2006, período em que estava ocorrendo a difusão da soja GM.

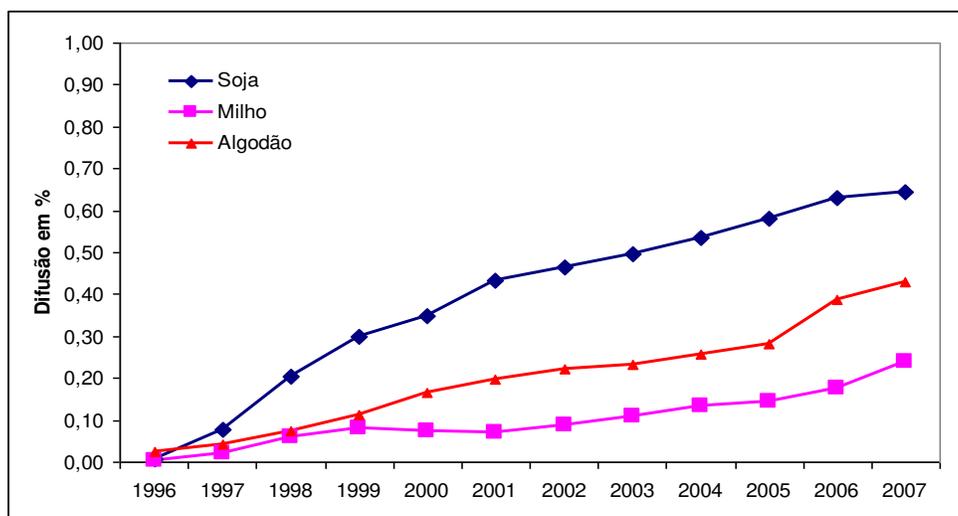
Apesar do milho e do algodão serem os cultivos com as maiores quantidades de eventos aprovados, a soja tolerante a herbicidas é o cultivo com maior participação na área mundial com cultivos GM e também o cultivo que apresenta a maior taxa de adoção. A taxa de adoção é relação entre área do cultivo GM e a sua área cultivada total. Em 2007, 64% da área mundial de plantio de soja foi cultivada com soja GM. O milho, que é segundo cultivo GM em termos de tamanho da área, ainda tem uma taxa de adoção baixa, pois somente 24% da área total eram cultivados com milho GM. A soja, como mostra a Figura 10, apresentou uma taxa de difusão (a taxa de crescimento da taxa de adoção) maior do que os demais cultivos.

Figura 9. Taxa anual de crescimento da produção mundial de soja em períodos selecionados



Fonte: FAOSTAT, 2007.

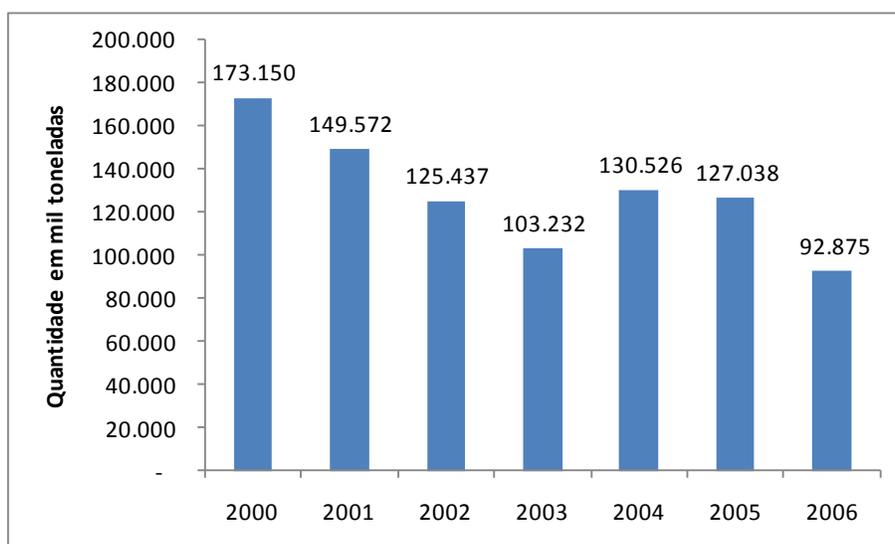
Figura 10. Taxa de difusão de variedades GM na produção de soja, milho e algodão: 1996 a 2007



Fonte: Elaborado a partir de James (vários anos).

O milho também é um cultivo de grande importância na produção mundial de alimentos, porque ele constitui uma das principais matérias-primas na produção de ração animal. Na última década o mercado mundial de milho se caracterizou por taxas de crescimento do consumo maiores do que as taxas de crescimento da produção. Isto refletiu, como mostra a Figura 11, na redução do estoque mundial de milho entre 2000 e 2006.

Figura 11. Estoque mundial de milho entre 2000 e 2006 (em mil toneladas)



Fonte: USDA, 2007.

O crescimento da demanda por milho nos Estados Unidos e na China foi a principal causa da expansão do consumo mundial. Estes dois países foram responsáveis por mais da metade do aumento do consumo de milho entre 1990 e 2006. Nos dois o crescimento do consumo foi causado pelo aumento da produção de ração animal. A demanda de milho destinada à alimentação animal responde atualmente por cerca de 68% de todo o milho consumido no mundo. No caso dos Estados Unidos, contribuiu também para o aumento do consumo a produção de biocombustível a partir do milho. A quantidade anual de milho destinada para a produção de etanol cresceu de 10 milhões de toneladas em 1990 para 35 milhões de toneladas em 2005, o equivalente à 16% do consumo interno (NCGA, 2007).

Na China, o aumento foi muito dependente da produção de ração. A partir da segunda metade dos anos 90, houve um aumento significativo no tamanho do rebanho bovino neste país, sobretudo o rebanho leiteiro. Entre 1990 e 2005, o rebanho bovino leiteiro aumentou de 1,29 milhão de cabeças para 11 milhões de cabeças (USDA, 2007).

Portanto, tanto o milho quanto a soja são produtos de grande importância para a cadeia produtiva da carne. Considerando que o consumo mundial de carnes tende a crescer em vários países em desenvolvimento¹⁵ por causa da expansão da renda e da urbanização, estes dois produtos terão um papel crucial na oferta de alimentos nos próximas décadas.

¹⁵ Nos países em desenvolvimento a elasticidade-renda da carne tende a ser duas vezes maior do que nos países desenvolvidos (USDA, 2008), o que significa que o crescimento da renda nestes países terá um grande impacto na demanda mundial.

Além de se constituírem a base da cadeia produtiva da carne, estes dois cultivos também podem ser utilizados para a produção de energia.

O algodão é o principal cultivo dentre aqueles que não são utilizados para a produção de alimentos tanto do ponto de vista da área cultivada quanto do valor econômico que ele gera. As sementes e as fibras de algodão são utilizadas como matérias-primas na produção de diversos produtos industriais, tais como cosméticos, embalagens, plásticos, fios sintéticos e tecidos. A produção de algodão é fonte de renda para grande parte da população agrícola em diversos países em desenvolvimento, como China, Índia e Paquistão (FAO, 2008).

Finalmente, a Tabela 14 mostra a abrangência geográfica dos cultivos GM. A área mundial com cultivos GM aumentou de 2,8 milhões de hectares em 1996 para 125 milhões de hectares em 2008 e no mesmo período o número de países aumentou de 6 para 30. A difusão dos cultivos GM está ocorrendo tanto em países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. Entre 1996 e 2008, a taxa de crescimento anual das áreas com cultivos GM foi de 39% nos países desenvolvidos e de 38% nos países em desenvolvimento.

Tabela 14. Área global com cultivos GM entre 1996 e 2008: por países

Países	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
África do Sul	0	0	<0.1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,4	1,8	1,8
Alemanha	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Argentina	0,1	1,4	4,3	6,7	10	11,8	13,5	13,9	16,2	17,1	18	19,1	21
Austrália	<0.1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2
Bolívia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
Brasil	0	0	0	0	0	0	0	3	5	9,4	11,5	15	15,8
Bulgária	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0
Burkina Faso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1
Canadá	0,1	1,3	2,8	4	3	3,2	3,5	4,4	5,4	5,8	6,1	7	7,6
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1
China	1,1	1,8	1,792	0,3	0,5	1,5	2,1	2,8	3,7	3,3	3,5	3,8	3,8
Colômbia	0	0	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Egito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1
Eslováquia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1
Espanha	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0,05	0,1	0,1	0,1	0,1
Estados Unidos	1,5	8,1	20,5	28,7	30,3	35,7	39	42,8	47,6	49,8	54,6	57,7	62,5
Filipinas	0	0	0	0	0	0	0	<0.1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
França	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	0
Honduras	0	0	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Índia	0	0	0	0	0	0	<0.1	0,1	0,5	1,3	3,8	6,2	7,6
Indonésia	0	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	0	0	0	0	0
Irã	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	0	0
México	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Paraguai	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,8	2	2,6	2,7
Polónia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1
Portugal	0	0	0	<0.1	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Rep. Tcheca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Romênia	0	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Ucrânia	0	0	0	<0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uruguai	0	0	0	0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7
Total	2,8	12,7	29,5	39,9	44,2	52,6	58,5	67,5	80,9	90	102	114,3	124,9

Fonte: James (vários anos).

2.5 Os Cultivos Geneticamente Modificados: uma nova Revolução Agrícola?

Do ponto de vista científico e tecnológico a engenharia genética aumenta as possibilidades de melhoramento de plantas. O desenvolvimento de variedades vegetais melhoradas foi fundamental para a superação dos desafios do século passado e será ainda mais no próximo século, dado que os desafios são muito maiores, porque a produção deverá

crescer a taxas maiores do que cresceu nas últimas décadas e com o agravante de que os recursos naturais estão ficando mais escassos.

Para enfrentar os desafios do futuro, o melhoramento de plantas deve buscar não somente aumentar a produtividade, mas também contribuir para o desenvolvimento de práticas produtivas mais sustentáveis. Ou seja, para enfrentar os desafios dos próximos anos, a agricultura deverá ser mais produtiva e ao mesmo tempo mais sustentável. Enquanto a revolução verde focou somente no crescimento da produtividade, agora para enfrentar os desafios do século XXI será necessário uma “revolução duplamente verde”, que continue buscando novas tecnologias para o crescimento da produtividade, mas sem negligenciar a sustentabilidade social e ambiental.

A engenharia genética, uma ferramenta que amplia as possibilidades de se fazer melhoramento de plantas, pode dar origem a uma “dupla revolução verde”? Os estudos de impactos mostraram até o momento que os cultivos GM estão apresentando resultados que atendem as necessidades de uma dupla revolução verde:

- Maior eficiência técnica, uma vez que houve redução da quantidade física de insumos para a mesma quantidade produzida.
- Maior eficiência econômica, porque houve uma redução do custo de produção.
- Economia de recursos naturais, porque houve redução das perdas causadas por pragas, permitindo uma maior produção com a mesma quantidade de terra.
- Os ganhos estão de distribuindo de forma a beneficiar todos os agentes da cadeia produtiva, incluindo os agricultores e os consumidores.
- Melhores condições de trabalho e maior nível de renda para os agricultores pobres.
- Bons resultados ambientais, uma vez que houve redução do uso de pesticidas, redução da emissão de CO₂ e incentivos a adoção de práticas mais amigáveis ao meio ambiente, como o plantio direto.
- Apresenta abrangência geográfica, pois apesar da concentração em alguns países, os cultivos GM estão sendo produzidos em 30 países, incluindo os maiores produtores e exportadores de alimentos e muitos países em desenvolvimento.

Mas os impactos apresentados acima são suficientes para que os cultivos GM se tornem uma nova revolução agrícola? A despeito da rápida difusão e dos benefícios apresentados, não há consenso entre os especialistas sobre o verdadeiro significado dos cultivos GM para a agricultura mundial.

Segundo WU&BUTZ (2004), uma tecnologia dá origem a uma “revolução agrícola” quando oferece soluções técnicas e melhoram as práticas de produção e ao mesmo tempo cria condições para a construção de um consenso entre os diversos *stakeholders* que participam, direta e indiretamente, do seu desenvolvimento. Os autores apresentam quatro condições para que as tecnologias possam resultar em revolução agrícola¹⁶:

- 1) Os agricultores precisam de incentivos para usá-las, ou seja, eles precisam perceber os benefícios líquidos no uso das novas tecnologias.
- 2) Eles precisam melhorar as práticas de produção, como a redução no uso de outros insumos, principalmente o de recursos naturais, e melhorar também a qualidade dos alimentos.
- 3) Além dos agricultores, outros grupos de *stakeholders* e, principalmente os consumidores, também precisam perceber os benefícios das novas tecnologias e aceitar os seus produtos.
- 4) É necessário haver cooperação entre os *stakeholders* que desenvolvem, os que regulam e os que usam as tecnologias.

Tanto os dados de difusão quanto os de impactos mostram que os cultivos GM estão apresentando as duas primeiras condições. Primeiro, a rápida difusão reflete o grande aceitação das sementes GM entre os agricultores, que podem estar associados aos benefícios líquidos. Segundo, os tipos de impactos observados indicam para uma melhora nas práticas de produção.

O grande desafio dos cultivos GM está nas outras condições, porque até agora a tanto a percepção dos benefícios quanto a dos riscos está sendo desigual entre os *stakeholders* e esta “assimetria de percepção” impede a cooperação entre eles. A despeito dos desafios da agricultura mundial e dos benefícios resultantes do uso de variedades de

¹⁶ Revolução agrícola no sentido de abrangência dos impactos positivos da tecnologia. Uma revolução agrícola para responder aos desafios atuais da agricultura precisa abranger vários tipos de cultivos (cereais, frutas, oleaginosos, açucareiros e energéticos, fibras e etc), responder as diversas necessidades da agricultura (aumento do rendimento, mais resistência aos estresses naturais, mais economia de recursos naturais e maior qualidade para os alimentos) e ser acessível para o maior número de agricultores possível, principalmente aos mais pobres dos países em desenvolvimento, que são os países mais vulneráveis em termos de segurança alimentar.

cultivos GM, o uso da engenharia genética na agricultura tem sido acompanhado por muitas controvérsias.

As diferentes percepções dos benefícios e dos riscos dos cultivos GM têm gerado três focos de controvérsias. O primeiro é entre os especialistas. O fato dos cultivos GM apresentarem impactos de diversas naturezas – agrônômicos, econômicos, sociais e ambientais – tem dificultado uma convergência entre os especialistas quanto aos seus benefícios e aos seus riscos para a sociedade.

O segundo foco de controvérsia é entre a opinião pública. Mesmo nos países com bastante produção de cultivos GM, como é caso dos Estados Unidos, parte da opinião pública vê com desconfiança o uso da engenharia genética para o desenvolvimento de plantas, principalmente aquelas que serão usadas diretamente na alimentação humana. Pesquisas de opinião realizadas nos Estados Unidos, mostram 45% dos entrevistados acreditavam que os cultivos GM eram seguros para o consumo, enquanto que 54% acreditavam que eles representavam uma ameaça (HALLMAN et AL, 2003). Na União Européia a desconfiança da opinião pública com relação aos cultivos GM é ainda maior do que nos Estados Unidos, como mostram os estudos de opinião realizados pela Comissão Européia (GASKEL et al, 2006).

Além da controvérsia entre os especialistas e entre a opinião pública, existe uma terceira que é um conflito entre governos sobre a regulação dos cultivos GM. O cenário atual é de polarização entre dois modos distintos de regular os cultivos GM. De um lado estão os Estados Unidos que vêm adotando políticas regulatórias menos restritivas, que conflitam com a posição, por exemplo, da União Européia, que adota políticas mais restritivas (PAARLBERG, 2001).

As três controvérsias envolvendo os cultivos GM – controvérsia entre os especialistas, entre a opinião pública e entre os governos – podem limitar o desenvolvimento futuro dos cultivos GM, reduzindo assim as possibilidades destes cultivos darem origem a uma nova “revolução agrícola”.

O objetivo dos próximos capítulos será o de analisar com mais detalhes estas controvérsias, bem como os seus determinantes e as suas conseqüências para a difusão dos cultivos GM.

3 Os Desafios da Engenharia Genética: A Atitude do Público

No capítulo anterior foi mostrado que de certa forma os cultivos GM estão apresentando algumas condições necessárias para que uma nova tecnologia se transforme em uma revolução agrícola. Os agricultores estão percebendo os seus benefícios líquidos e ao mesmo tempo está ocorrendo uma melhora nas práticas de produção, dado que o uso de sementes GM resulta na redução do consumo de outros insumos, como pesticidas e combustíveis. Além dos benefícios econômicos percebidos pelos agricultores, as mudanças nas práticas de produção estão sendo acompanhadas por benefícios sociais e ambientais, tais como a melhora nas condições de vida dos trabalhadores, a menor contaminação do meio ambiente com pesticidas e a redução de emissão de CO₂.

A questão é que a despeito dos benefícios econômicos propiciados para os agricultores e das externalidades positivas, tanto sobre a saúde dos trabalhadores quanto sobre o meio ambiente, os cultivos GM ainda não apresentam as demais condições, que são: o reconhecimento dos demais *stakeholders*, principalmente o consumidor, dos seus benefícios e a cooperação entre os *stakeholders* que desenvolvem e os que regulam a tecnologia.

A despeito dos desafios da agricultura mundial e dos benefícios resultantes do uso de variedades de plantas GMs, há estudos que mostram que uma grande parte do público em diversos países está rejeitando o uso da engenharia genética para o desenvolvimento de plantas. Em consequência da rejeição do público, diversos governos têm adotado políticas regulatórias muito restritivas a produção e a importação de cultivos GM.

O objetivo deste capítulo é mostrar como as especificidades das aplicações da engenharia genética na agricultura, ao contrário das aplicações em outras áreas, como as aplicações na indústria farmacêutica, têm impedido que o balanço social dos riscos/benefícios seja favorável à difusão dos cultivos GM, porque estas especificidades reduzem a percepção dos benefícios e aumentam a percepção dos riscos.

3.1 O Comportamento do Público com Relação aos Cultivos Geneticamente Modificados

Os estudos sobre o comportamento do público com relação à engenharia genética mostram que em diversos países há uma grande rejeição aos cultivos GM. Os estudos mostram ainda que a rejeição não é à engenharia genética em si, mas apenas as suas aplicações na agricultura, sobretudo na produção de alimentos, porque as suas aplicações na medicina humana, como a produção de insulinas e vacinas, é bem aceito pelo mesmo público que rejeita os cultivos GM.

O comportamento do público perante a engenharia genética e a biotecnologia moderna como um todo tem sido objeto de pesquisas desde o início dos anos 90. Desde então, diversas publicações, incluindo revistas especializadas em biotecnologia, relatórios de pesquisas e livros, tem se dedicado exclusivamente a comportamento do público, o que mostra a relevância do tema para os especialistas. Um exemplo desta preocupação foi a atitude da revista digital AgBioForum, publicada desde 1998, que dedicou o seu primeiro número ao tema “a aceitação do público à biotecnologia agrícola” (AGBIOFORUM, 2009).

Outras publicações importantes sobre os cultivos GM também se dedicaram a esta questão. Em 2004, o tema especial da publicação anual da FAO, o *The State of Food and Agriculture* (SOFA), foram os cultivos geneticamente modificados e os seus impactos sobre a agricultura. Nesta publicação um capítulo foi dedicado ao tema específico da “aceitação do público” (FAO, 2004). Outro exemplo é o *Commonwealth Agricultural Bureaux International* (CABI), uma organização sem fins lucrativos especializada na publicação científica, e que tem vários livros publicados na área de biotecnologia agrícola. Esta organização publicou em 2004 um livro, que apresentou 18 estudos sobre o comportamento dos consumidores com relação aos cultivos GM. Estas publicações são alguns exemplos da importância deste tema (EVENSON, 2004).

As razões para se dedicar tanta atenção a este tema são óbvias: sem aceitação do público dificilmente uma tecnologia poderá se viabilizar economicamente. A rejeição do público aos cultivos GM pode afetar a difusão dos cultivos GM por duas vias. A primeira é direta, através da sua ação enquanto consumidor. Sem a aceitação enquanto consumidor final a tecnologia não terá viabilidade econômica, principalmente se for levado em consideração que grande parte dos cultivos GM produzidos atualmente são resultados de

investimentos privados. A segunda via de influência é política. Enquanto cidadão, que vota e que se organiza em grupos de pressão política e de *lobbys*, o público pode influenciar as políticas governamentais. A agricultura é um setor que tradicionalmente sofre a influência de diversos tipos de políticas governamentais, tais como as políticas de crédito e de subsídios aos agricultores, políticas de direitos de propriedade sobre as sementes melhoradas, as políticas de controle de qualidade dos alimentos, as políticas ambientais e as políticas de incentivos a pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico. Se o público rejeita a tecnologia e ele pode influenciar os governos, as políticas poderão ser criadas para restringir o uso de cultivos GM.

Os estudos mostram que o comportamento do público com relação aos cultivos GM tem duas características. Primeiro, a rejeição aos cultivos GM está positivamente correlacionada com o nível de renda do país. Segundo, a rejeição aos cultivos GM tende a ser maior do que a rejeição às aplicações da engenharia genética em outros setores, como por exemplo, no setor farmacêutico.

A primeira característica, que é a influência do fator renda sobre o comportamento do público, foi constatada por um estudo realizado em 2001 pelo *EnviroNics International*. Este estudo entrevistou 35 mil pessoas de 34 países e segundo a FAO (2004), é o estudo com a maior cobertura geográfica realizado até agora, o que permitiu fazer comparações entre países com características muito distintas, tanto sócio-econômicas quanto culturais. Foi dada a seguinte afirmativa às pessoas que participaram deste estudo:

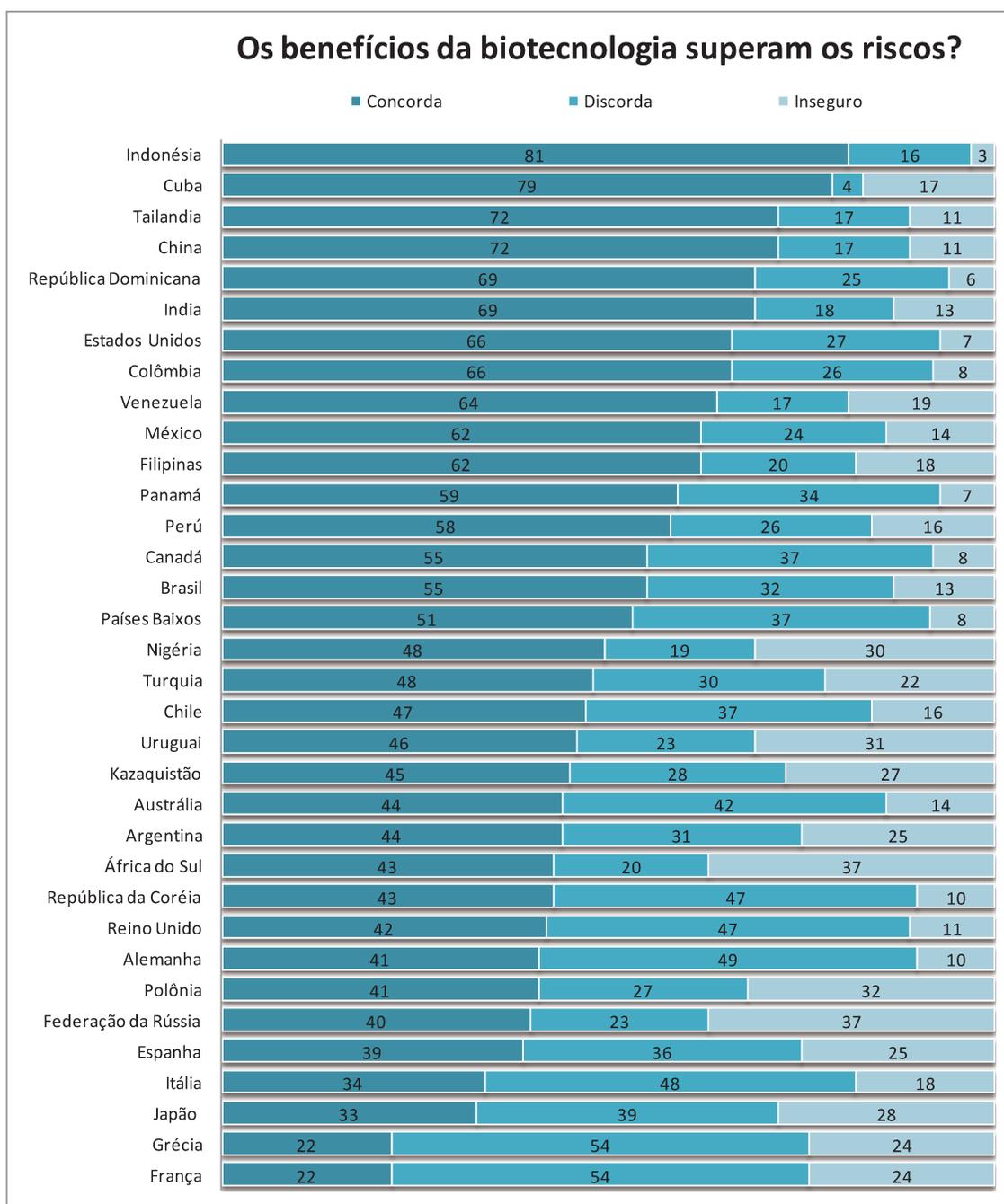
“Os benefícios de utilizar a biotecnologia, para criar cultivos alimentares geneticamente modificados que não requerem praguicidas e herbicidas químicos, são maiores do que os riscos”.

O grau de concordância/discordância a esta afirmativa foi muito diferente entre os 34 países, como mostra a Figura 12. A proporção de pessoas que concordaram que os benefícios superam os riscos na Indonésia, por exemplo, é quase quatro vezes maior do que na França.

Os países Asiáticos, com exceção do Japão, são os que apresentaram maior reconhecimento dos benefícios dos cultivos GM. A Europa foi a região que apresentou a maior porcentagem de pessoas que discordaram da afirmativa, ou seja, mais da metade das pessoas acreditavam que os benefícios dos cultivos GM não superavam os seus riscos.

Embora no estudo do *Enviroics International* a aceitação dos cultivos GM nos Estados Unidos seja alta em comparação com dos demais países ricos, outros estudos mais recentes tem mostrado que a rejeição aos cultivos GM nos Estados Unidos também está aumentando. Segundo HALLMAN et al (2003), 45% dos cidadãos norte-americanos percebiam os cultivos GM como seguros para o consumo, enquanto que 54% percebiam como ameaçadores para a ordem natural das coisas e 62% acreditavam que acidentes sérios poderiam acontecer com o uso de cultivos GM. Segundo estudo da *Pew Initiative*, cerca de dois terços dos consumidores dos Estados Unidos se opõem à importação de cultivos GM (PEW INITIATIVE, 2005).

Figura 12. Comparação Internacional da Posição do Público com Relação aos Cultivos GM

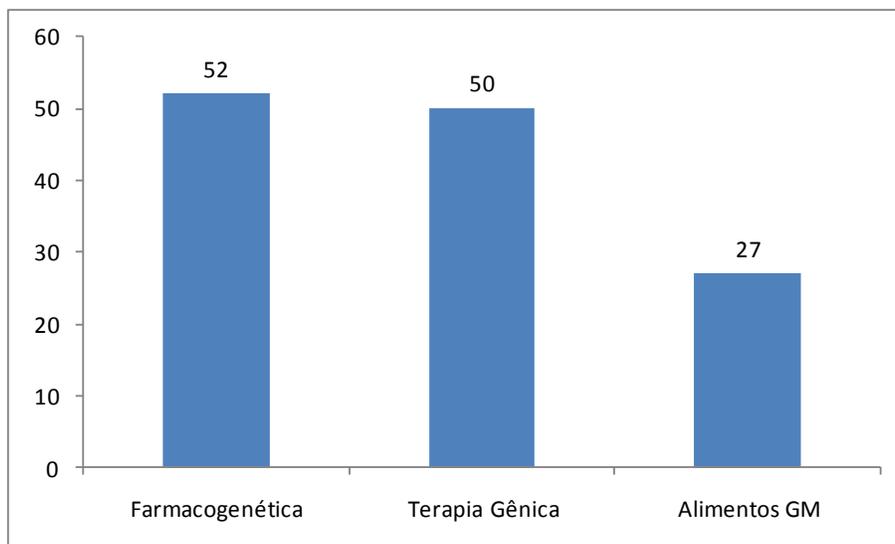


Fonte: FAO, 2004.

A segunda característica do comportamento do público, que é a diferença de aceitação entre as diferentes aplicações da engenharia genética, é bem documentada pelos estudos realizados nos países da União Europeia. Nestes países há uma rejeição dos cultivos GM e uma aceitação as outras aplicações da engenharia genética, principalmente aquelas usadas na produção de medicamentos.

As pesquisas de opinião do público na União Européia são realizadas pela divisão de opinião pública da Comissão Européia (Eurobarómetro). Estes estudos, apesar da cobertura geográfica menor, apresentam outros resultados interessantes. Primeiro, como as pesquisas são realizadas periodicamente, é possível analisar a evolução do comportamento do público. Entre 1991 e 2005¹⁷ foram realizados seis estudos de opinião sobre a biotecnologia e a engenharia genética. Segundo, como as pesquisas são mais detalhadas, é possível comparar o comportamento do público para as diversas aplicações da engenharia genética. Como mostra Figura 13, na União Européia o grau de apoio as aplicações da engenharia genética é quase o dobro do apoio aos alimentos GM.

Figura 13. Grau de apoio as diferentes aplicações da engenharia genética



Fonte: Eurobarómetro, 2006.

3.2 Causas da Oposição do Público aos Cultivos GM

As pesquisas de opinião pública em diversos países mostram que uma parte significativa do público, principalmente nos países desenvolvidos, tem restrições aos cultivos GM. Mesmo nos Estados Unidos, onde a produção de cultivos GM mais se avançou, tanto em termos da área plantada quanto a quantidade de variedades aprovadas para a comercialização, uma parte significativa da opinião pública vê os cultivos GM como ameaçadores. Segundo HALLMAN et al (2003), 54% dos entrevistados percebiam os

¹⁷ A Comissão Européia realizou estudos de opinião sobre biotecnologia e engenharia genética em 1991, 1993, 1996, 1999, 2002 e 2005.

cultivos GM como ameaçadores para a ordem natural das coisas e 62% acreditavam que acidentes muito sérios poderiam acontecer com eles e apenas 45% acreditavam que os cultivos GM eram seguros para o consumo.

Porque os cultivos GM estão enfrentando restrições por parte da opinião pública, a despeito dos benefícios e da ausência de evidências de que eles oferecem mais riscos do que os cultivos convencionais? No capítulo anterior foi mostrado que os cultivos GM apresentaram vários impactos positivos. Mesmo tendo sido desenvolvidos para resolver problemas específicos de controle de pragas, eles apresentaram impactos positivos sobre a qualidade dos alimentos, sobre a saúde dos trabalhadores e sobre o meio ambiente. Por outro lado, diversos estudos realizados para avaliar a segurança dos cultivos GMs concluíram que eles não oferecem mais riscos do que os cultivos convencionais. Tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, as autoridades científicas têm afirmado que não há evidências de que os cultivos GM aprovados pelos reguladores para a comercialização possam apresentar novos riscos para a saúde humana e para o meio ambiente. Como mostra Quadro 5, as academias de ciências da França, Alemanha e do Reino Unido, além da União Européia, Organização Mundial da Saúde e da OCDE, já se manifestaram publicamente para afirmarem que não há evidências de novos riscos associados com o uso de cultivos GM.

Quadro 5. Conclusões de Cientistas Europeus sobre os Riscos dos Cultivos Geneticamente Modificados

Ano	Instituição	Conclusões
1999	Britain's Nuffield Council on Bioethics	"We have not been able to find any evidence of harm. We are satisfied that all products currently on the market have been rigorously screened by the regulatory authorities, that they continue to be monitored, and that no evidence of harm has been detected."
2000	OECD (conferência com 400 especialistas)	"No peer-reviewed scientific article has yet appeared which reports adverse effects on human health as a consequence of eating GM food."
2001	União Europeia (Research Directorate General da UE)	"Research on GM plants and derived products so far developed and marketed, following usual risk assessment procedures, has not shown any new risks on human health or the environment..."
2002	French Academy of Sciences	"all the criticisms against GMOs can be set aside based for the most part on strictly scientific criteria."
2002	Organização Mundial da Saúde	"WHO is not aware of scientifically documented cases in which the consumption of these foods has negative human health effects. These foods may therefore be eaten."
2003	Royal Society (Reino Unido)	"We conducted a major review of the evidence about GM plants and human health last year, and we have not seen any evidence since then that changes our original conclusions. If credible evidence does exist that GM foods are more harmful to people than non-GM foods, we should like to know why it has not been made public."
2004	Union of The German Academies of Science and Humanities	"...according to present scientific knowledge it is most unlikely that the consumption of the well characterized transgenic DNA from approved GMO food harbours any recognizable health risk."

Fonte: Paarberg (2008).

Se os cultivos GM apresentam benefícios e não oferecem mais riscos do que os demais cultivos, como explicar a desconfiança do público? O fato de haver aplicações da engenharia genética que são bem aceitas pelo público, sugere que a rejeição não é a tecnologia em si, mas á algumas das suas aplicações. Portanto, a rejeição dos cultivos GM precisa ser explicada a partir de especificidades da agricultura e do setor de alimentos. Existem quatro fatores que ajudam a entender este aparente paradoxo, que é o de rejeitar o uso da engenharia genética na agricultura, apesar de aceita-lo em outras áreas: as especificidades do mercado de alimentos e as especificidades dos cultivos GM enquanto inovações tecnológicas.

3.2.1 As Especificidades do Mercado de Alimentos

Os cultivos GM é uma aplicação da engenharia genética na produção de produtos agrícolas, que na maioria dos casos serão usados, direta ou indiretamente, como alimentos pelo consumidor final.

O mercado de alimentos é reconhecidamente um mercado com um alto grau de complexidade. Primeiro, há diversos fatores que influenciam as decisões dos consumidores. É um mercado no qual a variável preço pode ter um peso pequeno nas decisões dos consumidores. Notadamente nos países com nível de renda elevado, os atributos de qualidade dos alimentos, incluindo a sua segurança para a saúde, têm um grande peso nas decisões dos consumidores.

A variável qualidade passou a ser incorporado nos modelos de demanda por alimentos no início do século XX e atualmente é consenso entre os economistas da importância desta variável para explicar a decisão do consumidor (WADMAN, 2000). O que se discute atualmente é o significado da variável qualidade. Qual atributo da qualidade deve ser incorporado nos modelos? Segundo ANTLE (1999), a variável qualidade pode representar um conjunto amplo de atributos de um produto dos quais os consumidores percebem utilidade, tais como conteúdo nutricional, a conveniência, o sabor e os atributos de segurança dos alimentos. Além desses, ela pode representar também diversos outros atributos relacionados com o processo de produção, incluindo os atributos ambientais e os processos e insumos que são utilizados para a produção (por exemplo, tipos de pesticidas, irrigação, tipos de sementes, etc).

Muitos autores classificam os atributos de qualidade em dois grupos: os atributos intrínsecos e os atributos extrínsecos. Os atributos extrínsecos são aqueles que normalmente são perceptíveis ao consumidor, tais como a aparência, a cor e o tamanho do produto. Já os intrínsecos não são perceptíveis, como a existência/ausência de resíduos químicos, o valor nutricional e o processo de produção. Os atributos intrínsecos possuem duas características importantes. Primeiro, a preocupação com eles tende a crescer na medida em que cresce a renda, o nível de escolaridade e o interesse sobre saúde e nutrição. Segundo, como eles não são perceptíveis ao consumidor, a sua percepção depende da confiança do público nas empresas e nas autoridades regulatórias (SPERS, 1993; SCHRODER, 2003; ISAAC, 2003).

De todos os atributos de qualidade, os mais sensíveis, pelo menos nos países de nível de renda elevado, são aqueles relacionados com a qualidade nutricional e sanitária dos alimentos. Segundo GRUNERT (2005), a segurança dos alimentos para a saúde humana tem se tornado um dos principais atributos da variável qualidade. O aumento da

preocupação com a segurança dos alimentos está associado com variáveis econômicas, como o crescimento da renda, variáveis demográficas, como o aumento da expectativa de vida, que levou a um aumento do interesse da população com questões ligadas a saúde e qualidade de vida. As preocupações com a qualidade de vida fez aumentar também o peso de outra dimensão da variável qualidade, que é a sustentabilidade ambiental das práticas de produção.

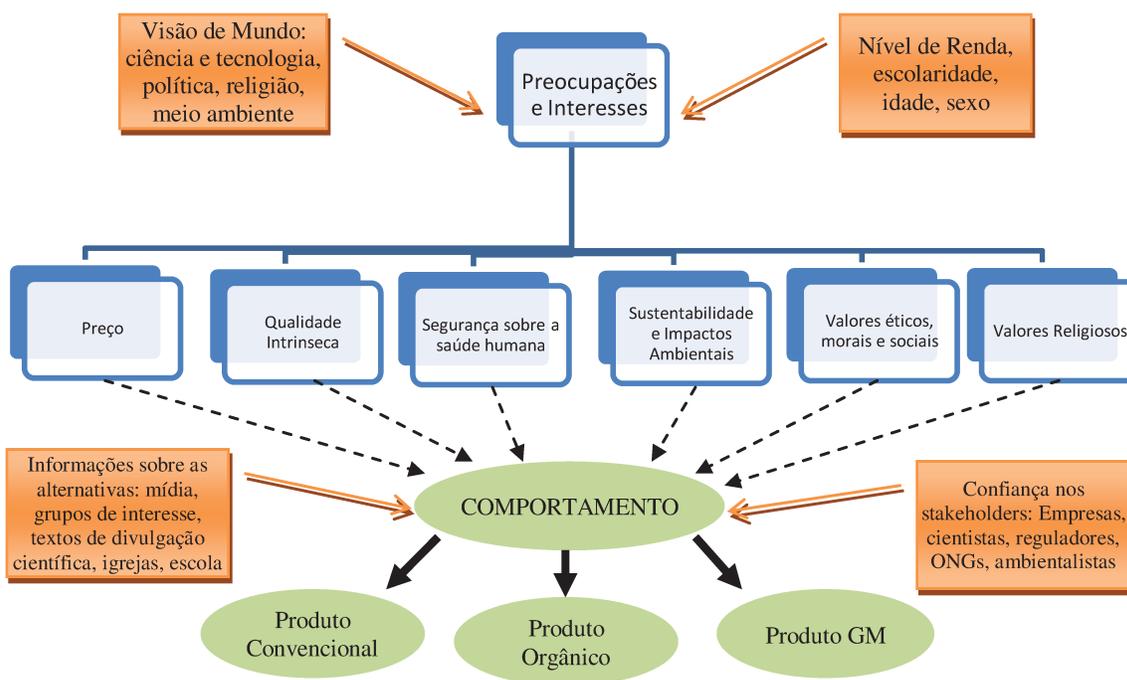
Finalmente, o quarto grupo de questões que podem influenciar o comportamento do público na escolha dos alimentos são as preocupações sociais, morais, éticas e religiosas. Estudos realizados nos Estados Unidos, Canadá e Europa mostram que a aceitação do consumidor de produtos da engenharia genética, especialmente dos cultivos GM, sofre grande influência de preocupações de aspectos morais e éticos da sua aplicação (EINSEIDEL, 2000; ISAAC, 2003). Segundo pesquisa realizada pelo *Environic International* sobre a percepção da biotecnologia em 15 países, cerca de 60% respondeu que “a modificação de genes de plantas ou animais é ética e moralmente inaceitável” (FAO, 2004). Com relação a religião, segundo pesquisa de opinião realizada pela União Européia em 1996, cerca de 40% das pessoas entrevistadas acreditava que as autoridades religiosas deveriam participar das discussões e das decisões políticas com relação a biotecnologia e 12% apontaram as organizações religiosas com as fontes mais confiáveis sobre biotecnologia (EUROPEAN COMMISSION, 1997).

A Figura 14 resume a complexidade do processo de formação da opinião e de determinação do comportamento indivíduo com relação aos alimentos. Primeiro, a sua visão de mundo, que inclui a sua posição com relação à ciência e tecnologia, à religião, ao meio ambiente e sua posição política (conservadora x liberal, esquerda x direita), e as suas características econômicas, sociais e demográficas, tais como o nível de renda, nível de escolaridade, idade e sexo, irá determinar quais as variáveis ele considerará importante para tomar as suas decisões. Uma vez que o indivíduo estabelece quais são as variáveis importantes e quais o peso de cada uma para a sua decisão, ele deverá julgar as alternativas disponíveis, ou compará-las segundo as variáveis que são relevantes. Por exemplo, se para um indivíduo a variável mais importante for o preço, então ele escolherá a alternativa que for mais barata. Se a variável mais importante for uma qualidade intrínseca, como o sabor,

ou peso ou a cor, ele escolherá a alternativa que melhora atenda as suas preferências com relação estas características.

O problema é quando o indivíduo valoriza algum atributo extrínseco de qualidade, como a segurança a saúde humana ou os impactos ambientais do processo produtivo. Neste caso, o seu julgamento depende de informações sobre o produto e da confiança nas instituições que produzem, que comercializam e que regulam o produto.

Figura 14. Fatores Determinantes da atitude do público com relação a alimentos



Fonte: Elaboração própria.

Assim, uma segunda especificidade do mercado de alimentos é a grande assimetria de informações que pode existir entre produtores e distribuidores e os consumidores finais, porque grande parte das variáveis que tem peso na decisão do consumidor final não pode ser verificada no ato da compra. Portanto, a decisão do consumidor é feita com base na confiança nos produtores e nos agentes reguladores e fiscalizadores.

Uma terceira especificidade do mercado de alimentos é então a grande presença do estado. O estado atua em diversas frentes, como os controles de preços, de estoques e de produção, os controles de qualidade nutricional e da segurança dos alimentos para a saúde e para o meio ambiente. Na medida em que aumenta o peso que o público dá para as

variáveis de qualidade, dada a assimetria de informações, aumenta a demanda social por mais regulação social. Ou seja, a primeira característica do mercado de alimentos, que é o grande peso de variáveis não econômicas, reforça a segunda característica, que é a assimetria de informações, que por sua vez, aumenta a demanda social pela regulação estatal.

Estudos empíricos recentes mostram que a variável preço seria a menos importante para o consumidor europeu, por exemplo. Como mostra Tabela 15, na União Européia pelo menos 20% dos entrevistados definitivamente não compraria alimentos GM mesmo que eles apresentassem melhor qualidade, menor preço ou fossem aprovados pelas autoridades competentes. O que explica esta rejeição incondicional por uma parte do público?

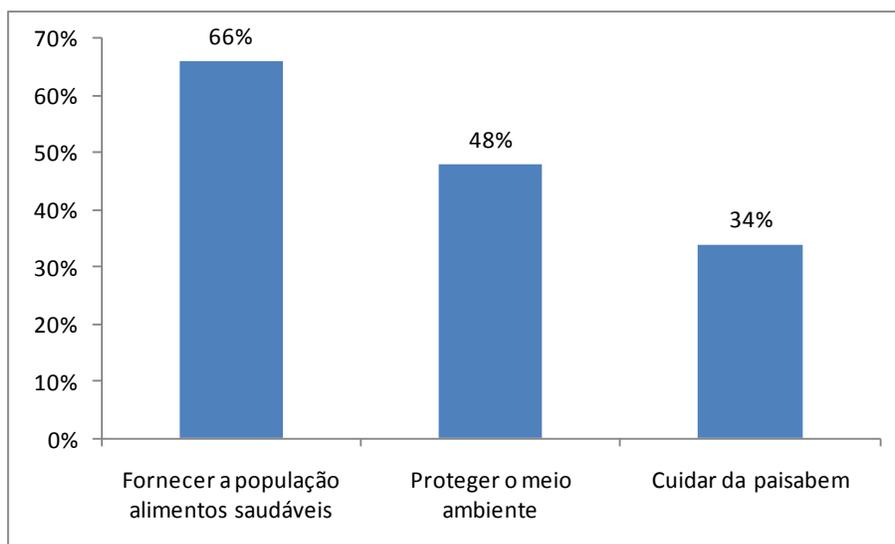
Tabela 15. Condições em que o consumidor europeu comprar cultivos GM

Compraria os alimentos GM se:	Definitivamente sim	Provavelmente sim	Provavelmente não	Definitivamente não	Não sei
Fossem mais saudáveis	23	33	17	21	7
Contivessem menos resíduos de pesticidas	18	33	19	22	8
Fossem mais amigável ao meio ambiente	16	33	21	22	8
Fossem aprovados pelas autoridades importantes	13	31	23	25	8
Fossem mais baratos	12	24	26	30	7

Fonte: European Commission, 2006.

Como mostra a Figura 15, nos países da União Européia, 66% dos entrevistados concordaram que a produção de alimentos mais saudáveis deve ser uma das responsabilidades dos agricultores e 48% concordaram que a proteção do meio ambiente também deve ser uma das responsabilidades dos agricultores. Segundo a EUROPEAN COMMISSION (2006), 88% dos entrevistados acham que a União Européia deveria usar as políticas agrícolas para “assegurar que os produtos agrícolas sejam saudáveis e seguros”. Os dados da Tabela 15 acima confirmam o grande peso destas duas variáveis para os consumidores. Observa-se que “alimentos mais saudáveis” e “alimentos com menos resíduos de pesticidas” foram os dois atributos que mais “quebrou” a resistência do público aos cultivos GM.

Figura 15. Quais as principais responsabilidades dos agricultores, segundo o público da União Européia



Fonte: EUROPEAN COMMISSION (2006).

O comportamento do público com relação aos cultivos GM deve ser entendido a partir destas características do mercado de alimentos. Os atributos de qualidade estão ganhando peso nas decisões dos consumidores e dentre estes atributos, a variável segurança dos alimentos é que mais está influenciando estas decisões. Se o peso da variável “segurança do alimento” está aumentando no julgamento do público, isto significa que está aumentando a assimetria de informações entre produtores e consumidores. A segurança do alimento é um atributo intrínseco de qualidade, que o público não pode avaliar e neste caso ele precisa confiar nos *stakeholders* responsáveis pela produção, comercialização e regulação deste produto. Estas duas questões – peso da variável segurança e confiança nas instituições – estão na raiz da rejeição dos cultivos GM por parte do público.

Dar muito peso para a segurança do alimento para a saúde humana e para o meio ambiente significa que o público está pouco propenso a aceitar tecnologias que possam oferecer riscos de danos sobre a saúde humana ou acidentes ecológicos. Isto significa que se determinada tecnologia for percebida como muito arriscada ela poderá ser rejeitada pelo público. A aceitação das novas tecnologias reflete as percepções dos riscos e dos benefícios destas tecnologias dentro do contexto social em que o julgamento e as escolhas estão sendo realizados (FREWER et al, 1998).

Assim, se os atributos de qualidade são as prioridades para os consumidores, significa que o grau de aceitação de um cultivo GM por estes consumidores tende a

umentar na medida em que eles percebam algum destes atributos presentes no novo cultivo ou alimento. Da mesma forma, como existe uma grande preocupação com a segurança dos alimentos, a aceitação dependerá também da percepção de riscos de um novo cultivo. Como existe assimetria de informações, dado que os consumidores não podem avaliar corretamente os riscos e os benefícios das tecnologias agrícolas, a confiança dos consumidores nas empresas que desenvolvem a tecnologia, nos agricultores que são os seus usuários e nos governos que regulam é uma variável fundamental para a aceitação do público.

3.2.2 A Percepção Social dos Riscos e dos Benefícios dos Cultivos GM

As preocupações excessivas com a segurança dos alimentos nos países mais ricos resultam em comportamentos de baixa tolerância aos riscos. Mas se os cientistas e os especialistas, incluindo os das empresas, das universidades, das agências reguladoras e dos organismos internacionais como a Organização Mundial da Saúde, insistem em afirmar que não há evidências de que os cultivos GM oferecem mais riscos do que os demais cultivos, como explicar a elevada percepção de riscos do público?

A percepção social de riscos reflete o julgamento feito por leigos. Diversos estudos têm apontado para três características da percepção social de riscos. A primeira é que a percepção de riscos dos leigos é diferente da percepção dos especialistas. Segundo, que existe uma correlação negativa entre percepção dos benefícios e percepção dos riscos. Quanto menor a percepção dos benefícios, maior tende a ser a percepção dos riscos. Terceiro, a percepção dos riscos está associada com a natureza dos riscos (SLOVIC, 1987; STARR, 1969).

Segundo SLOVIC (1987), a diferença entre os especialistas e o público leigo é que os primeiros julgam os riscos de determinada tecnologia ou atividade com base nas estatísticas de fatalidades ou de acidentes, enquanto que o julgamento do leigo não tem relação com as estatísticas. Isto significa que os leigos incorporam outras considerações nos seus julgamentos de riscos. Portanto a teoria dos riscos percebidos procura explicar porque as pessoas tem aversão extrema a alguns riscos, indiferença a outros e porque há discrepâncias entre estas reações e as recomendações dos especialistas. Significa, portanto, que o público pode recusar de forma vigorosa uma tecnologia, mesmo quando os espertos

asseguram que ela é segura. O contrário também pode ocorrer, ou seja, o público poderá se mostrar indiferente com relação aos riscos de determinada tecnologia ou produto, mesmo após os especialistas assegurarem dos seus riscos (SLOVIC, 1987; SLOVIC et al, 1981).

No caso específico da engenharia genética, SAVADORI et al (2004) comparou a percepção de riscos dos leigos com a dos especialistas para algumas aplicações da biotecnologia e para todas elas a percepção de riscos dos leigos foi maior do que a dos especialistas. O público julgou os riscos muito mais danosos do que os especialistas. O público continua percebendo muitos riscos no uso de cultivos GM mesmo após os especialistas afirmarem que não há evidências de que eles oferecem mais riscos do que as demais tecnologias agrícolas.

Se a percepção do público não está relacionada com a probabilidade de ocorrências de fatalidades, que variáveis explicam então a percepção de riscos do público leigo? Os estudos mostram que existem duas variáveis que estão associadas com a percepção de riscos do público. A primeira variável é o “potencial para o desastre”. Enquanto os especialistas olham para as estatísticas, o leigo olha para o potencial de desastre (SLOVIC, 1987; SLOVIC et al, 1981). A segunda variável são as características dos riscos. As reações individuais e sociais ao perigo dependem do grau em que os riscos das atividades ou das tecnologias são voluntários, controláveis, conhecidos pela ciência, conhecidos pelos que são expostos ao perigo, familiares, fatais, catastróficos, imediatamente manifestados e terríficos (SLOVIC, 1987).

Um estudo empírico realizado por SLOVIC (1987), entrevistando leigos e especialistas, para avaliar a percepção de riscos de diversas tecnologias e atividades, ele encontrou dois resultados importantes. Primeiro, a percepção dos especialistas para as tecnologias e as atividades selecionadas não tiveram relação com as características dos riscos apresentadas acima, enquanto que para os leigos, as características dos riscos explicavam quase 100% da percepção de riscos.

O segundo resultado é a forte correlação que existe entre as características dos riscos. A partir de uma análise fatorial, as características de riscos foram agrupadas em dois fatores, como mostra a Figura 16. O valor positivo para o primeiro fator significa que os riscos percebidos têm as seguintes características: são incontroláveis, terríficos, globalmente catastróficos, as consequências são fatais, não são equitativos, apresentam

riscos para as gerações futuras, não são facilmente reduzidos, são crescentes ao longo do tempo e são involuntários. O valor negativo significa o contrário, ou seja, que os riscos são controláveis, não terríficos e etc. Para o segundo fator, o valor positivo está associado com as seguintes características de riscos: riscos não observáveis, desconhecidos das pessoas que estão expostas, os efeitos não são imediatos, os riscos são novos e desconhecidos pela ciência. Os valores negativos estão associados com características inversas, ou seja, riscos observáveis, conhecidos das pessoas que são expostas, os riscos são imediatos, são velhos e conhecidos pela ciência.

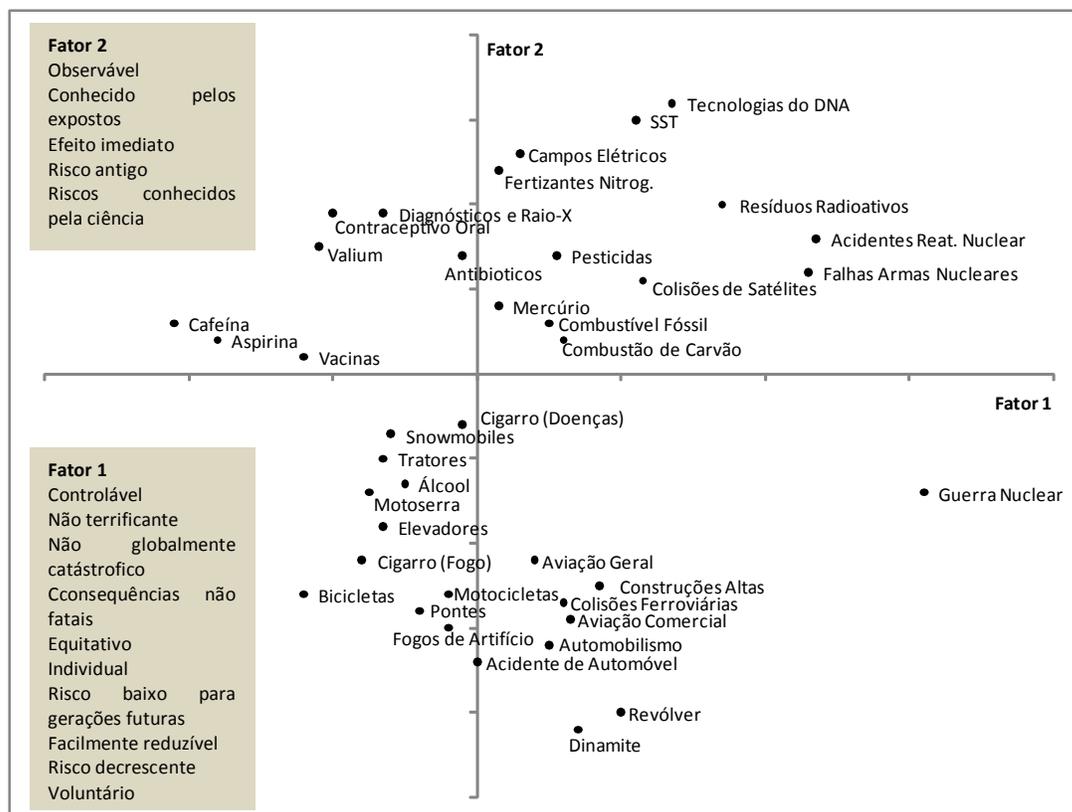
A Figura 16 apresenta a classificação de tecnologias e atividades de acordo com os dois fatores. No primeiro quadrante, onde os dois fatores têm valores positivos, estão as tecnologias que apresentaram mais percepção de riscos pelo público. As armas e reatores nucleares foram as que apresentaram o maior valor do fator 1. Com relação ao fator 2, a tecnologia que apresentou o maior valor foi a tecnologia de DNA. O fator 2 está muito associado com os riscos desconhecidos, portanto, as tecnologias de DNA, que incluem a engenharia genética, segundo a percepção dos leigos, foram caracterizadas como tecnologias que apresentam muitos riscos desconhecidos.

No quadrante 1 também estão outras tecnologias agrícolas, como os fertilizantes nitrogenados e os pesticidas. Por outro lado, as tecnologias e produtos da área da saúde humana, como diagnósticos de raio x, contraceptivos, antibióticos e vacinas estão no quadrante 4, onde os valores do fator 2 são positivos, mas os do fator 1 são negativos. Valores negativos para o fator 1 significa que o público não vê estes produtos ou tecnologias como capazes de provocar grandes catástrofes. Isto significa que o público terá uma percepção de risco menor para estes produtos. Esta diferença de percepção de riscos entre as tecnologias agrícolas e as aplicadas na saúde humana pode ajudar a entender porque as aplicações na agricultura têm uma rejeição maior do que na medicina humana.

No quadrante 3 estão as tecnologias, produtos e atividades que apresentam valores negativos para os dois fatores. Nele estão atividades como andar de bicicleta e de motocicleta, que apesar da grande incidência de acidentes, tem baixa percepção de riscos os mesmos são vistos como controláveis, voluntários, equitativos e conhecidos por aqueles que se expõem ao perigo.

Segundo SLOVIC (1987), a partir destas características é possível entender e prever a resposta do público as novas tecnologias. As tecnologias do primeiro quadrante tendem a apresentar uma elevada percepção de riscos por parte do público. Já para as tecnologias do terceiro quadrante se espera uma baixa percepção de riscos (SLOVIC, 1987; SLOVIC et al, 1981).

Figura 16. Classificação de atividades e tecnologias de acordo com as características dos riscos



Fonte: Adaptado de Slovic (1987).

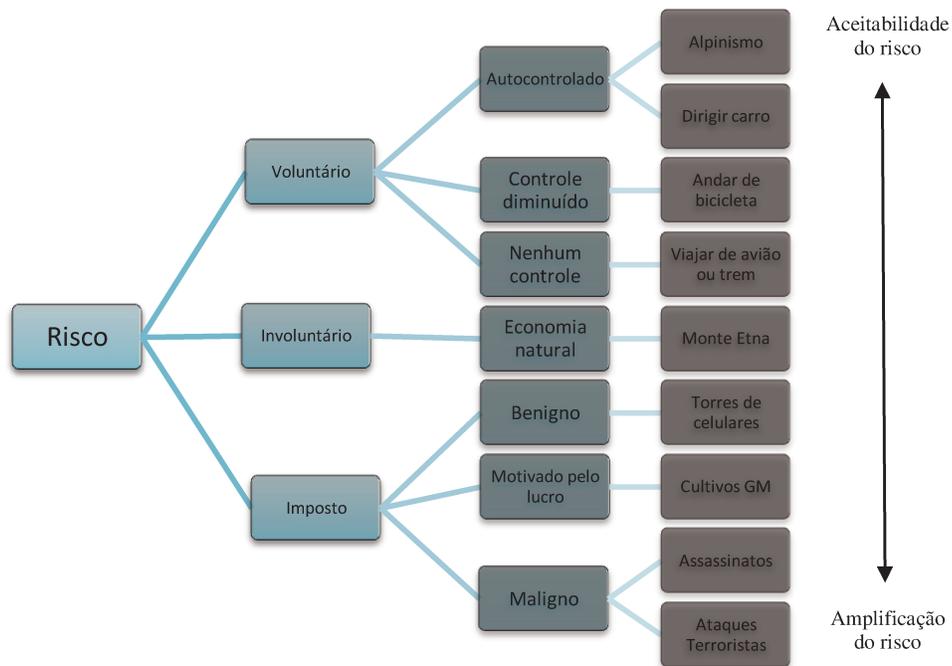
A percepção de riscos influencia diretamente a atitude do público com relação à determinada tecnologia. Uma elevada percepção do risco significa uma baixa aceitabilidade do mesmo. Segundo SLOVIC (1987), quanto maior a percepção dos riscos, maior a demanda do público que eles sejam reduzidos, controlados e regulados de forma restritiva.

Uma característica que influencia muito a aceitação de um risco é o quanto voluntário ele é para o indivíduo. Quanto mais voluntário, maior a aceitabilidade do risco. Por outro lado, os riscos impostos têm uma percepção maior por parte do público e são objetos de indignação social. A Figura 17 apresenta uma classificação de alguns tipos de

riscos de acordo com o grau de voluntariedade. Os riscos mais aceitos pelos indivíduos são os voluntários. Os riscos voluntários podem ser classificados de acordo com o grau de controle do indivíduo. Quanto maior o auto-controle maior tende a ser a aceitabilidade dos riscos. Os riscos impostos são os que mais amplificam a percepção social de riscos e também os que apresentam maior rejeição. Os riscos impostos podem ser classificados de acordo com a motivação de quem os estão impondo. Quanto há a percepção de que a imposição de um risco é por motivação puramente econômica, a rejeição a este risco tende a aumentar.

Esta distinção entre riscos voluntários e involuntários ajuda a entender a razão pela qual os riscos da engenharia genética na medicina são mais tolerados do que na agricultura. Usar um medicamento produzido a partir da engenharia genética é um ato voluntário, porque embora em muitos casos ele será recomendado por um especialista, a decisão final de assumir ou não o risco é do indivíduo. Já no caso da agricultura, a produção de cultivos GM em grande escala é vista como imposição de um risco ambiental ou de riscos para a saúde humana e animal. Além do mais, como os cultivos GM foram desenvolvidos por empresas privadas, muitas pessoas, incluindo especialistas e formadores de opinião, os vêem como uma imposição de empresas privadas por motivos puramente econômicos.

Figura 17. Riscos Voluntários, Riscos Involuntários e Riscos Impostos



Fonte: ADAMS (2009).

Mas existem outras razões pelas quais os medicamentos produzidos a partir da engenharia genética são mais aceitos do que os cultivos GM. Uma delas são os benefícios observados. Os estudos mostram que existe uma correlação negativa entre percepção dos benefícios e aceitação dos riscos. Quanto maior os benefícios percebidos, maior a aceitação da tecnologia (STARR, 1969; SLOVIC, 1987; ALHAKAMI & SLOVIC, 1994; ADAMS, 2009).

No estudo empírico realizado por ALHAKAMI & SLOVIC (1994), dentre 40 itens, incluindo atividades e tecnologias, em 38 itens foi encontrado uma correlação negativa entre percepção de riscos e percepção dos benefícios. Este estudo mostrou também que a correlação varia muito entre os diferentes itens e que as tecnologias agrícolas, como os herbicidas e os fertilizantes químicos, estavam dentre aquelas que apresentaram as correlações negativas mais fortes entre benefícios percebidos e riscos percebidos. No outro extremo, as tecnologias aplicadas à saúde humana, como antibióticos, cirurgias e terapias por radiação, apresentaram as correlações negativas mais fracas (ALHAKAMI & SLOVIC, 1994).

Os cultivos GM produzidos atualmente, assim como grande parte das tecnologias agrícolas, apresentam uma baixa percepção social dos seus benefícios. A inovação

tecnológica na agricultura nem sempre visa benefícios diretos para o consumidor final. Muitas tecnologias, como os pesticidas, os fertilizantes, as máquinas e as sementes melhoradas foram desenvolvidas para superar problemas agrônômicos, como a produtividade por hectare, o controle de pragas e a maior eficiência dos recursos produtivos. As tecnologias que melhoram as práticas agrícolas e aumentam a produtividade podem beneficiar os consumidores se 1) eles resultarem em redução do preço ao consumidor final e 2) melhorarem a qualidade final dos produtos. Mas existem dois problemas. Primeiro, como visto acima, a variável preço perde importância na decisão do consumidor na medida em que a sua renda aumenta. Segundo, a melhora na qualidade dos alimentos resultantes, por exemplo, de menos aplicações de inseticidas, não são percebidas pelo consumidor.

A baixa percepção dos benefícios dos alimentos GM pode ser atribuída às características dos cultivos GM que são produzidos atualmente. Estes cultivos, como a soja tolerante a herbicidas e o milho resistente a insetos, foram desenvolvidos para resolver problemas agrônômicos, como a maior eficiência do manejo de pragas. Do ponto de vista dos atributos extrínsecos de qualidade, estes cultivos não trazem nenhuma modificação que possa ser percebida pelos consumidores. Eles apresentam algumas modificações nos atributos intrínsecos de qualidades, mas que não podem ser percebidos diretamente pelos consumidores. Por exemplo, a soja tolerante a herbicidas reduz o uso de herbicidas com alto grau de toxicidade e isto tem um impacto positivo sobre o meio ambiente e sobre a saúde dos trabalhadores. A mesma coisa acontece com o milho resistente a insetos, que reduz o uso de inseticidas, com impactos positivos sobre o meio ambiente, a saúde do trabalhador e sobre a saúde do consumidor final, porque segundo algumas pesquisas, o milho Bt produz menos micotoxinas (GOMES-BARBERO, 2006). Mas todos estes benefícios são imperceptíveis ao consumidor final.

A percepção destes benefícios, dado que não são perceptíveis diretamente no produto final, somente poderia ocorrer através das informações fornecidas pelos *stakeholders* responsáveis pelo desenvolvimento, produção e uso da tecnologia. Daí a importância da variável confiança, porque ela é fundamental para a percepção dos benefícios para os casos onde há muita assimetria de informações e a tecnologia envolvida é complexa demais para a compreensão do público leigo. Os benefícios precisam ser

divulgados e o público precisa confiar nas instituições responsáveis pelas informações (ISAAC, 2003; PRIEST et al, 2003).

A informação sobre os atributos de um produto, incluindo os seus riscos, é uma variável fundamental para a escolha do consumidor. Os bens de consumo podem ser classificados, segundo a forma utilizada pelo consumidor para adquirir as informações relevantes para a tomada de decisão, em três categorias: os bens de busca (*research goods*), os bens de experiência (*experience goods*) e os bens credenciais (*credence goods*) (TIROLE, 1988).

A categoria dos bens de busca é constituída por aqueles bens para os quais os consumidores buscam as informações necessárias antes de tomar a decisão de compra. Neste caso, os atributos de qualidade são transferidos dos produtores para os consumidores. A segunda categoria, a dos bens de experiência, é constituída por aqueles bens que não permite a total identificação dos atributos de qualidade antes de realizar a compra. Nestes casos, os consumidores poderão experimentar todas as alternativas disponíveis antes de tomar uma decisão. Para esta categoria existem assimetrias de informações, ou seja, o processo de transferência de informações entre produtores e consumidores não é efetivo. Na terceira categoria de bens, a dos bens credenciais, estão os bens cujo os atributos de qualidade podem ser avaliados somente pelos especialistas. Ou seja, são bens para os quais o consumidor não tem como acessar nenhuma informação prévia e muito menos perceber a sua qualidade a partir da experiência. Resumindo, os primeiros tipos de bens se caracterizam pela transferência completa de informações entre produtores e consumidores, os segundos pela transferência parcial e os terceiros pela ausência de qualquer tipo de transferência. No último caso, a decisão do consumidor depende da confiança naqueles que desenvolvem, que produzem e que regulam os bens.

Segundo ISAAC & PHILLIPS (2001), os cultivos GM são típicos *credence goods*. Primeiro, porque a maioria dos consumidores não compreende as técnicas e os procedimentos científicos envolvidos no processo de modificação genética. Alguns estudos mostram que mesmo nos países desenvolvidos, onde o nível educacional é mais elevado, há uma grande ignorância por parte do público com relação os conceitos básicos da engenharia genética e biotecnologia. Segundo, a predominância das empresas privadas no processo de

desenvolvimento de novas aplicações da engenharia genética na agricultura faz com que muitas informações fiquem inacessíveis.

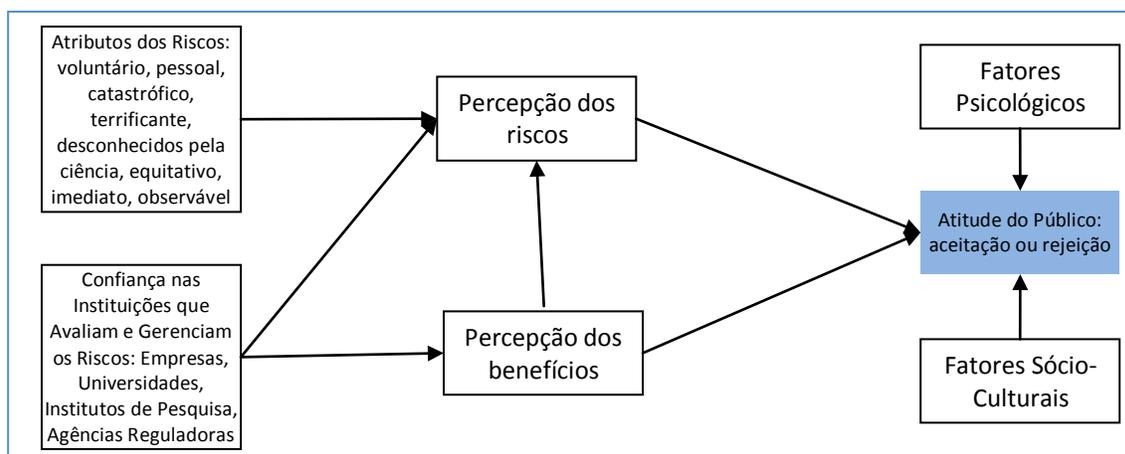
A dificuldade de acessar e processar as informações relevantes para a tomada de decisão aumenta a importância da confiança nas informações fornecidas pelas instituições envolvidas com o desenvolvimento da tecnologia, tanto para avaliar os benefícios quanto os riscos da tecnologia. Portanto é fundamental para o desenvolvimento da engenharia genética na agricultura a confiança do público nos *stakeholders* relevantes, principalmente nos *stakeholders* primários e nos governos.

Assim, além das características dos riscos percebidos e dos benefícios observados, existe uma terceira variável que ajudar a explicar o comportamento do público que é a confiança nas empresas, nos cientistas e nos governos. Segundo LUHMANN (2000), “um sistema – econômico, legal ou político – requer confiança como uma condição fundamental. Sem confiança não é possível estimular atividades de apoio em situações de incerteza e de riscos” (Apud. SIEGRIST & CVETKOVICH, 2000).

A Figura 18 sintetiza um modelo hipotético que ajudar a explicar a atitude do público perante as novas tecnologias. A atitude do público sobre influência direta da percepção dos riscos e dos benefícios. A percepção dos riscos depende dos atributos dos riscos, da confiança nas instituições e dos benefícios percebidos. A percepção dos benefícios, em situações de assimetria de informações e de racionalidade limitada, também depende da confiança nas instituições. Portanto, a confiança influencia os riscos percebidos de forma direta e indireta. Por fim, a atitude do público a partir dos benefícios e dos riscos percebidos dependerá também de fatores psicológicos individuais e coletivos, como uma maior ou menor aversão a riscos, e de fatores sócio-culturais, tais como nível de renda, escolaridade, gênero, idade, religião¹⁸ e etc.

¹⁸ SCHEITL (2005) realizou um estudo empírico para identificar a relação entre religião e atitude perante a biotecnologia. Ele concluiu que a religiosidade não afeta a atitude individual com relação a biotecnologia. Entretanto, aquelas pessoas que acreditam num Deus pessoal e poderoso se tornam mais confiantes devido a suas crenças de que este Deus poderá guiar a biotecnologia e protege-lo de algum efeito negativo.

Figura 18. Modelo Hipotético para explicar a atitude do público perante novas tecnologias



Fonte: elaboração própria.

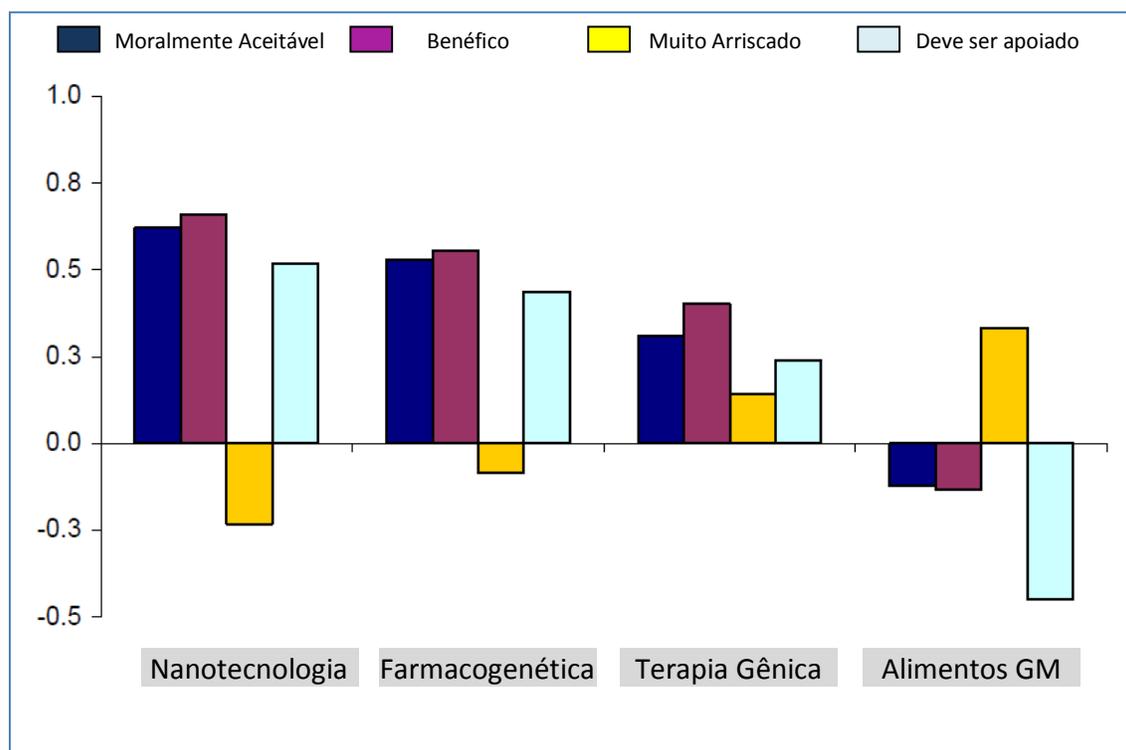
Diversos estudos sobre percepção de riscos para novas tecnologias sugerem a relação entre as variáveis: benefícios observados, riscos observados e confiança nas instituições. FLYNN et al (2005) estudou a percepção de riscos da energia de hidrogênio e observou que a percepção de riscos do público diverge da percepção dos riscos dos especialistas e que ela depende dos benefícios percebidos.

No caso da nanotecnologia, COBB & MACOUBRIE (2004) encontrou uma correlação negativa entre confiança nas instituições reguladoras e a aceitação dos riscos. No caso da biotecnologia, TANAKA (2004) realizou um estudo para analisar a atitude do público com relação à tecnologia de recombinação genética e os seus resultados mostram que a aceitação desta tecnologia está fortemente relacionada com a percepção dos riscos e dos benefícios, confiança nas instituições e sentido de bioética de cada pessoa.

A pesquisa de opinião realizada pelo Eurobarômetro mostra que existe uma grande percepção de risco para os cultivos GM na União Européia e que esta está associada com a baixa percepção dos benefícios. A Figura 19 apresenta a percepção dos riscos e dos benefícios para algumas aplicações da engenharia genética e da nanotecnologia. Para as quatro tecnologias selecionadas é possível observar uma forte correlação entre benefícios e riscos observados. Se a tecnologia é percebida com muito benéfica, ela é percebida como pouco arriscada. E quanto menos arriscada e mais benéfica, maior a concordância do público de que o desenvolvimento desta tecnologia deve ser apoiado. Os resultados mostram ainda que existe uma correlação entre percepção de riscos e dos benefícios e a concordância com o apoio da tecnologia. No caso dos alimentos GM, que são vistos como

poucos benéficos e muito arriscados, as pessoas acham que este tipo de inovação não deve ser apoiada. Por outro lado, a terapia gênica, que apesar de também ser vista como arriscada, deve ser apoiada porque as pessoas percebem os seus benefícios.

Figura 19. Percepção dos riscos e dos benefícios de algumas aplicações tecnológicas na União Européia

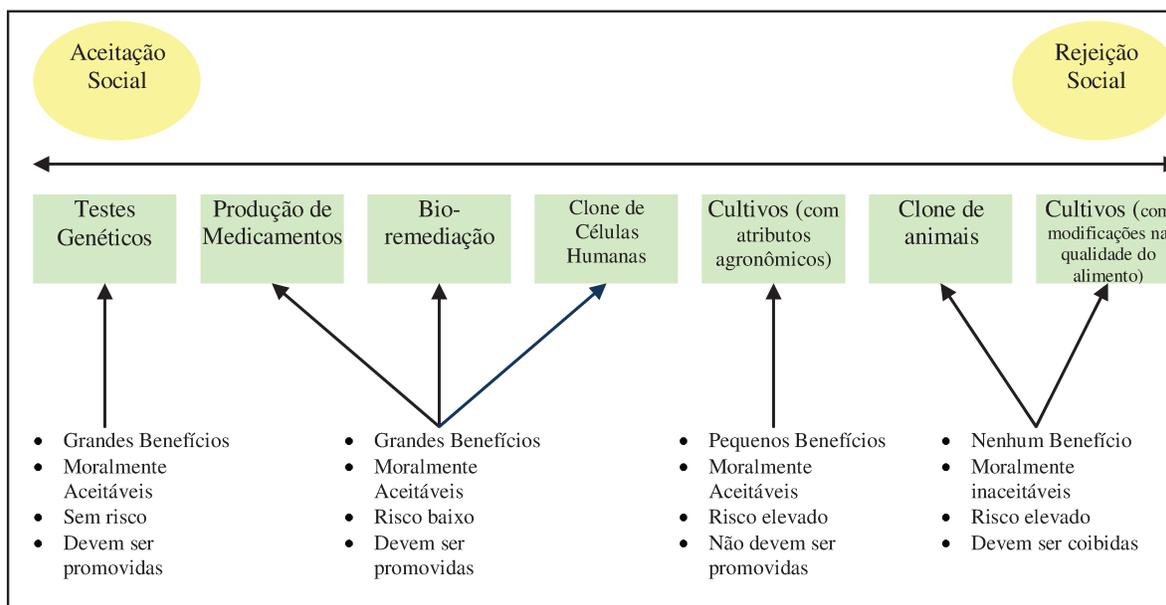


Fonte: Eurobarômeter, 2006.

Os resultados apresentados na Figura 20, que compara 7 aplicações da engenharia genética, também mostram a correlação entre benefícios e riscos percebidos. Os resultados confirmam que o público europeu não rejeita a engenharia genética em si, mas apenas algumas das suas aplicações. Os resultados mostram que as aplicações na saúde humana têm grande aceitação, seguidas pelas aplicações ambientais, como a biorremediação. No outro extremo estão as aplicações que são rejeitadas, como a clonagem de animais e a produção de cultivos com modificações na qualidade dos alimentos. Os cultivos com atributos agronômicos, tais como a resistência a insetos ou a tolerância a herbicidas, apresentam uma rejeição menor do que os cultivos com modificações nas características dos alimentos, tais como cultivos com amadurecimento mais retardado e alimentos com modificações nas propriedades nutricionais (GASKELL, 2000).

Parte da resposta para a questão está nas próprias informações da Figura. No caso da produção de cultivos com propriedades agronômicas, o público percebe um pouco de benefício e acha que é moralmente aceitável, entretanto, acha que esta aplicação não deve ser promovida. No caso dos cultivos com modificações nas características dos alimentos, o público não percebe nenhum benefício, muitos riscos e acha que é moralmente inaceitável e neste caso este tipo de aplicação deve ser proibida (GASKELL, 2000).

Figura 20. A percepção do público para diferentes aplicações da engenharia genética na Europa



Fonte: Elaborado a partir de Gaskell, 2000.

No caso da engenharia genética, os estudos do Eurobarômeter encontraram uma forte correlação entre a percepção de riscos e o grau de apoio ao seu desenvolvimento. Segundo as características das respostas encontradas, o Eurobarômeter classificou o público em três grupos: os apoiadores incondicionais, os apoiadores com tolerância aos riscos e os oponentes. Como mostra o Quadro 6, o apoiador incondicional é aquele que percebe benefícios, não percebe riscos, acha que a engenharia genética é moralmente aceitável e que o seu uso deve ser incentivado. O apoiador com tolerância aos riscos percebe benefícios, acredita que é moralmente aceitável e que também deve ser incentivada, apesar de reconhecer algum tipo de risco. O oponente acredita que a engenharia genética não deve ser incentivada, porque ele não vê benefícios, vê muitos riscos e ainda acredita que ela é moralmente inaceitável. Os dados da Tabela 16 mostram que de todas as aplicações da

engenharia genética, os cultivos GM é a que tem a menor proporção de apoiador incondicional e a que tem a maior proporção de oponentes. Isto significa que 58% dos entrevistados não viam benefícios dos cultivos GM, mais muitos riscos e ainda acreditam que eles são moralmente inaceitáveis.

Quadro 6. Tipo de Atitude do Público Europeu e Fatores Determinantes

Atitude/Percepção	Benéfico	Arriscado	Moralmente Aceitável	Devem ser incentivados
Apoiador Incondicional	Sim	Não	Sim	Sim
Apoiador com tolerância aos riscos	Sim	Sim	Sim	Sim
Oponente	Não	Sim	Não	Não

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2006.

Tabela 16. Atitudes do Público com relação as aplicações da engenharia genética

	Terapia Gênica	Farmacogenética	Alimentos GM	Nanotecnologia
Apoiador Incondicional	44	57	25	66
Apoiador com tolerância aos riscos	36	33	17	25
Oponente	20	10	58	9
Total	100	100	100	100

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2006.

Um estudo empírico realizado por SIEGRIST (2000), com 1000 pessoas (distribuídas entre Alemanha, França e Suíça), confirmou a hipótese de que confiança nas instituições ou nas pessoas que fazem pesquisa e usam produtos geneticamente modificados é a variável mais importante na determinação da percepção da engenharia genética. O estudo confirmou que a confiança tem um impacto positivo na percepção dos benefícios e um impacto negativo sobre os riscos percebidos. Como a aceitação da tecnologia é diretamente determinada pela percepção dos riscos e dos benefícios, a confiança tem um impacto indireto sobre a aceitação da engenharia genética (SIEGRIST, 2000).

Há estudos empíricos que mostram que a confiança nas instituições que participam do desenvolvimento de uma tecnologia, incluindo aquelas que avaliam e gerenciam os seus riscos, tem um efeito positivo sobre a percepção dos benefícios e um impacto negativo sobre a percepção dos riscos. Quanto maior a confiança, maior a percepção dos benefícios e menor a percepção dos riscos. SIEGRIST (2000) realizou um estudo para verificar a correlação entre riscos percebidos, benefícios percebidos e confiança nas autoridades para 25 itens, incluindo tecnologias e atividades. Para 15 itens foi encontrado uma correlação negativa entre benefícios observados e riscos observados e a confiança nas autoridades

apresentou correlação positiva com os benefícios percebidos para 19 itens e correlação negativa com os riscos percebidos para 16 itens (SIEGRIST, 2000).

A partir do que foi apresentado acima é possível concluir que a rejeição de parte do público aos cultivos GM se deve a uma conjunção desfavorável de três fatores que se reforçam mutuamente: baixa percepção dos benefícios, alta percepção de riscos e baixa confiança nos *stakeholders* que desenvolvem a tecnologia e nos reguladores. Resumindo:

- Os estudos de percepção de riscos mostram que as tecnologias agrícolas estão associadas com características de riscos que aumentam a percepção dos riscos, como por exemplo, o caráter involuntário, não individual (pode gerar externalidades) e não equitativo (pessoas que não se beneficiam também estão expostas aos riscos). Por outro lado, os produtos da medicina humana estão associados com características de riscos que resultam em percepção de riscos mais baixa. Os riscos destes produtos ou tecnologia são vistos como voluntários, individuais e mais equitativos.
- Alguns estudos que no caso da engenharia genética a percepção dos benefícios é tem mais efeitos sobre a percepção dos riscos do que em outras tecnologias (SIEGRIST, 2000). Por outro lado, muitos estudos mostram que os cultivos GM produzidos atualmente tendem a gerar pouca ou nenhuma percepção direta dos benefícios para o público¹⁹. Dada a assimetria de informações, a percepção dos benefícios devem ocorrer de forma indireta, a partir de informações produzidas e divulgadas pelos *stakeholders* responsáveis pela tecnologia. Já no caso das aplicações da engenharia genética na saúde humana, os produtos foram desenvolvidos para gerar benefícios para o consumidor final. Um exemplo é a insulina recombinante, que apresenta vantagens muito perceptíveis para o consumidor final em relação às alternativas, como as insulinas produzidas a partir de extração animal.
- Os estudos empíricos mostram que a confiança nos *stakeholders* relevantes, principalmente a indústria e os governos, é relativamente baixo. Os dados de confiança mostram que o público confia mais nos *stakeholders* secundários,

¹⁹ Segundo Wu (2004), no agregado os consumidores foram os mais beneficiados com o uso de milho resistente a insetos (milho Bt) nos Estados Unidos. Mas individualmente os benefícios são quase imperceptíveis e insuficientes para afetar a percepção de riscos.

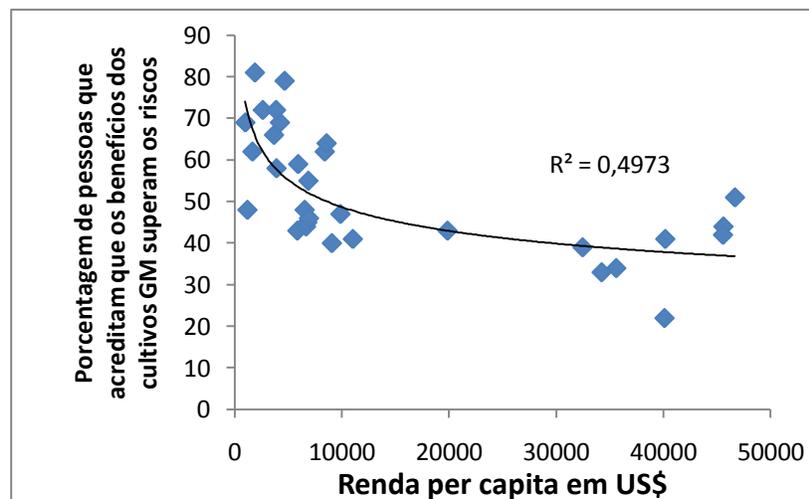
como os grupos de defesas dos consumidores, do que nos *stakeholders* primários, como a indústria e os agricultores. Assim, estes todos estes fatores ajudam a entender a rejeição dos cultivos GM por parte do público.

3.2.3 Porque nos Países Ricos há mais Rejeição aos Cultivos GM?

O público dos países ricos manifesta uma grande aversão aos cultivos GM, enquanto que nos países mais pobres existe uma grande aceitação. Enquanto na França, segundo a pesquisa da *Environics International*, somente 22% dos entrevistados concordava que os benefícios dos cultivos GM superavam os seus riscos, na Indonésia mais 80% dos entrevistados acreditava que os benefícios superavam os riscos (FAO, 2004).

A Figura 21 apresenta a correlação observada entre o nível de renda per capita e o comportamento com relação aos cultivos GM. A figura mostra que existe uma correlação negativa entre a renda per capita e a proporção de pessoas que achavam que os benefícios dos cultivos GM superavam os seus riscos. Quanto maior o nível de renda, menor tende a ser a quantidade de pessoas que responderam de forma favorável aos cultivos GM.

Figura 21. Correlação entre renda per capita e atitude do público com relação aos cultivos GM (sem Estados Unidos e Canadá)



Fonte: elaborado a partir de FAO (2004) e Unctad (2007)

Existem duas razões pelas quais o nível de renda influencia o comportamento do público. A primeira é que um nível de renda mais elevado está associado com um consumo per capita de alimentos maior e na medida em que cresce o consumo de alimentos aumenta o peso dos atributos de qualidade na escolha do consumidor, principalmente aqueles

atributos associados com a segurança dos alimentos. Uma maior preocupação com a segurança implica em baixa tolerância com os riscos.

Por outro lado, nos países onde o consumo per capita de alimentos é elevado as pessoas tendem a subestimar os benefícios das tecnologias agrícolas com atributos agronômicos que aumentam a produção e melhoram o controle de pragas. O reconhecimento dos benefícios dos cultivos GM depende da consciência que se tem dos problemas e desafios atuais e futuros da agricultura mundial. A abundância de alimentos pode resultar em uma visão distorcida da situação da agricultura mundial, impedindo as pessoas de reconhecerem a importância de novas tecnologias agrícolas para a segurança alimentar nas próximas décadas.

No caso da Europa, que é a região com maior rejeição aos cultivos GM, como atualmente o consumo per capita de alimentos é superior ao consumo que a Organização Mundial da Saúde estabelece com necessário para se ter uma vida saudável, o público acredita que a prioridade da agricultura é produzir alimentos mais saudáveis, proteger o meio ambiente e contribuir para a beleza das paisagens rurais (EUROPEAN COMMISSION, 2006). O aumento da produção e a redução dos preços dos alimentos não estão entre as prioridades do público europeu.

Além do consumo elevado de alimentos, a Europa, ao contrário da Ásia, das Américas e da África, terá taxas negativas de crescimento populacional nos próximos 40 anos. Isto significa que será possível manter o consumo per capita de alimentos atual sem aumentar a produção. Ou seja, os países europeus não enfrentam os desafios que foram apresentados no Capítulo 1. Esta é mais uma razão pela qual o público europeu não reconhece os benefícios de tecnologias agrícolas como os cultivos GM.

Os desafios futuros da agricultura – aumentar a produção de para atender uma demanda crescente e ao mesmo tempo enfrentar uma inevitável escassez de recursos naturais – estão concentrados nos países de baixa renda, principalmente os mais populosos como China e Índia. Nestes países o consumo per capita deverá aumentar, primeiro porque ele ainda é baixo e segundo porque estes países estão em trajetória de rápido crescimento da renda per capita. Por outro lado, estes são os países que enfrentam sérias restrições de recursos naturais, principalmente escassez de água e de terras férteis. Logo é de esperar que nestes países haja uma percepção maior dos benefícios de tecnologias agrícolas que podem

ser utilizadas tanto para aumentar a produção quanto para enfrentar a escassez de recursos naturais.

Além do consumo de alimentos, a renda per capita está relacionadas com outras variáveis que podem ter impactos sobre a atitude do público, como por exemplo, a taxa de urbanização e a participação da agricultura na economia local. Os países com renda per capita elevada são mais urbanizados e mais industrializados, o que significa que uma parcela muito pequena da população depende da agricultura como fonte de renda e de emprego. Já nos países de baixa renda, principalmente na Ásia e na África, a proporção de pessoas vivendo em áreas rurais é maior e a agricultura continua sendo fonte de renda e de emprego para uma boa parte da população. Como os cultivos GM produzidos atualmente foram desenvolvidos para resolver problemas agronômicos e, portanto, os seus benefícios são diretamente percebidos pelos agricultores, é natural que nos países menos urbanizados, onde uma grande parte da população está ligada de alguma forma as atividades do campo, haja uma percepção maior dos benefícios dos cultivos GM. Diversos estudos tem mostrado os agricultores dos países pobres, como China (HUANG et al, 2003; PRAY et al, 2002; HUANG et al, 2005; FANG-FANG et al, 2007), Índia (BENNETT et al, 2006; QAIM et al, 2006) e países da África (KIRSTEN & GOUSE, 2002; GOUSE et al, 2006; VITALE et al, 2008) estão se beneficiando dos cultivos GM.

Quanto a percepção de riscos, há estudos que mostram que ela também é menor nos países mais pobres e mais populosos. Um estudo realizado por Schmidt & Wei (2006) encontrou percepções de riscos diferentes entre o público da Áustria e o público da China. Na China o público vê os riscos mais controláveis, mais imediatos e mais observáveis do que o público da Áustria. Segundo SCHMIDT & WEI (2006), a principal diferença entre os julgamentos do público chinês e austríaco foi que os chineses acreditam muito mais no caráter controlável da natureza, da sociedade e da tecnologia (SCHMIDT & WEI (2006).

Dentre os países ricos há uma diferença entre o comportamento do público nos Estados Unidos e na Europa. As pesquisas de opinião mostram que a proporção de pessoas que se opõem aos cultivos GM tende a ser maior na União Européia. Segundo MOON & BALASUBRAMANIAN (2001), a proporção de pessoas que apoiavam o uso da engenharia genética na agricultura era de 32% nos Estados Unidos e 38% na União

Européia, mas a proporção de pessoas que opunha ao uso era de 31% nos Estados Unidos e 46% na União Européia.

Existem três fatores que podem explicar a menos oposição aos cultivos GM nos Estados Unidos. Primeiro, existe uma grande indústria da biotecnologia, maior do que na Europa, que gera empregos diretos e renda, inclusive para investidos financeiros, dado que boa parte das empresas de biotecnologia tem capital aberto. Segundo, os Estados Unidos é um grande exportador líquido de produtos agrícolas, especificamente de soja, milho e algodão, enquanto a Europa é uma grande importadora líquida. Os países que são grandes produtores e grandes exportadores poderão ter uma percepção maior dos benefícios de cultivos GM que foram desenvolvidos para beneficiar os agricultores. Um terceiro fator é que nos Estados Unidos há uma confiança maior do público nos *stakeholders* que desenvolvem a tecnologia e nas agências reguladoras, ao contrário da União Européia (BERNAUER, 2004).

Na Europa, tanto a indústria que desenvolve a tecnologia quanto os governos que regulam, tem um baixo nível de confiança se comparados com outras instituições e outros agentes. Segundo as pesquisas de opinião realizadas pela EUROPEAN COMMISSION (2006), as indústrias que desenvolvem a tecnologia, os governos e os ambientalistas foram os agentes nos quais o público confia menos, pois apenas 50% entrevistados responderam concordavam que eles prestavam um bom serviço para a sociedade, como mostra o Quadro 7. Por outro lado, os médicos, os cientistas universitários e as organizações de consumidores foram os grupos que despertavam mais confiança, uma vez que mais de 70% dos entrevistados acreditavam que eles prestavam bons serviços para a sociedade e eram socialmente responsáveis.

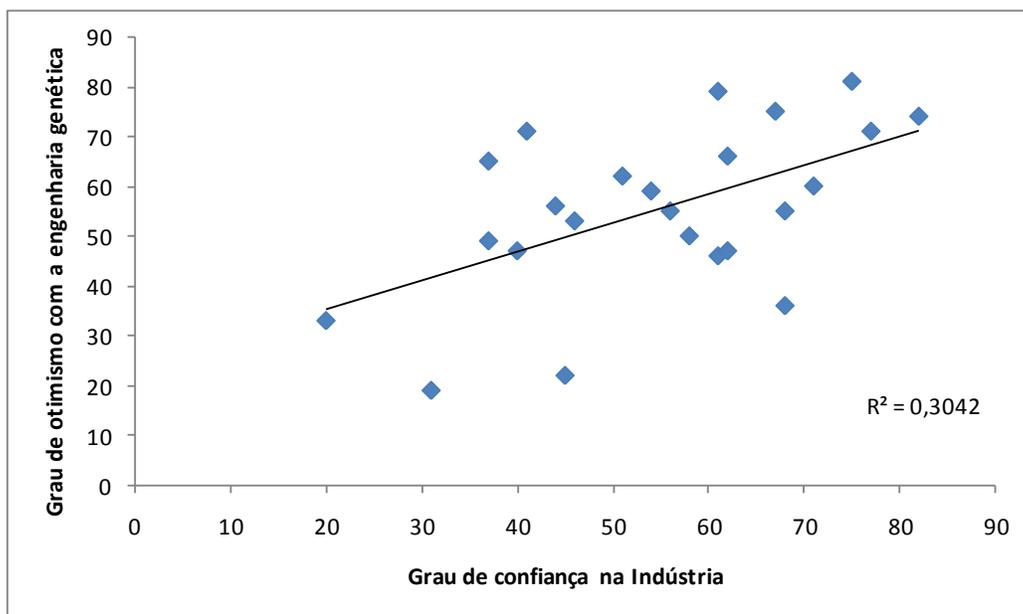
A partir dos dados publicados pela EUROPEAN COMMISSION (2006), é possível observar uma correlação positiva entre o grau de confiança na indústria e o grau de otimismo com a engenharia genética, com mostra a Figura 22. Quanto maior o grau de confiança na indústria, maior tendeu a ser o otimismo com relação ao futuro da engenharia genética.

Quadro 7. Confiança do público europeu nas instituições e grupos de stakeholders que participam do processo inovativo da engenharia genética

Instituições e Stakeholders	Realiza um bom trabalho (Competente e socialmente responsável)	Não realiza um bom trabalho (incompetente ou socialmente irresponsável)
Médicos que estão preocupados com as implicações da biotecnologia sobre a saúde humana	75	8
Cientistas universitários que estão realizando pesquisas com biotecnologia	73	8
Organizações de consumidores que fiscalizam produtos da biotecnologia	70	10
Cientistas da indústria que realiza pesquisas com biotecnologia	64	15
Jornais e Revistas que reporta a biotecnologia	61	18
Agricultores que decidem quais culturas devem crescer	58	20
A EU que faz leis sobre biotecnologia para todos os países europeus	54	19
Indústria que desenvolve novos produtos da biotecnologia	53	21
Programas de TV que reportam sobre biotecnologia	59	22
Grupos de ambientalistas que fazem campanha contra a biotecnologia	50	24
Governo que faz as regulações sobre biotecnologia	50	23

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2006.

Figura 22. Correlação entre confiança na indústria e grau de otimismo com a engenharia genética



Fonte: Elaborado a partir de EUROPEAN COMMISSION, 2006.

3.3 As Controvérsias entre o Público e a Politização dos Cultivos GM

As tecnologias que são percebidas pela sociedade como muito arriscadas normalmente sofrem um processo de “politização”, que é caracterizado pela grande peso das variáveis políticas sobre o processo inovativo. As tecnologias politizadas são aquelas que em função das suas externalidades e dos riscos percebidos podem despertar “indignação social” e, conseqüentemente, uma demanda por parte daqueles que se sentem ameaçados por algum tipo de controle sobre o desenvolvimento destas tecnologias.

As tecnologias que são politizadas nas fases iniciais do seu desenvolvimento, como é o caso da engenharia genética, podem apresentar um padrão de difusão muito distinto daquele previsto pelos modelos clássicos de difusão, como o modelo epidemiológico utilizado por Griliches para analisar a difusão do milho híbrido nos Estados Unidos (GRILICHES, 1957; MANSFIELD, 1961, BARHAM, 1996). Nestes modelos a difusão de determinada tecnologia depende das decisões dos *stakeholders* que são os usuários diretos da tecnologia e estas decisões são baseadas em critérios econômicos²⁰.

No caso das tecnologias politizadas a difusão ocorre num ambiente muito mais complexo. Primeiro porque muitos *stakeholders*, além das empresas que desenvolvem as tecnologias e os agricultores, passam a ter peso no processo inovativo. Segundo porque além dos critérios econômicos, outros passam a influenciar o comportamento e as decisões dos *stakeholders*, tais com os critérios ambientais, sociais, éticos, morais e religiosos.

A Figura 23 apresenta de forma bem resumida o significado e as implicações da politização para o processo inovativo. As tecnologias com baixo grau de politização são aquelas que não despertam preocupações no público. Normalmente o público percebe

²⁰ Segundo GRILICHES (1957), a difusão do milho híbrido nos Estados Unidos, entre os anos 30 e 60, apresentou um comportamento que na literatura sobre difusão tecnológica ficou conhecido como “curva de difusão em forma de S”. Em termos algébricos, a curva S é representada pela seguinte equação (Stoneman, 2002):

$$P_i(t) = \frac{P_i^*}{1 + e^{(-n_i - \Phi_i t)}}$$

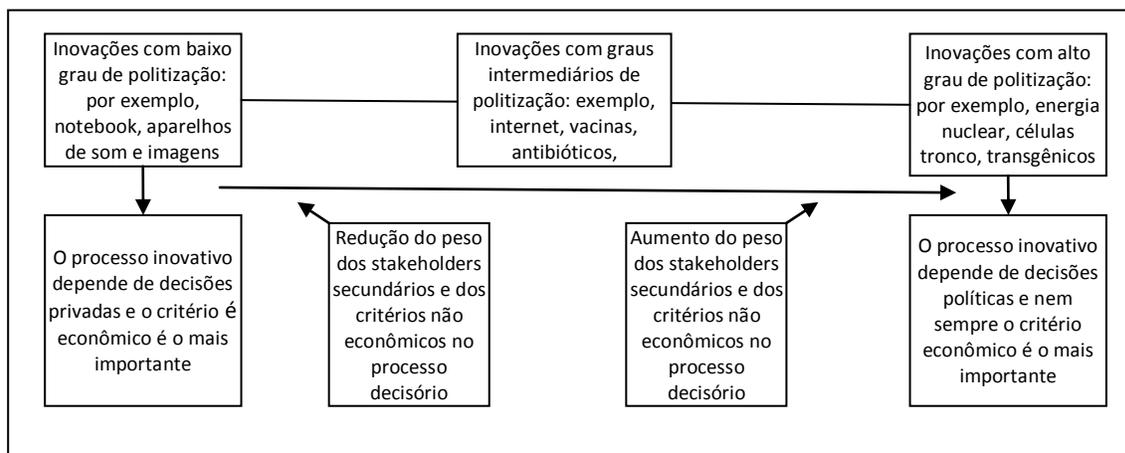
Onde $P_i(t)$ é a proporção da área total com milho híbrido no tempo t e P_i^* é a proporção máxima da área total que será cultivada com o milho híbrido quando t tende a infinito. A variável n_i define a área inicial cultivada com as novas variedades de milho híbrido e $\Phi_i t$ é a medida da velocidade da difusão ou a taxa de adoção das novas variedades pelos agricultores não adotantes no período t . Segundo GRILICHES (1957), a velocidade da adoção é explicada pelo lucro, que está relacionada com os resultados líquidos obtidos com o plantio das novas variedades. Para os 5 estados analisados, ele encontrou uma correlação positiva entre a velocidade da difusão e a lucratividade da adoção das novas variedades (GRILICHES, 1957).

muitos benefícios e poucos riscos e, o mais importante, ambos são observáveis e conhecidos pelos próprios usuários. Por estas mesmas razões, não há demanda social para que estas tecnologias sejam controladas ou reguladas por terceiros. Portanto, estas tecnologias sofrem poucas restrições regulatórias e o processo inovativo depende quase que exclusivamente de decisões privadas, onde o critério econômico – o lucro das empresas inovadoras e a utilidade do consumidor – é mais importante no processo decisório. A regulação destes setores, quando existe, normalmente é econômica, desenhada para aumentar a eficiência inovativa e produtiva, como por exemplo, as leis de direitos de propriedade.

No outro extremo estão as tecnologias que são muito politizadas. Estas tecnologias se caracterizam pelas preocupações, pela desconfiança, pelo temor e em muitos casos pela indignação que elas despertam no público. Normalmente estas reações negativas estão associadas com uma baixa percepção dos benefícios e uma grande percepção dos riscos e o mais importante, os riscos são vistos como impostos por interesses econômicos ou políticos, desconhecidos pelos especialistas, catastróficos, irreversíveis e com conseqüências para as futuras gerações. Nestes casos há uma grande demanda social para que estas tecnologias sejam controladas e reguladas por terceiros. Por esta razão, estas tecnologias são fortemente reguladas e o processo inovativo dependente de decisões políticas que podem se basear em outros critérios além dos econômicos. A regulação neste caso será mais social do que econômica, visando mais a segurança, o controle dos riscos e a equidade do que a eficiência produtiva.

Entre estes dois extremos existem diversas tecnologias que sofrem diversos graus de controle externo, em função das suas externalidades e dos seus riscos. Estas tecnologias despertam algum grau de interesse e de preocupação do público, mas o que as caracterizam é o fato da sociedade aceitar a avaliação de riscos feita pelos especialistas a partir de critérios técnicos e científicos. Portanto, um grau maior de politização significa uma resistência da sociedade em aceitar que determinada tecnologia seja regulada e controlada apenas a partir de critérios técnicos e científicos. Não é a existência de riscos que caracteriza uma tecnologia politizada, mas uma percepção social destes riscos que diverge da percepção de riscos dos especialistas.

Figura 23. Apresentação esquemática das características da politização do processo inovativo.



Fonte: Elaboração própria.

Assim, a politização do processo inovativo é a tentativa, por parte de público, através de grupos que representam os seus interesses, de incluir nas decisões, tanto dos agentes privados quanto dos governos, critérios políticos, sociais, ambientais, culturais, éticos e religiosos nas avaliações de riscos em situações em que o julgamento dos cientistas, com base em critérios científicos e técnicos, é vista como insuficiente para garantir a segurança e o bem-estar social, incluindo os das futuras gerações.

Nos casos dos cultivos GM a politização está relacionada com a percepção dos riscos intrínsecos à tecnologia, como os seus possíveis efeitos danosos sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente. O fato de serem utilizados como matérias-primas para a produção de alimentos e estar em contato direto com a natureza são fatores que reforçam a percepção destes riscos. Mas existem também as preocupações com os riscos extrínsecos a tecnologia, como por exemplo, os riscos da excessiva dependência dos agricultores com relação as empresas que desenvolvem as sementes GM. Enquanto na revolução verde grande parte das variedades de alto rendimento era desenvolvida por instituições sem fins lucrativos, os cultivos GM estão sendo desenvolvidos por grandes empresas privadas que atuam no setor de defensivos agrícolas. Este fato suscitou um grande debate público sobre as conseqüências éticas, morais e sociais da suposta privatização do conhecimento e da concessão de patentes sobre organismos vivos. Além do mais, a suspeita de que a tecnologia está sendo imposta por empresas privadas, motivadas por interesses de lucro, é um fator que contribui para aumentar a percepção dos riscos da tecnologia (ADAMS, 2009).

Além destes fatores, ligados as especificidades da agricultura e dos cultivos GM, existe outro fator, de caráter mais geral, que pode ter contribuído para a politização dos cultivos GM. Este fator é uma mudança cultural que se tornou bastante perceptível a partir dos anos 70, principalmente nos países industrializados, que foi caracterizada pelo crescimento da aversão da sociedade aos riscos tecnológicos (BAUER, 2005).

O crescimento da aversão aos riscos das tecnologias refletia uma mudança radical ocorrida ao longo do século XX na percepção social da ciência e sobretudo da tecnologia. Segundo VEYRET (2007), nos séculos XVIII e XIX, as ciências e as técnicas eram vistas como formas de controlar e dominar os fenômenos naturais perigosos, como terremotos e epidemias. Ao longo do século XX, entretanto, se observou um movimento de inversão nesta visão de mundo, porque “hoje a natureza é globalmente percebida como benevolente, protetora, ainda que ela registre algumas convulsões antes mal aceitas (terremotos, inundações...), ao passo que a ciência parece doravante ameaçadora e maléfica”(VEYRET, 2007).

Esta mudança na postura da sociedade com relação às tecnologias, por sua vez, motivou o surgimento de novas abordagens teóricas sobre a inovação tecnológica, que passaram a contrapor as abordagens muito comuns nos 70 que explicavam a mudança técnica a partir do determinismo tecnológico²¹. Uma característica importante destas novas abordagens foi a tentativa de endogeneizar aquelas variáveis que do ponto de vista do determinismo tecnológico eram consideradas exógenas, como por exemplo, o marco regulatório (WILLIAMS & EDGE, 1996).

Esta abordagem, que passou a incluir em seus modelos explicativos os determinantes sociais da inovação tecnológica, ficou conhecida como “*social shaping of technology*” (SST). Segundo WILLIAMS & EDGE (1996), a abordagem SST nasceu como oposição às ideologias de “imperativos técnicos” e também como uma crítica ao modo com que a tecnologia estava sendo estudada pelos acadêmicos, que focavam na avaliação dos impactos e negligenciavam as dificuldades da sua implementação.

²¹ Segundo Williams & Edge (1996), o determinismo tecnológico se caracteriza por dois pressupostos básicos: i) a natureza das tecnologias e a direção das mudanças são não-problemáticas ou pré-determinadas (talvez sujeira a uma lógica técnica ou a um imperativo econômico); ii) a tecnologia tem impactos necessários e determinados sobre o mundo do trabalho, sobre a vida econômica e sobre a sociedade como um todo, isto é, a mudança técnica produz mudanças sociais e organizacionais.

Assim, segundo WILLIAMS & EDGE (1996), a abordagem SST estuda o modo em que os fatores sociais, econômicos, institucionais e culturais têm moldado:

- i. A direção e a taxa de inovação;
- ii. A forma da tecnologia, incluindo o conteúdo dos artefatos e as práticas tecnológicas; e
- iii. Os efeitos e os impactos das mudanças tecnológicas para diferentes grupos da sociedade.

Para esta abordagem, a inovação é vista com um processo incerto e contraditório e “não é simplesmente um processo técnico racional de solução de problemas, mas envolve também processos econômicos e sociais de construção de alianças de interesses (entre, por exemplo, firmas fornecedoras, usuários potenciais, agências regulatórias) com os recursos e capacidade técnicas necessários, em torno de certos conceitos ou visões de tecnologias ainda não realizados” (WILLIAMS & EDGE, 1996).

Em convergência com a economia institucional, para a abordagem SST o processo de desenvolvimento tecnológico é caracterizado por conhecimento imperfeito e racionalidade limitada. Num ambiente com estas características, a abordagem SST propõe um modelo interativo como uma alternativa ao tradicional modelo linear de inovação, onde o desenvolvimento tecnológico pode ser entendido a partir da sequência invenção-inovação-difusão. Segundo WILLIAMS & EDGE (1996), “o modelo interativo concebe a inovação como uma atividade social complexa: um processo interativo ou espiral, que ocorre através de interações entre diversos atores e instituições envolvidos e influenciados ao mesmo tempo”.

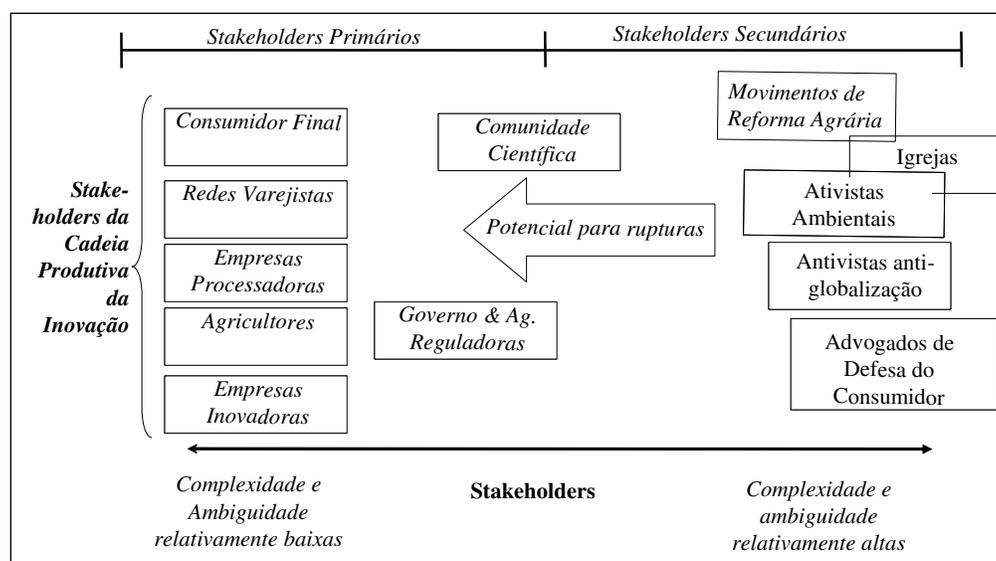
No caso específico dos cultivos GM, a principal característica da politização é a influência que grupos de *stakeholders* que não participam da cadeia produtiva da inovação estão tendo sobre o processo inovativo. Segundo HALL & MARTIN (2005), os *stakeholders* que participam do processo inovativo podem ser classificados em dois grupos: os *stakeholders* primários e os secundários. Os primários são aqueles que estão na cadeia produtiva da inovação. No caso dos cultivos GM eles são as empresas que desenvolvem as sementes, os agricultores, as empresas processadoras, as redes de distribuição e comercialização e os consumidores finais. Os *stakeholders* secundários são aqueles que não estão na cadeia produtiva da inovação e, portanto, são afetados de forma indireta por ela.

No caso dos cultivos GM eles podem ser igrejas, partidos políticos, movimentos sociais e ONGs.

Assim, as tecnologias politizadas se caracterizam pela influência que os *stakeholders* secundários exercem sobre a inovação. Tanto para as tecnologias não politizadas quanto para as politizadas, são os *stakeholders* primários que tomam as decisões de desenvolver, produzir, de usar e de consumir as novas tecnologias. A diferença é que no caso das tecnologias politizadas estas decisões podem ser influenciadas pelos *stakeholders* secundários.

A Figura 24 apresenta um esquema do ambiente e dos elementos que condicionam o desenvolvimento dos cultivos GM. As etapas iniciais de uma inovação politizada, como é o caso dos cultivos GM, podem ser caracterizadas por um processo muito complexo, porque muitos *stakeholders* estão interagindo entre si, e com muita ambiguidade, porque os *stakeholders* não são facilmente identificados e as suas demandas e os seus interesses podem ser contraditórios (HALL & MARTIN, 2005).

Figura 24. O processo de inovação e de difusão de cultivos GM: *stakeholders* primários e secundários



Fonte: Elaborado a partir de Hall & Martin, 2005.

Uma das condições para que uma tecnologia agrícola tenha sucesso é que haja cooperação entre os *stakeholders*, começando pelo consenso entre os *stakeholders* primários. O ponto de partida da tecnologia é a empresa inovadora e o seu ponto de chegada o consumidor final. A condição necessária para que haja cooperação é a de que

todos os agentes da cadeia produtiva possam perceber os benefícios da tecnologia. A cooperação ente os *stakeholders* da cadeia produtiva pode se tornar muito difícil se houver alguma assimetria de percepção dos benefícios da nova tecnologia entre eles.

Grande parte das inovações na agricultura, principalmente as inovações biológicas, foram desenvolvidas para melhorar o processo produtivo, o que significa que os seus benefícios são melhores percebidos pelos *stakeholders* que as desenvolve e pelos agricultores, que são os usuários diretos da inovação. Um impacto que pode ser percebido pelos demais *stakeholders* da cadeia produtiva, como as empresas processadoras, as redes de varejo e o consumidor final, é a redução do preço final do produto. Mas nem todas as inovações agrícolas causam redução nos preços finais dos produtos e nem sempre os consumidores vê a redução dos preços como um grande benefício, como foi visto na seção anterior. Isto significa que para os *stakeholders* que estão no início da cadeia produtiva, como as empresas que desenvolvem a tecnologia e os agricultores, o resultado da inovação é incerto, porque não há garantias de que a tecnologia será bem aceita pelos *stakeholders* a jusante da cadeia da inovação.

A questão central é que a influência dos *stakeholders* secundários é um fator que aumenta o grau de incerteza, principalmente para aqueles tomas as decisões no início da cadeia produtiva. Os *stakeholders* secundários focam as suas ações no final da cadeia produtiva, de preferência sobre os consumidores, mas também sobre as redes de comercialização e sobre as indústrias de processamento, e sobre os governos, que através das políticas regulatórias podem influenciar as decisões dos agentes privados.

Do ponto de vista da difusão da tecnologia, os *stakeholders* secundários podem atuar tanto de forma positiva quanto negativa. A ação positiva é aquela que ajuda na promoção da tecnologia. Neste caso, eles ajudariam a fortalecer a cooperação entre os *stakeholders* primários. A ação negativa é aquela que objetiva frear ou impedir o desenvolvimento da tecnologia. A ação negativa tentaria impedir o fortalecimento da cooperação entre os *stakeholders* primários. A forma em que eles irão agir – apoiando ou se opondo a inovação – irá depender das suas percepções dos benefícios e dos riscos da tecnologia.

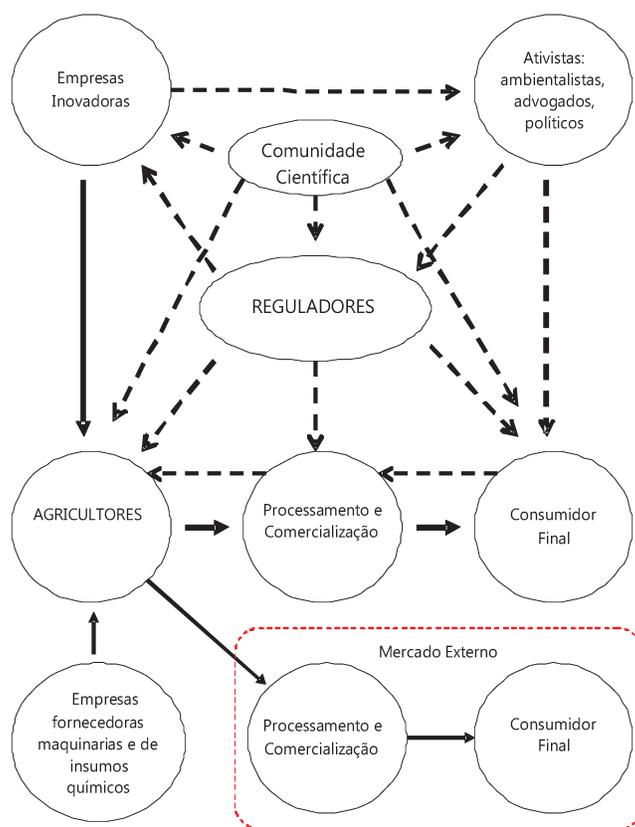
O alvo da ação dos *stakeholders* secundários é a tecnologia que está sendo usada pelos *stakeholders* primários. Que estratégias eles devem usar, por exemplo, se o objetivo

for o de bloquear o desenvolvimento da tecnologia? Existe um ponto específico da cadeia produtiva em que as ações serão mais eficientes? Normalmente, o que se observa, pelo menos no caso dos cultivos GM, é que eles focam as suas ações no último elo da cadeia produtiva que são os consumidores finais. Embora haja casos de invasões e de destruição de laboratórios e de lavouras experimentais, a estratégia mais utilizada é a de influenciar a opinião pública sobre as percepções que ela tem dos benefícios e dos riscos da tecnologia.

O foco sobre a opinião pública pode ser uma estratégia muito eficiente porque ela pode criar uma barreira tanto econômica quanto política ao desenvolvimento da tecnologia. O público é ao mesmo tempo consumidor e cidadão, que pode agir politicamente pressionando e influenciando as decisões dos governos. Sem a aceitação do consumidor e sem o apoio das políticas governamentais uma nova tecnologia dificilmente terá sucesso.

A participação dos *stakeholders* secundários aumenta a complexidade e incerteza do processo inovativo, porque os seus interesses não são muitos claros, o que dificulta as estratégias dos *stakeholders* primários. A Figura 25 resume as interações que existem entre os *stakeholders* primários e os secundários. As linhas cheias representam o “fluxo comercial” entre eles. As linhas tracejadas indicam as pressões e influências que cada grupo exerce sobre os demais.

Figura 25. O ambiente institucional de difusão de cultivos GM



Fonte: Elaboração própria.

A complexidade e a ambigüidade tendem a ser muito grandes porque as percepções e as atitudes de cada grupo de *stakeholders* são influenciadas pelas decisões dos demais. As relações estabelecidas entre eles podem ser resumidas da seguinte forma:

- As empresas inovadoras decidem entre desenvolver ou não um novo cultivo GM. Suas decisões serão influenciadas pelos avanços científicos, pela postura dos reguladores, que pode influenciar o custo da pesquisa e do desenvolvimento de novos produtos, e pelo grau de aceitação dos cultivos GM entre os agricultores.
- Os agricultores decidem entre adotar ou não um novo cultivo GM. Suas decisões dependem basicamente dos benefícios líquidos percebidos pelo uso da nova tecnologia. Os benefícios líquidos dependem dos comportamentos e atitudes das empresas inovadoras (principalmente dos preços cobrados pelas sementes GM) e das empresas fornecedoras de outros insumos, do apoio recebido das instituições públicas de pesquisa, das exigências que serão

impostas pelas agências reguladoras para garantir a segurança do uso da tecnologia, da pressão recebida dos *stakeholders* secundários, da relação com as empresas processadoras e da aceitação dos consumidores, tanto no mercado interno quanto no externo.

- As empresas processadoras decidem entre comprar ou não um produto geneticamente modificado. As suas decisões dependem dos comportamentos e das atitudes dos agricultores, das exigências do reguladores, da pressão dos *stakeholders* secundários e da atitude dos consumidores.
- Os consumidores decidem entre comprar ou não um alimento oriundo de cultivos GM. As decisões dependem do comportamento das empresas processadoras, da postura das agências reguladoras, das propagandas dos *stakeholders* secundários e da postura da comunidade científica.
- Os ativistas decidem entre ser favoráveis, neutros ou contrários ao uso de cultivos GM. As suas decisões dependem da postura das empresas inovadoras, da comunidade científica e das agências reguladoras.
- A comunidade científica realiza pesquisas e aprofunda o nível de conhecimento sobre o funcionamento de organismos vivos e desenvolvem novas metodologias de avaliação de riscos e benefícios. Ela estabelece também as condições em que a nova tecnologia será benéfica e as regras de segurança. Ela influencia todos os demais *stakeholders*, a opinião pública e os reguladores, embora a força desta influência poderá variar em função do grau de politização do debate.
- Os reguladores decidem entre aprovar ou não um novo cultivo GM. As suas decisões são tomadas a partir de estudos próprios realizados pelo corpo interno de técnicos e cientistas, mas também são influenciadas pelas empresas inovadoras, pela comunidade científica, pelos ativistas e pela opinião pública.

No caso específico dos cultivos GM, os *stakeholders* secundários tem majoritariamente atuado de forma negativa, ou seja, se opondo ao uso destes cultivos. Em muitos casos eles tentam influenciar diretamente as decisões dos consumidores com

propagandas que reforçam a percepção de riscos²², reforçando o caráter impositivo e ameaçador dos cultivos GM²³. Mas eles atuam também sobre os governos, tentando influenciar as decisões políticas sobre a regulação dos cultivos GM.

Os *stakeholders* secundários mais atuantes normalmente são os que defendem o meio ambiente e os interesses dos consumidores. O foco das suas ações são as políticas regulatórias de biossegurança e as políticas de rotulagem dos alimentos derivados de cultivos GM. Mas eles podem também atuar sobre outras políticas que influenciam as decisões dos *stakeholders* primários, como as políticas de direitos de propriedade intelectual e as políticas de investimento público em pesquisa e desenvolvimento.

²² Um exemplo destas propagandas que tem por objetivo aumentar a percepção de riscos da sociedade é o uso de imagens que associam os cultivos GM com algo “pavoroso”, por exemplo, no site do Greenpeace o link que dá acesso a uma seção sobre transgênicos é indicada pela imagem de uma espiga de milho com olhos e boca que lembram um monstro.

²³ A notícia de que uma empresa estava desenvolvendo uma variedade de arroz geneticamente modificado foi divulgada da seguinte forma no site do Greenpeace: “O seu prato de arroz e feijão do dia-a-dia vai virar campo de testes da Bayer, que quer plantar e vender no Brasil o arroz transgênico”.

4 A Regulação dos Cultivos Geneticamente Modificados

Uma das características mais marcantes da engenharia genética é o elevado de grau politização do seu desenvolvimento. A politização do processo de desenvolvimento de uma tecnologia é caracterizada por uma excessiva aversão social ao risco, que traduz na demanda social por políticas governamentais para reduzir riscos. O que caracteriza, portanto, a regulação de tecnologias politizadas é o grande peso que a percepção social de riscos pode ter nas decisões das políticas regulatórias. Isto significa que políticas de controle de riscos poderão ser adotadas sem que haja evidências de que eles realmente existam.

Segundo STEWART & KNIGHT (2005), a engenharia genética foi a primeira tecnologia a ser regulada antes de quaisquer evidências dos seus riscos. Segundo estes autores, a demanda social por regulação da engenharia genética não resultou de uma experiência catastrófica, mas de preocupações públicas com desastres potenciais. Esta é a essência da percepção social de riscos, ou seja, ela não deriva de fatos e nem é influenciada pelas evidências científicas. Como foi visto nos capítulos anteriores, diversos estudos mostram que a percepção social de riscos é negativamente correlacionada com a percepção dos benefícios e com a confiança nas instituições e nos agentes que participam do processo inovativo. Por outro lado, os estudos mostram também que a aceitação social dos riscos depende de características do próprio risco, tais como, se ele é voluntário ou imposto, se é local ou global, conhecido ou desconhecido, se poderá ou não afetar as gerações futuras e se os danos são ou não irreparáveis (SLOVIC et al, 1981; SLOVIC, 1987; SJOBERG, 2000).

Segundo STEWART & KNIGHT (2005), nos anos 70, quando a engenharia genética ainda estava confinada aos laboratórios, um grupo de cientistas “bem intencionados, mas sem experiência política”, propôs que a auto-regulação científica era a melhor alternativa. Especificamente, em 1974, logo após Stanley Cohen e Herbert Boyer ter descoberto a tecnologia do DNA recombinante, um grupo de cientistas se reuniu no

Asilomar Conference Center, na Califórnia, para discutir os riscos da transferência de material genético entre espécies. Segundo KRIMSKY (2005), nesta ocasião os biólogos apresentaram uma postura um tanto precaucional, isto é, eles reconheciam os “riscos teoricamente plausíveis, mas empiricamente desconhecidos”.

Segundo STEWART & KNIGHT (2005), o encontro de Asilomar, que foi realizado para acalmar as preocupações do público sobre o uso da engenharia genética, destacou a incerteza dos cientistas e ao mesmo tempo a vontade de limitar o debate dentro da comunidade científica, limitando assim a participação do público e da imprensa. Tendo como base os estudos de percepção social de riscos, conclui-se que a postura dos cientistas foi um tanto contraditória. Porque a postura dos cientistas de aceitarem “riscos teoricamente plausíveis, mas desconhecidos”, é um dos fatores que pode aumentar a percepção de riscos de determinada tecnologia ou produto. E a percepção de risco, por sua vez, inviabiliza a proposta de auto-regulação por critérios unicamente técnicos e científicos. Ou seja, a incerteza entre os cientistas gera percepção social de riscos, que por sua vez causa a politização do debate, impossibilitando assim a vontade dos cientistas de excluir o público, a imprensa e diversos grupos sociais do debate.

Os cultivos GM tendem a suscitar uma maior percepção de riscos e, conseqüentemente uma maior demanda social por regulação, do que as demais aplicações da engenharia genética. Isto significa que a percepção de riscos da engenharia genética é dependente também da área na qual ela está sendo aplicada. A maior percepção de riscos provocada pelos cultivos GM se deve as características da agricultura. Primeiro, os cultivos GM, ao contrário de outras aplicações da engenharia genética, como os medicamentos e vacinas, podem causar danos ambientais. Segundo, uma grande parte dos cultivos GM é utilizada na produção de alimentos, que é um tipo de produto onde os atributos de qualidade, principalmente aqueles relacionados com a sanidade e com a segurança, tendem a ter cada vez mais peso nas decisões dos consumidores.

Estas características da agricultura afetam também a percepção de riscos para outras tecnologias agrícolas. Como mostrou SLOVIC (1987), produtos como fertilizantes e defensivos agrícolas tendem a despertar uma maior percepção de riscos do que muitos produtos que são utilizados na área da saúde humana, como antibióticos e vacinas. Uma razão para isto é que no segundo caso os benefícios são mais evidentes do que no primeiro.

Outra razão é que as características dos riscos associados para os dois tipos de produtos são diferentes.

Até a primeira metade dos anos 80, enquanto a engenharia genética esteve confinada aos laboratórios, as questões referentes aos riscos foram tratadas de forma muito próxima daquela defendida pelos cientistas, ou seja, tratadas de forma científica e técnica e sem a participação do público, dos grupos de interesses e dos governos. As pressões sociais para a regulação estatal começaram a partir do momento em que as primeiras variedades GM passaram a ser utilizadas para o plantio em contato com natureza. Segundo STEWART (2005), a *Foundation on Economic Trend (FET)*, fundada por Jeremy Rifkin, foi uma das primeiras organizações sociais a entrarem no debate relacionado com os impactos dos cultivos GM nos Estados Unidos. Em 1984, o *White House Office of Science and Technology Policy* propôs o *Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology*, que estabeleceu os princípios gerais da política do governo dos Estados Unidos para a regulação do desenvolvimento e da produção de cultivos GM. O *Coordinated Framework* foi promulgado em 1986, dez anos antes do início da produção em grande escala de cultivos GM.

Embora a regulação dos riscos seja a maior fonte de conflitos e de discórdia entre os governos, a regulação dos cultivos GM inclui outros tipos de políticas, que também são fontes de discordâncias, tais como, as políticas de direitos de propriedade intelectual, de direitos dos consumidores e de investimento público em pesquisa. Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar os diferentes tipos de políticas regulatórias para os cultivos GM, os seus determinantes e as suas conseqüências para o desenvolvimento da engenharia genética.

4.1 As Políticas de Governos na Agricultura

Na visão econômica convencional, as intervenções governamentais na economia são aceitas pelas falhas de mercado. A regulação, em tais casos, é aceita porque o livre mercado, por algumas razões, falha ao produzir comportamentos ou resultados que estejam de acordo com o interesse público. Existem diversas situações em que se observam estas falhas de mercado e que justificam a intervenção estatal: monopólios, externalidades, assimetrias de informações, comportamento anti-competitivo e preços predatórios, bens

públicos e risco moral, poder de barganha desigual, escassez de bens essenciais, justiça distributiva e política sociais e de planejamento (BALDWIN & CAVE, 2002).

No caso da agricultura, as próprias especificidades do setor são usadas para justificar a intervenção dos governos nos mercados de produtos agrícolas. Segundo BUAINAIN (2007), “uma das características marcantes da atividade agropecuária é a sazonalidade decorrente, ainda hoje, em que pese o progresso tecnológico, da dependência de fatores climáticos, ambientais e dos ciclos biológicos das plantas e animais”. A dependência da natureza e a sazonalidade resultam em uma oferta pouco elástica, em comparação com outros setores da economia. A rigidez da oferta tem duas conseqüências. Primeiro, nem sempre a produção agrícola consegue responder a mudanças na demanda, o que pode levar a grandes oscilações no nível de preço. Segundo, ela cria um descompasso entre receitas correntes e gastos correntes, aumentando a dependência do agricultor do capital de giro. Estas três características, a dependência de fatores naturais, a sazonalidade e a rigidez da oferta fazem com que a agricultura enfrente mais riscos e incertezas do que os demais setores da economia. Estas características justificaram o uso, desde o início do século passado, de dois tipos muito comuns de políticas agrícolas: as políticas de preços agrícolas e as políticas de crédito rural (BUAINAIN, 2007).

Além das características apresentadas acima, existem outras que também são utilizadas para justificar diversos tipos de políticas no setor agrícola. Por exemplo:

- i. Externalidades: muitos insumos agrícolas, como os fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, podem causar poluição do ar, do solo e da água e causar diversos problemas de saúde para a população.
- ii. Direitos de propriedade mal definidos para ativos como a água de irrigação e outros estoques de recursos naturais; ou direitos de propriedade intelectual sobre invenções ou sobre as variedades vegetais.
- iii. Informações assimétricas sobre as características dos produtos, incluindo a tecnologia e os insumos utilizados e a segurança para a saúde humana.
- iv. Distorções causadas pelo exercício do poder de mercado das grandes empresas, tanto das fornecedoras de insumos quanto das processadoras e das que comercializam e distribuem os produtos agrícolas.

De certa forma existe um consenso social de que as novas tecnologias, principalmente as tecnologias agrícolas, precisam ser reguladas. Até porque as políticas governamentais têm uma proposta dual: proteger o interesse público e os indivíduos de algum dano e ao mesmo tempo criar um ambiente institucional estável e previsível para a inovação. Além do mais, a agricultura, é um dos setores que mais sofre intervenções governamentais nas economias capitalistas. Portanto, a discussão no caso dos cultivos GM não é se devem ou não haver intervenções, mas sim que tipo, em que área e que propósito elas devem perseguir.

As diversas formas de intervenção dos governos nos mercados agrícolas refletem, portanto, os diferentes tipos de falhas de mercado que caracterizam a produção, a comercialização e, principalmente, a inovação e a difusão de novas tecnologias na agricultura. Além das tradicionais políticas de preço agrícola e de crédito rural, os governos fazem políticas para garantir a segurança do uso de tecnologias, políticas para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos, políticas de defesa dos direitos dos consumidores, políticas para garantir os direitos de propriedade intelectual dos inventores e dos melhoristas de plantas, políticas para proteger os direitos dos agricultores perante os interesses das grandes corporações, políticas comerciais, incluindo tarifas, cotas de importações e barreiras técnicas e as políticas científicas e tecnológicas, que incluem os incentivos a inovação privada e o investimento público direto na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

As inovações tecnológicas foram fundamentais no século passado para diminuir a sazonalidade e reduzir a dependência da produção agrícola de fatores naturais, como as mudanças climáticas e os ataques de pragas, e por esta razão diversos países em desenvolvimento praticaram políticas que tiveram por objetivo aumentar difusão tecnológica na agricultura. As políticas para este fim incluíam políticas de crédito para comprar os pacotes tecnológicos, políticas de treinamento e de formação de recursos humanos e principalmente os investimentos diretos realizados por instituições públicas de pesquisa para adaptar as tecnologias as condições locais e em alguns casos desenvolver tecnologias próprias.

Uma característica das tecnologias agrícolas que foram desenvolvidas no século passado e difundidas com mais intensidade no pós-guerra, foi que os seus efeitos positivos

foram amplamente percebidos pelos agricultores, pelos consumidores e pelo público e pelos governos de diversos países. Este fato favoreceu a criação de consensos entre os governos sobre a natureza das políticas que deveriam ser adotadas para lidar com as novas tecnologias. De modo geral, os governos dos países em desenvolvimento, muitos com o apoio financeiro e tecnológico de instituições internacionais, adotaram políticas que tiveram como propósito a promoção e o desenvolvimento destas tecnologias. Os países que conseguiram os melhores resultados em termos de aumento da produção agrícola per capita, de aumento do rendimento por hectare e de aumento da estabilidade da produção na segunda metade do século passado foram os que usaram de forma mais eficiente as tecnologias da revolução verde e a eficiência, por sua vez, foi muito dependente das políticas governamentais. Nos países onde os governos fizeram políticas de crédito, políticas de preço e, principalmente, fizeram investimentos em pesquisa e desenvolvimento, os resultados obtidos das tecnologias foram maiores (EVENSON, 2001; FAO, 2000; WU & BUTZ, 2004).

No caso dos cultivos GM, a forma assimétrica em que tanto os benefícios quanto os riscos estão sendo percebidos, tem impedido a criação de consensos entre os diferentes grupos de *stakeholders* que participam do processo inovativo, a opinião pública e os governos. Esta falta de consenso está resultando em formas diferentes de regulação, o que poderá inviabilizar qualquer tentativa de se construir uma harmonização regulatória entre os países, algo essencial por se tratar de uma tecnologia que será utilizada na produção de commodities agrícolas que tem um grande fluxo comercial entre os países.

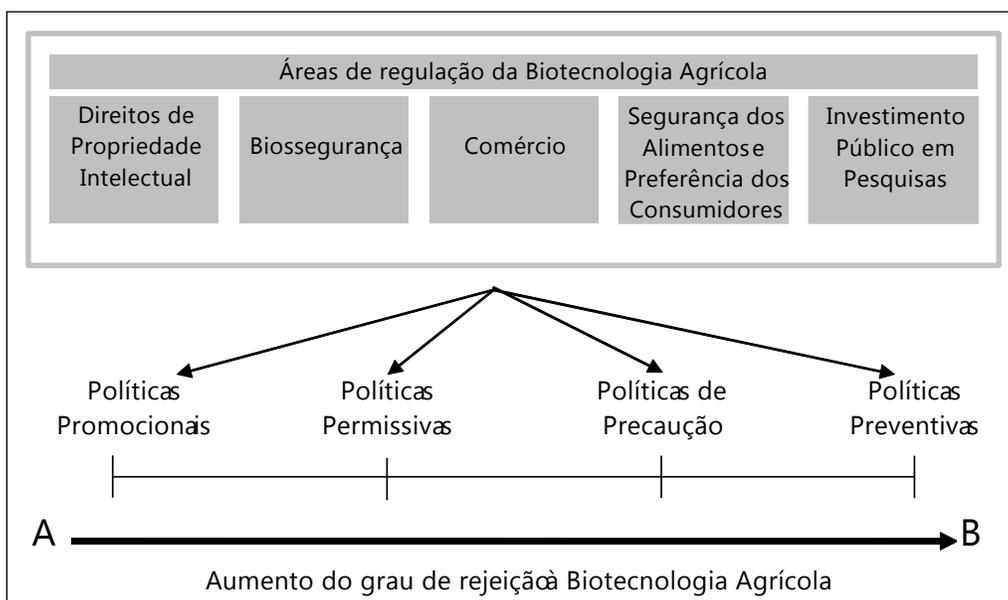
Embora haja um consenso quanto à necessidade de políticas para o desenvolvimento da tecnologia, há muitas divergências quanto a duas questões. A primeira são as áreas de atuação dos governos, ou seja, a definição do escopo das políticas. A segunda é com relação aos objetivos das políticas, se elas devem promover, retardar ou bloquear o desenvolvimento da tecnologia.

4.2 Os Diferentes Tipos de Políticas para os Cultivos GM

Segundo PAARLBERG (2001), as políticas governamentais para os cultivos GM podem ser classificadas segundo as suas áreas de atuação e segundo os seus efeitos sobre o

desenvolvimento tecnológico. Como mostra a Figura 26, existem cinco áreas nas quais os governos precisam tomar decisões políticas: direitos de propriedade intelectual, biossegurança, comércio exterior, direitos dos consumidores e investimento público em pesquisa. Com relação aos efeitos destas políticas sobre o desenvolvimento tecnológico, elas podem ser classificadas em quatro tipos: as políticas promocionais, as políticas permissivas, as políticas de precaução e as políticas preventivas.

Figura 26. As Políticas Regulatórias para a Engenharia Genética na Agrícola



Fonte: PAARLBERG (2001), apud SILVEIRA & BORGES (2009).

4.2.1 As Políticas de Direitos de Propriedade Intelectual

As políticas de direitos de propriedade intelectual (DPI) têm influência direta sobre uma variável fundamental para a inovação que é a apropriabilidade. Segundo DOSI *et al* (1993, p. 106), numa economia de mercado a taxa e direção do progresso técnico em qualquer setor depende de três características: “primeiro, das fontes e a natureza das oportunidades tecnológicas; segundo, da natureza dos requerimentos dos usuários e, de maneira mais geral, dos mercados reais e potenciais; e terceiro, das possibilidades para os inovadores exitosos de apropriar-se de uma proporção suficiente dos benefícios de suas atividades inovadoras para justificar o esforço de pesquisa invertido em tais atividades”.

As oportunidades tecnológicas podem ser criadas a partir de avanços científicos, como foi o caso da descoberta da tecnologia do DNA recombinante, que criou oportunidades de inovações em diferentes áreas industriais. Segundo DOSI (1984), uma

condição necessária para o aproveitamento destas oportunidades pelas firmas é a capacitação tecnológica que elas possuem. Assim, as empresas capacitadas irão explorar as oportunidades se houver condições de apropriabilidade dos ganhos da inovação.

Existem muitas formas de apropriar-se dos resultados das inovações, tais como as vantagens dos líderes (os primeiros a desenvolver um determinado produto, por exemplo); o segredo industrial; os esforços de *marketing* e de prestação de serviços (prática muito comum, por exemplo, na indústria farmacêutica); e a concessão de patentes. A forma que os inovadores utilizaram para garantir a apropriabilidade dependerá do tipo de inovação, ou seja, a natureza da inovação determina a eficácia de cada forma para garantir a apropriabilidade.

Em função da ineficácia das outras formas de apropriação, a garantia da proteção legal da propriedade intelectual concedida pelo Estado é, para muitos tipos de inovações, a forma mais eficaz de garantir a apropriabilidade. Assim, para muitos setores as patentes são os meios mais eficazes de garantir a apropriabilidades. Segundo NELSON (1982), a indústria química, principalmente o segmento farmacêutico, e a indústria de aparelhos, de instrumentos e de ferramentas se destacam dentre aqueles que mais dependem do sistema de patentes para se apropriar dos resultados das inovações. Daí a relevância das políticas de direitos de propriedade para a inovação em muitos setores da economia, onde a apropriação dos benefícios depende da proteção legal dos direitos de propriedade intelectual.

A engenharia genética é considerada uma área onde as formas legais de proteção, sobretudo a concessão de patentes, são fundamentais para a apropriação. Algumas características da engenharia genética, como a complexidade e os elevados custos de pesquisa e desenvolvimento e a facilidade de imitação, fazem com que as outras formas de apropriação não sejam eficazes (ORSENINGO, 1989; LIEBESKIND *et al*, 1995; SOLLEIRO, 2003).

Assim, a importância das políticas de direitos de propriedade intelectual (DPI) para o futuro da engenharia genética agrícola dentro das fronteiras do país está relacionada com dois fatores. Primeiro, a proteção dos DPI é essencial para os setores onde o custo de inovação é alto e o custo de imitação é relativamente baixo, como é o caso da engenharia genética. O processo de desenvolvimento de um cultivo geneticamente modificado, além de custoso, é longo e incerto. Já imitação é um procedimento relativamente fácil, uma vez que

uma semente geneticamente modificada pode ser facilmente reproduzida (DAL POZ et al, 2004; RAO, 2007).

O segundo fator é que grande parte do esforço para o desenvolvimento de cultivos geneticamente modificados está sendo feito por empresas privadas. Sem garantias de DPI, as empresas privadas poderão ter poucos incentivos para investir seus recursos no desenvolvimento de novas tecnologias. Assim, dado que o setor privado está liderando o processo inovativo, a trajetória futura dos cultivos GM depende das políticas de direitos de propriedade intelectual.

O surgimento das primeiras inovações no campo da engenharia genética no final dos anos 70 criou dois problemas para as políticas de direitos de propriedade intelectual. O primeiro, mais geral e aplicado a todas as inovações da engenharia genética, é o fato do sistema de concessão de patentes que vigorava até então ter sido construído para atender as necessidades das indústrias da primeira e da segunda revolução industrial, que eram as indústrias mecânicas, químicas e elétricas. O segundo, específico para as aplicações da engenharia genética na agricultura, o fato da proteção de inovações vegetais não ser feita através da concessão de patentes, mas através da concessão dos direitos dos melhoristas.

Nos Estados Unidos, a primeira patente no campo da engenharia genética foi concedida em 1980. Em 1973 Stanley Cohen (Universidade de Stanford) e Hebert Boyer (Universidade da Califórnia) entraram com um pedido de patente no *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) para um organismo geneticamente modificado²⁴. Este pedido foi concedido depois de sete anos de tramitação no USPTO (Patente US 4.237.224, *Process for producing biologically functional molecular chimeras*) (RIMMER, 2008; DAL POZ et al, 2004).

Outro caso emblemático deste período foi o caso *Diamond v. Chakrabarty*²⁵. Em 1972, Ananda Chakrabarty, que trabalhava para a *General Electric Company*, entrou com um pedido de patente na USPTO para um microorganismo geneticamente modificado capaz de absorver derramamentos de petróleo (*Microorganisms having multiple compatible degradative energy-generating plasmids and preparation thereof*). Como a USPTO não

²⁴ Stanley Cohen e Herbert Boyer enxertaram em um plasmídeo bacteriano um gene proveniente de um DNA estranho àquele plasmídeo. Este plasmídeo foi inserido em um organismo vivo, que por sua vez se transformou em uma “fábrica” capaz de reproduzir o gene desejado.

²⁵ Ananda Chakrabarty foi o cientista que entrou com o pedido da patente de um microorganismo e Sidney Diamond era o diretor do USPTO e tinha um posicionamento contrário a concessão da patente.

concedia patentes para organismos vivos, por serem produtos da natureza e não da invenção humana, o pedido a princípio foi negado. Depois de várias negações do USPTO²⁶, a Suprema Corte dos Estados Unidos concedeu uma patente para a empresa *General Electric* por um microorganismo geneticamente modificado²⁷. Esta decisão foi importante porque ela se tornou um marco judicial para futuros processos da mesma natureza²⁸ (RIMMER, 2008; DAL POZ et al, 2004).

Segundo DAL POZ et al (2004), a agenda dos direitos de propriedade intelectual no campo da engenharia genética

“se ampliou vertiginosamente a partir dos anos 90 e incluiu os regimes de regulação e adaptação legislativa nacionais e de harmonização internacional do padrão de proteção patentária nos países signatários da Organização Mundial do Comércio (OMC). Acesso a recursos genéticos e genoma e seus derivados tornam o quadro envolvendo os DPI ainda mais complexos”

A política de proteção de patentes nos Estados Unidos deu às empresas privadas um incentivo maior para investir no desenvolvimento de cultivos geneticamente modificados de grande potencial de mercado, como são os casos da soja, do milho e do algodão. Até 2007, os Estados Unidos foram os líderes no campo da biotecnologia agrícola em todos os critérios que se possa utilizar para medir o seu grau de desenvolvimento: área colhida com cultivos GM, número de cultivos em fase de pesquisa e testes de campo, número de empresas privadas no setor de biotecnologia, número de patentes de biotecnologia e investimento em P&D das empresas privadas de biotecnologia (JAMES, 2007; BRIAN & RYAN, 2004; OCDE, 2007).

Uma questão relevante no caso das patentes para aplicações da engenharia genética na agricultura é a existência de outras formas de proteção dos direitos de propriedade intelectual. Segundo DAL POZ et al (2004), “os DPI contam com três instituições: direitos autorais, propriedade industrial – marcas, patentes, denominações geográficas – e os direitos sobre as obtenções vegetais”. Nos EUA, o *Plant Patent Act*, de 1930, “criou um

²⁶ A posição da USPTO, de não conceder a patente por se tratar de um organismo vivo, foi reafirmada pela *Board of Appeals* e pela *United States of Court of Customs and Patent Appeals* (RIMMER, 2008).

²⁷ A patente expedida em março de 1981. A contenda mostrou a profunda divisão de opiniões dentro da Suprema Corte, tendo a visão pró-patente saído vitoriosa pela apertada margem de 5x4 (RIMMER, 2008).

²⁸ Em 1985 o USPTO concedeu patente para uma variedade de milho com maior conteúdo de aminoácidos. Em 1988, concedeu uma patente sobre um mamífero geneticamente modificado (o rato de Harvard), no qual foi inserido um gene associado a um tipo de câncer humano (RIMMER, 2009).

regime especial diferente do sistema de patentes de utilidade dos setores industriais” (RIMMER, 2008; DAL POZ et al, 2004). Na Europa, iniciou-se em 1950 o processo de implementação do sistema UPOV (*International Union for the Protection of New Varieties of Plants*), para proteger as inovações vegetais resultantes do melhoramento de plantas. O principal objetivo da UPOV é garantir a proteção das variedades de plantas ou o direito dos melhoristas (*plant breeder’s right*)²⁹. A UPOV tem cinco funções básicas: estabelecer as regras para a garantia da proteção (novidade, distinção, homegeneidade e estabilidade), o escopo mínimo de proteção, a duração mínima da proteção (20 anos), o número mínimo de gêneros e de espécies vegetais cujas variedades devem ser protegidas e as regras para as relações entre os Estados membros (GREENGRASS, 2000).

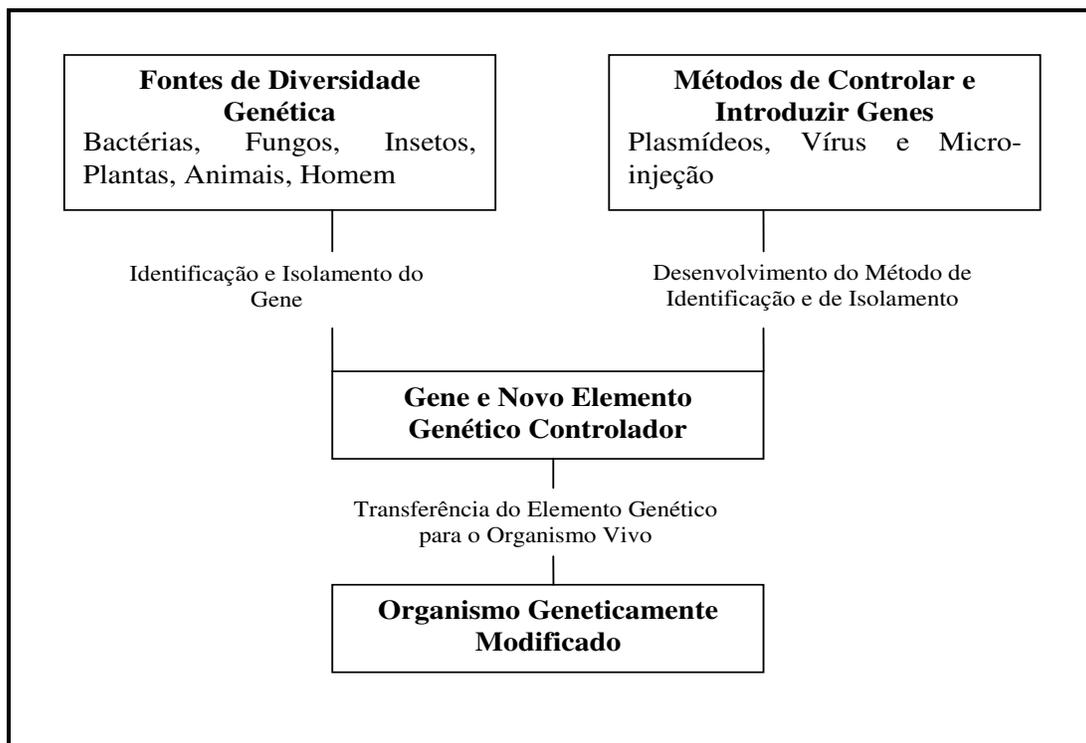
A Convenção da UPOV foi assinada em 1961 e entrou em vigor em 1968. Deste então a Convenção foi revisada três vezes: em 1972, 1978 e 1991. A revisão de 1991 refletiu, segundo GREENGRASS (2000), a experiências de operação da Convenção e os avanços científicos e tecnológicos, principalmente a emergência da engenharia genética e suas aplicações no campo do melhoramento de plantas, ocorridos entre 1961 e 1991. Segundo DAL POZ et al (2004), a Ata de 1991 “demonstra claro alinhamento com a lógica dos acordos TRIPS (...) já que permite que cada país membro possa decidir se deseja ou não conceder o privilégio aos agricultores que executam fitomelhoramento por técnicas tradicionais, mas poderia aceitar a dupla proteção, abrindo a possibilidade de obtenção de patentes ou títulos sobre obtenções vegetais”. Segundo PAARLBERG (2001), a diferença básica entre as duas versões da UPOV é que a versão de 1978 “protege implicitamente o tradicional privilégio dos agricultores de usar e trocar (mas não vender) sementes de variedades de plantas protegidas para propósitos de propagação em suas propriedades”.

Uma segunda questão relevante com relação às patentes em engenharia genética agrícola é a definição do que poderá ser patenteado. Como mostra a Figura 27, o processo de desenvolvimento de um cultivo GM é constituído de diversas etapas. A primeira etapa consiste na identificação e no isolamento do gene de interesse de acordo com o objetivo do projeto (tipo de problema que o cultivo GM deverá combater). A segunda etapa consiste em isolar quimicamente o gene alvo que foi identificado na etapa 1. A terceira etapa consiste

²⁹ Segundo GREENGRASS (2000), o direito dos melhoristas pode ser definido como “an exclusive right granted to the breeder of a new plant variety to exploit that variety. It is a form of intellectual property right and is an independent *sui generis* form of protection tailored to the protection of new plant varieties”.

na construção de novo elemento genético ou um vetor de transformação. E a quarta etapa consiste na transformação da planta. No final do processo, a empresa ou a instituição que desenvolveu o novo cultivo GM tem três produtos passíveis de ser patenteados: o gene, o método ou o vetor e o cultivo GM.

Figura 27. Etapas do Desenvolvimento de um Cultivo GM



Fonte: elaborado a partir de EFB (1996).

Considerando que uma parte das pesquisas com cultivos GM é feita através de parcerias entre empresas privadas, universidades e instituições públicas de pesquisa, a possibilidade de se requerer patentes em todas as etapas aumenta os riscos de conflitos entre os parceiros. O desenvolvimento de uma planta inseticida, por exemplo, pode requerer diversas patentes, incluindo a patente da própria planta, da tecnologia de transformação, da codificação de genes para uma proteína inseticida, do promotor e dos vários elementos reguladores e das modificações exigidas para expressar os genes nas células das plantas (SEHGAL, 1999).

Segundo PAARLBERG (2001), concessão de patentes para empresas privadas e universidades pode também comprometer os investimentos públicos para inovar ou transferir as tecnologias de cultivos GM para os agricultores mais pobres. O autor cita como exemplo o caso do Arroz Dourado, que foi desenvolvido pela Fundação Rockefeller

em parceria com a Federação Suíça e com a União Européia, para ser disponibilizado para os agricultores de subsistência de países pobres. Para desenvolver este cultivo, os cientistas suíços usaram 70 patentes de 32 proprietários diferentes.

Assim, as políticas governamentais para os DPI na área dos cultivos GM podem ser de duas formas: concessão de patentes ou direitos dos melhoristas. No primeiro caso, as políticas poderão conceder o direito de patentear os três – gene, o vetor e o cultivo – dois ou apenas um produto (DAL POZ et al, 2004; DAL POZ & BARBOSA, 2007). No segundo caso, os direitos dos melhoristas poderão ser garantidos de acordo com a UPOV de 1978 ou com a de 1991 (DAL POZ et al, 2004; PAARLBERG, 2001).

As escolhas de políticas dos governos quanto aos direitos DPI das empresas que desenvolvem e comercialização cultivos GM – sistema de patentes, sistema UPOV de 1978 e sistema UPOV de 1991 – dependerá dos objetivos finais dos governos. Segundo PAARLBERG (2001), se o objetivo do governo for o de promover a tecnologia, ele poderia adotar uma política de proteção de patentes para genes, para vetores e para plantas e de proteção de variedades de plantas para as novas variedades de cultivos GM. Este seria o sistema adota pelos EUA, que adota um sistema de “dupla proteção”, porque o cultivo GM é protegido por patentes e por direitos dos melhoristas.

Se o governo quiser ser um pouco menos promocional, o governo poderia negar a proteção de patentes, mas conceder proteção de variedade de plantas aos cultivos GM de acordo com um sistema de direitos dos melhoristas. Segundo PAARLBERG (2001), este sistema é adotado tradicionalmente pelos governos europeus e é suficientemente forte para satisfazer as regras do acordo TRIPS. PAARLBERG (2001) classifica as políticas de permissivas se os direitos de dos melhoristas for baseado na UPOV de 1991 e de políticas de precaução se for baseado na UPOV de 1978.

Se um do governo quiser bloquear totalmente a produção e a comercialização de cultivo GM dentro do seu país, ele poderia não conceder nenhum tipo de DPI para os detentores da tecnologia.

4.2.2 As Políticas de Biossegurança

Uma segunda área na qual os governos devem tomar decisões políticas com relação aos cultivos GM é na área da biossegurança. As políticas de biossegurança tratam

basicamente das normas necessárias para minimizar os riscos da engenharia genética para o meio ambiente, para a saúde humana e para a saúde animal.

É no campo da biossegurança onde se concentram as maiores críticas aos cultivos GM. Para os críticos, a introdução de um cultivo GM no meio ambiente apresenta riscos maiores do que a introdução de uma planta não GM. E estes riscos são maiores nos países em desenvolvimento, onde a biodiversidade é mais rica. Dentre os riscos apontados pelos críticos, a contaminação genética, os efeitos indesejáveis sobre os organismos não alvos, a resistência a herbicidas e a resistência a inseticidas (NODARI, 2001; ALTIERI, 2001). Além dos riscos ambientais, existem também diversas preocupações com relação aos riscos para a saúde humana (FERMENT & ZANONI, 2007).

As políticas de biossegurança serão criadas em função de como os governos vêem os riscos ambientais dos cultivos GM. Quando estabelecem as próprias políticas de biossegurança, os governos precisam decidir mais uma vez entre ser promocional, permissivo, precaucional ou preventivo (PAARLBERG, 2001).

Se um governo quer ser totalmente promocional ele poderá simplesmente não exigir estudos de biossegurança para os cultivos GM dentro da fronteira do seu país, bastaria aprovar para a produção todos os cultivos GM que obtiveram aprovação em outro país. Neste caso, o governo exigiria apenas testes para avaliar o desempenho agrônômico dos cultivos, dando muito pouco atenção para os possíveis impactos ambientais.

Uma alternativa menos promocional de política para biossegurança seria a realização de todos os testes necessários em busca de demonstrações reais dos riscos ambientais dos cultivos GM, mas sem considerá-los inerentemente como mais perigosos para o meio ambiente simplesmente pelo fato de serem modificados através da engenharia genética. Este seria um enfoque permissivo, onde os cultivos GM seriam analisados com rigor, mas não mais do que os cultivos não GM (PAARLBERG, 2001). O enfoque permissivo é o adotado pelos Estados Unidos, onde as novas plantas GM são testadas com um padrão rigoroso, mas sem usar procedimentos específicos para elas. Para estudar os possíveis efeitos nocivos sobre o meio ambiente, o governo dos Estados Unidos utiliza agências tradicionais, tais como o *Animal and Plant Health Inspection Service* (APHIS), a *Environmental Protection Agency* (EPA) e o *Food and Drug Administration* (FDA) (BELSON, 2000).

Para a maior parte dos países desenvolvidos, como é o caso da União Européia, e dos em desenvolvimento, há uma percepção maior dos riscos “diferenciados” dos cultivos GM, o suficiente para que nestes países se defenda a necessidade de se criar leis e agências específicas para eles. O enfoque “europeu” de exigir dos cultivos GM regulações mais rigorosas de biossegurança, se baseando muito mais na incerteza científica do que no risco demonstrável, é que pode ser classificado como um enfoque de precaução. Segundo PAARLBERG (2000), sob este enfoque “os governos se abstêm dos ensaios de campo ou da liberação comercial dos cultivos GM não simplesmente para evitar os riscos que são conhecidos e que já foram demonstrados, mas também para evitar os riscos hipotéticos que não foram demonstrados”.

Uma situação de política preventiva de biossegurança seria o caso, por exemplo, de países ricos em biodiversidade e com capacidade técnica débil para distinguir entre os riscos demonstrados e aqueles que são apenas hipotéticos e tratá-los todos como reais. Estes países tenderão a serem mais preventivos ainda caso forem importadores líquidos de alimentos ou a agricultura nacional não tiver grande importância econômica, social e política. Assim, sob um enfoque preventivo as novas variedades GM não seriam analisadas caso a caso para avaliar os riscos, mas simplesmente assumiriam os riscos *a priori*, sem submeter a provas, baseado apenas no fato de serem “geneticamente modificados”.

4.2.3 As Políticas Comerciais

As políticas comerciais, principalmente as de importações, são uma terceira área onde os governos podem atuar para prevenir ou promover o uso de cultivos GM. Uma política totalmente promocional procuraria estimular a importação de sementes ou cultivos GM.

Do lado das importações, uma política de comércio totalmente promocional para os cultivos GM seria aquela que estimularia de importação de sementes ou cultivos GM, exigindo pouco ou nenhum tipo de especificação sobre eles. Do lado das exportações, a política promocional de importar sementes GM resultaria em maior produtividade e redução de custos e, portanto, maior competitividade das exportações, supondo uma aceitação dos cultivos GM por parte dos importadores.

Uma política permissiva para os cultivos GM seria regular as importações de sementes e cultivos GM de acordo com as regras do Acordo de Medidas Sanitárias e Fitosanitárias da OMC (AMSF-OMC). Neste caso, a regulação seria cientificamente fundamentadas nos padrões da OMC e não seria mais rigorosa do que as regulações de sementes ou cultivos não GM.

Uma política comercial de precaução imporá um conjunto de regulações específico para as importações de sementes e cultivos GM. As regulações para os materiais GM poderiam se basear cientificamente no AMSF-OMC e em outros fundamentos de biossegurança mais rigoroso. As regulações específicas poderiam tomar a forma de requerimentos de informações adicionais, como a rotulagem ou uma notificação prévia de todos produtos contendo material GM. Para os materiais GM que serão colocados em contato com o meio ambiente, as exigências de notificações ou rotulagens poderão ser amparadas no Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança.

A imposição de regulações muito rigorosas, com exigências de rotulagem, rastreamento e segregação, por exemplo, poderia tornar-se muito inconveniente e custoso para os exportadores, inviabilizando, em muitos casos, o comércio transfronteiriço de sementes, cultivos e outros materiais GM. Neste caso, as políticas poderiam ser classificadas como preventivas, pois elas tenderiam inviabilizar o comércio impondo exigências que dificilmente os exportadores conseguiriam atender.

4.2.4 Políticas dos Direitos dos Consumidores

Enquanto que nos países em desenvolvimento, principalmente nos grandes exportadores agrícolas, o debate sobre os cultivos GM seja dominado pelas questões de DPI, biossegurança e comércio, na Europa, Japão e nos Estados Unidos, a segurança dos alimentos e o direito dos consumidores de serem informados tende a dominar o debate público. Não que a segurança dos alimentos não seja um problema para os países pobres, mas o preço e escassez normalmente geram preocupações muito maiores do que a qualidade dos alimentos.

Uma forma de regular os cultivos GM de modo a promover a sua produção e consumo é partir do pressuposto de que os alimentos GM até o momento não foram associados com nenhum novo risco de segurança para os consumidores suficientemente

sério para exigir um tratamento especial. A segurança dos alimentos GM seria então reguladas pelos mesmos princípios e padrão de rigor do que os alimentos não GM e, portanto, não se justifica, por exemplo, medidas como a rotulagem para os alimentos GM. Este enfoque é o adotado nos Estados Unidos, que como no caso da regulação da biossegurança, os alimentos GM são regulados pela mesma agência, no caso o FDA, e pela mesma lei, a Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos, que regula os alimentos não GM (BELSON, 2000).

Até 2000 não havia nenhuma recomendação de rotulagem de alimentos GM nos Estados Unidos, porque o FDA não considerava que o método “engenharia genética” de produzir o alimento era uma informação que justificasse um rótulo. A partir de 2001, o FDA passou a incentivar a rotulagem voluntária e continuou a não exigir rotulagem diferente para os cultivos GM, exceto quando o uso da biotecnologia resulta em mudança significativa na composição do alimento. Neste caso, a etiqueta é exigida somente para descrever a mudança na qualidade do produto e não no processo pelo qual ele foi produzido.

Uma atitude permissiva, menos promocional do que a dos Estados Unidos, seria reconhecer como legítimas as preocupações dos consumidores com relação a segurança dos cultivos GM. Os governos poderiam concluir que mesmo que os riscos específicos dos alimentos GM não tenham sido demonstrados a pelos cientistas ainda, os consumidores tem o direito de saber o que eles estão consumindo. A partir desta abordagem, a política regulatória poderia exigir das empresas rotular os alimentos como “GM” caso a porcentagem de material GM fosse superior a uma porcentagem especificada pelo governo. Na abordagem permissiva mas resguardando o direito dos “consumidores de saber”, a rotulagem seria apenas para os alimentos processados, ficando de fora, portanto, os alimentos frescos ou *in natura*.

Uma regulação mais rigorosa, menos permissiva, estabeleceria a rotulagem para todos alimentos GM, incluindo os processados e os *in natura*. Sob este enfoque, a regulação será mais rígida, exigindo das empresas a segregação ou a preservação da identidade, separando os alimentos GM dos não GM, da produção até eles chegaram ao consumidor final. Este tipo de regulação, apesar de fornecer mais e detalhadas informações

para os consumidores, poderá resultar em elevação dos custos de produção, de transporte e de armazenamento.

A política preventiva de segurança dos alimentos poderia ser simplesmente o banimento de todo o comércio de alimentos GM dentro das fronteiras do país. O objetivo desta política seria proteger os consumidores contra riscos hipotéticos e desconhecidos.

4.2.5 As Políticas de Investimento Público em Pesquisa e Desenvolvimento

Os quatro tipos de políticas apresentados acima se caracterizam por serem típicas políticas regulatórias, ou seja, são políticas que estabelecem regras e criam normas de comportamento para os agentes privados. O quinto tipo de política – a política de investimento público em pesquisa – destoa das demais por ser uma política de gasto governamental e não simplesmente uma política regulatória.

As inovações biológicas ou vegetais, como uma semente ou uma variedade melhorada, possuem características de bens públicos e geram muitas externalidades, dado que os benefícios sociais de uma tecnologia agrícola podem superar os seus custos privados. Segundo COSTA & FREITAS (2006), o aumento da produtividade via melhoramento vegetal teve um impacto significativo na redução dos preços dos grãos, como soja, milho e trigo. Além do mais, os investimentos públicos em pesquisa têm uma taxa retorno muito alta.

Por esta razão que a maioria dos governos faz investimentos diretos na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias vegetais e grande parte do investimento público em pesquisa agrícola é feito nos países em desenvolvimento. Em 2000, cerca de 55% do total do investimento público no mundo foi realizado nos países em desenvolvimento. Enquanto nos países desenvolvidos a participação dos gastos públicos com pesquisa agrícola é de 45,7%, nos países em desenvolvimento a participação do setor público é de mais de 90% (PARDEY et al, 2007).

Os sistemas públicos de pesquisa agrícola em muitos países sempre enfrentaram escassez de recursos, o que os obrigavam a tomar decisões difíceis de quais cultivos deveriam ser priorizados pelas instituições de pesquisa. Devido a revolução da engenharia genética, os sistemas públicos de pesquisa enfrentam também a difícil decisão sobre o quanto de recursos deverão ser direcionados para pesquisas com cultivos GM.

A questão é que o acesso às variedades geneticamente modificadas para os agricultores dos países em desenvolvimento depende dos investimentos das instituições públicas, seja para desenvolver os seus próprios cultivos GM ou para adaptar aqueles desenvolvidos pelas empresas multinacionais às condições e necessidades locais. As empresas privadas com sede nos países desenvolvidos estão na liderança da comercialização de variedades GM e elas têm dado pouca atenção as necessidades dos agricultores pobres dos países tropicais. Portanto, se os governos quiserem promover a revolução dos cultivos GM dentro das fronteiras dos seus países, terão que necessariamente colocar recursos em seus sistemas públicos de pesquisa e extensão agrícola.

Os governos dos países em desenvolvimento que buscam promover ou bloquear o desenvolvimento da biotecnologia agrícola poderão assumir diferentes posturas de políticas de investimento público em pesquisa. Caso adotem uma postura mais promocional, eles poderão investir recursos oriundos de doações de instituições filantrópicas internacionais e mais os recursos próprios. Uma motivação para este tipo de política poderá ser o investimento em pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de “cultivos órfãos”, aqueles cultivos que são negligenciados pelas empresas privadas.

Uma abordagem menos promocional seria usar as instituições públicas não para o desenvolvimento de novos cultivos GM, mas apenas para transferir e adaptar as variedades desenvolvidas nos países desenvolvidos.

Uma política de precaução de investimento público seria permitir a transferência de atributos de características GM para as variedades desenvolvidas localmente, mas somente se as instituições internacionais filantrópicas ou de pesquisa quiserem patrocinar esta atividade, enquanto que os recursos públicos não seriam destinados nem para o desenvolvimento nem para a adaptação de novas variedades GM. Neste caso, os recursos públicos seriam destinados para outros tipos de pesquisa, podendo incluir as biotecnologias não GM, como a cultura de tecidos. Uma abordagem preventiva seria aquela em que os governos não permitissem a transferência de e adaptação de variedades GM mesmo que as instituições internacionais quisessem patrocinar.

O Quadro 8 apresenta um resumo das políticas regulatórias para os cultivos GM, de acordo com as áreas e os seus efeitos sobre a inovação.

Quadro 8. Os Tipos de Políticas Regulatórias para os Cultivos Geneticamente Modificados

	Promocional	Permissivo	Precaucional	Preventivo
Direitos de Propriedade Intelectual	Concessão de patentes e direitos dos melhoristas sob a UPOV 1991	Garantia dos direitos dos melhoristas sob a UPOV 1991	Garantia dos direitos dos melhoristas sob a UPOV 1978, que preserva os privilégios dos agricultores de reproduzir suas sementes	Nenhuma lei de DPI para plantas ou animais ou lei de DPI somente no papel
Biossegurança	Ausência de estudos, aprovação de cultivos GM com base nos estudos e aprovação feitos em outros países	Realização de estudos minuciosos caso a caso para demonstrar a existência real de riscos	Realização de estudos minuciosos caso a caso, mas levando em consideração também as incertezas científicas ligadas ao caráter revolucionário da engenharia genética	Ausência de estudos caso a caso, os riscos são assumidos <i>a priori</i> , porque são produzidos através de engenharia genética
Comércio	Ausência de restrições sobre importações de sementes e plantas GM, porque eles contribuem para redução de custos, aumentar a produtividade e, portanto, aumentar a competitividade das exportações	Não há políticas nem de promover e nem de prevenir o uso de cultivos GM; a importação de sementes ou cultivos GM seguem os procedimentos científicos estabelecidos pela OMC	A importação de cultivos GM não é proibida, mas ela deverá estar sujeita a procedimentos específicos; poderá haver a exigência de rotulagem de cultivos GM e seus derivados, de acordo com as cláusulas do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança	A importação de sementes ou cultivos GM é proibida; o país prefere o status de livre de transgênico na esperança de que os países importadores pagaram prêmios para cultivos não GM
Segurança dos alimentos e direitos dos consumidores	Ausência de distinção regulatória entre alimentos GM e não GM	Há distinção entre alimentos GM e os não GM; mas a rotulagem dos GM seguirá as mesmas regras dos não GM; não há exigência de segregação ao longo da cadeia produtiva	Rotulagem de forma clara de todos os alimentos GM e exigência de segregação	As vendas de alimentos GM são banidas ou a rotulagem é feita de forma a estigmatizá-los como algo perigoso
Investimento público em pesquisa	Recursos públicos gastos no desenvolvimento de novos cultivos GM e na adaptação dos cultivos desenvolvidos em outros países	Recursos públicos gastos somente na adaptação dos cultivos desenvolvidos em outros países	Poucos recursos públicos investidos em pesquisas com cultivos GM; uso basicamente de doativos para as pesquisas com cultivos GM	Nenhum recurso público ou doativos são utilizados para pesquisas com cultivos GM

Fonte: Elaborado a partir de Paarlberg, 2001.

4.3 Os Determinantes das Políticas Governamentais: Grupos de Interesses e Opinião Pública

Na seção anterior foi visto que a regulação dos cultivos GM engloba um amplo leque de políticas governamentais em diversas áreas. Foi visto também que todas estas políticas podem ser utilizadas tanto para promover quanto para restringir o desenvolvimento tecnológico. As decisões dos governos sobre que tipos de políticas serão adotadas dependem dos seus objetivos, que podem ser a promoção, o retardamento ou simplesmente o bloqueio do desenvolvimento da tecnologia. Estas decisões são muito

influenciadas pela percepção social dos benefícios e dos riscos da tecnologia. A percepção social determina o comportamento e a atitude de grupos de *stakeholders*, que por sua vez atuam como grupos de pressão sobre os governos.

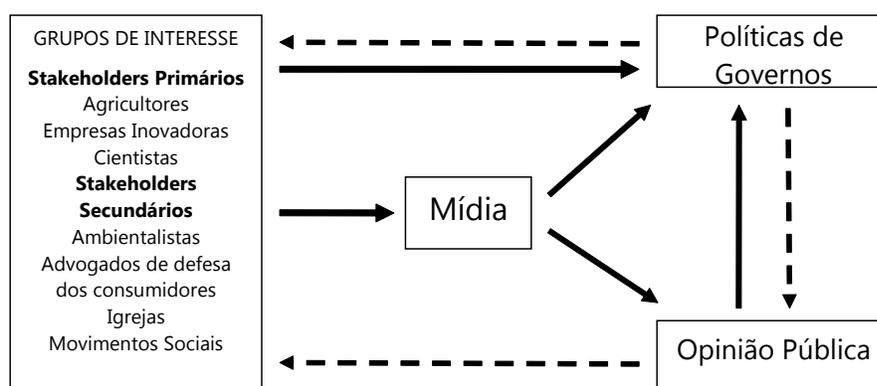
Os *stakeholders* envolvidos no processo inovativo, tanto os *stakeholders* primários quanto os secundários, se organizam em grupos para defender os seus interesses. Estes grupos buscam influenciar ao mesmo tempo a opinião pública e os governos. Os grupos de interesses tentam influenciar as decisões dos consumidores influenciando a percepção da opinião pública. A percepção de benefícios e de riscos da opinião pública tem impacto direto sobre a difusão dos cultivos GM, principalmente no caso daqueles que são utilizados na produção de alimentos, porque este é um mercado muito sensível a percepção de riscos da opinião pública. Ou seja, a propensão de aceitar riscos do público no caso de tecnologias para a produção de alimentos é muito baixa, a não ser que ele perceba muitos benefícios. Assim, a ação dos grupos de interesses é direcionada para influenciar a percepção de benefícios e de riscos do público.

O segundo alvo da ação dos grupos de interesses são as políticas governamentais. Os governos terão de tomar decisões políticas para os cultivos GM nas cinco áreas apresentadas acima e dado que estas políticas não são neutras, ou seja, elas terão impactos sobre o desenvolvimento da engenharia genética no país, estes grupos tentaram influenciar a forma destas políticas segundo os seus interesses. De um lado os grupos de que ressaltam os benefícios da tecnologia e que, portanto, defendem as políticas promotoras da tecnologia. De outro lado, os grupos que se preocupam com os riscos defenderam que os governos adotem políticas de precaução e em muitos casos políticas que inibem o desenvolvimento da tecnologia.

A influência dos grupos de interesses sobre as políticas ocorre, portanto, de duas formas, como mostra a Figura 28. Uma forma é a influência direta sobre as políticas, porque os grupos podem atuar em partidos políticos e, eventualmente, nos próprios governos. A segunda forma é indireta, via a opinião pública, porque esta também pode influenciar as políticas governamentais. Existem duas questões sobre esta relação entre os grupos de interesses as políticas. A primeira é o papel desempenhado pela mídia. A mídia atua como intermediária entre os grupos de interesses, que produzem as informações primárias sobre a tecnologia, e a opinião pública. Existem estudos que mostram que a

mídia, dado o seu caráter sensacionalista, é mais eficiente na comunicação dos riscos do que a dos benefícios, o que pode torná-la numa grande aliada dos grupos que ressaltam os riscos da tecnologia. A segunda questão são os efeitos de “causa e efeito” que existem ente os grupos de interesses, a opinião pública e as políticas de governos. As posições dos grupos de interesses influenciam e são influenciadas ao mesmo tempo pelas políticas. A mesma coisa acontece com a opinião pública, que tanto influencia quanto é influenciada pelas políticas.

Figura 28. Grupos de Interesses, Opinião Pública e Políticas de Governos



Fonte: elaboração própria.

A força e o poder de influência dos diversos grupos de interesses e da opinião pública irão moldar as políticas governamentais para os cultivos GM. Este poder de influência, por sua vez, está condicionado pelas características econômicas, sociais, culturais e políticas de cada país. Portanto, se espera que países com diferentes características tenham políticas diferentes para os cultivos GM. Mas considerando o caráter transnacional do problema, porque grande parte da produção de cultivos GM atual é comercializada no comércio mundial, as políticas diferentes entre os países podem criar sérios obstáculos para o desenvolvimento da tecnologia.

De maneira geral, existem dois grupos de interesses com posições antagônicas com relação aos cultivos GM. Um grupo resalta os seus benefícios e, portanto, defende que as políticas deveriam promover a tecnologia. O outro grupo tende a ressaltar os riscos dos cultivos GM e defende que as políticas devem priorizar a segurança, tanto dos consumidores quanto do meio ambiente. Segundo ISAAC (2006), o primeiro grupo representa os interesses econômicos e o segundo os interesses sociais. Os interesses

econômicos são representados pelas empresas que desenvolvem as tecnologias GM (grandes empresas do setor agro-químico e empresas de biotecnologia), pelos agricultores que produzem cultivos GM e organizações governamentais e não governamentais que reconhecem os benefícios dos cultivos GM e defendem a sua comercialização.

Com visto no capítulo 2, os cultivos GM estão trazendo consideráveis benefícios econômicos, tanto privados e quanto públicos. Os benefícios econômicos dos cultivos GM vão além dos ganhos de rendimento dos agricultores. Como mostram os estudos de impactos dos cultivos GM, os ganhos econômicos se distribuem entre indústrias, agricultores e consumidores (MOSCHINI et al, 2007; TRIGO & CAP, 2006). Em função destes resultados, os grupos de interesses econômicos defendem em primeiro lugar uma estrutura regulatória estável e previsível e, em segundo lugar, que seja promotora do desenvolvimento da tecnologia.

Para os interesses econômicos, é fundamental para a comercialização dos cultivos GM a existência de regras estáveis e previsíveis para o desenvolvimento, testes de campo e aprovações para o mercado e que estas regras sejam estabelecidas com base em critérios unicamente científicos. Da mesma forma, em função do elevado custo de desenvolvimento de um cultivo GM, eles defendem também a existência de regras estáveis para a proteção de direitos de propriedade intelectual.

Considerando que tanto as empresas privadas que desenvolvem e comercializam sementes GM quanto os agricultores que produzem os cultivos GM atuam no mercado internacional, é natural que os grupos de interesses econômicos defendam a internacionalização das regras estáveis e previsíveis, tanto para a biossegurança quanto para os direitos de propriedade intelectual.

Resumindo, os interesses econômicos defendem uma regulação econômica, baseada em critérios científicos e que seja direcionada para o desenvolvimento tecnológico. O objetivo desta regulação econômica seria aumentar a eficiência alocativa do mercado. Para isso os governos devem estimular os investimentos em pesquisas e desenvolvimento, criar as condições de concorrência para garantir um ambiente competitivo e investir na formação de recursos humanos.

Os interesses sociais tendem a defender modelos de políticas muito diferentes daquelas defendidas pelos interesses econômicos. Normalmente, a posição dos grupos de

defesa dos interesses sociais é muito crítica a posição defendida pelos interesses econômicos. Os interesses sociais são representados por um conjunto bem mais amplo e heterogêneo do que os interesses econômicos. Existem três grupos bem definidos ligados aos interesses sociais: os grupos de defesa dos direitos dos consumidores, os grupos de defesa do meio ambiente e os grupos de defesa do desenvolvimento social, como os movimentos de trabalhadores rurais e de defesa dos pequenos agricultores. O que caracteriza estes grupos de interesses sociais é que todos eles defendem uma racionalidade social para a regulação.

Os grupos de interesses sociais têm em comum a rejeição de duas importantes premissas dos interesses econômicos. A primeira premissa é que a análise econômica geralmente pressupõe que o progresso tecnológico e a inovação são fatores cruciais para o desenvolvimento econômico e para o bem-estar social. Para os interesses sociais, o desenvolvimento e o bem-estar social não são inerentes ao progresso técnico, porque ambos dependem da forma como a tecnologia é utilizada e da forma na qual os seus resultados são distribuídos. Isto significa que dependendo da forma da utilização e da distribuição dos resultados a tecnologia poderá causar redução do bem-estar social. Esta é uma crítica comum dos grupos de interesses sociais à engenharia genética. Segundo estes grupos, o fato da engenharia genética estar sendo usada majoritariamente para o desenvolvimento de cultivos tolerantes a herbicidas, que são comercializados por empresas privadas e para atender as necessidades da monocultura é um exemplo de que o progresso tecnológico pode contribuir para reduzir o bem-estar social (ALTIERI, 2001).

Uma segunda premissa que os interesses sociais se opõem é que os interesses econômicos tendem a considerar os consumidores apenas com agentes econômicos, onde a variável preço é a única que tem impactos sobre o bem-estar social. O que significa que se a introdução de um cultivo GM causa redução dos preços, então haverá ganhos de bem-estar na forma de excedente dos consumidores (NELSON, 2001; MOSCHINI et al, 2005). Os interesses sociais defendem que os consumidores levam em consideração outras variáveis para tomar as suas decisões, tais como a natureza e os impactos da tecnologia que está sendo usada na produção dos alimentos. O comportamento “consciente” do consumidor é o que explica, segundo os interesses sociais, o fato de consumidores de vários países estarem dispostos a pagarem mais caro por alimentos que não contêm cultivos GM.

A partir deste posicionamento contrário as premissas básicas dos interesses econômicos, os grupos de interesses sociais defendem que as decisões políticas dos governos não devem simplesmente buscar potencializar o progresso tecnológico corrigindo as falhas de mercado, mas sim responder aos interesses e as preocupações sociais, como os riscos sobre a saúde dos consumidores e os riscos para o meio ambiente.

Ambos os grupos tentam influenciar tanto a opinião pública quanto as autoridades governamentais. O grupo de interesses econômicos tende a ressaltar o caráter revolucionário e benéfico dos cultivos GM, enquanto que os grupos de interesses sociais sustentam que os cultivos GM, longe de ser uma revolução, representam mais do mesmo, ou seja, um aprofundamento de um modelo de agricultura que já se mostrou incapaz de responder aos desafios atuais (ALTIERI, 2001; FERNANDEZ, 2007).

Assim, o primeiro grupo defende a expansão dos cultivos GM como forma de solucionar os problemas da agricultura. Para os interesses econômicos os benefícios, principalmente os não econômicos, como os ambientais³⁰, são grandes o suficiente para compensar os riscos (ISAAA, 2009; GM COMPASS, 2009; CONKO, 2003; BIO, 2010). Já para os interesses sociais, a produção e o consumo de cultivos GM devem ser restringidos, porque além de não trazer benefícios, eles trazem muitos riscos para o meio ambiente, para a saúde humana, além de riscos econômicos para os pequenos agricultores e riscos para a segurança alimentar dos países pobres (ALTIERI, 2001; NODARI, 2001; FERNANDEZ, 2007; SHIVA, 2001).

As posições de cada grupo com relação aos benefícios e aos riscos dos cultivos GM giram sobre quatro questões:

- i. Qual o peso da ciência e da tecnologia na solução dos problemas ligados a segurança alimentar?
- ii. Existem alternativas tecnológicas à engenharia genética para aumentar a produção de alimentos?
- iii. Os benefícios observados dos cultivos GM são significantes?
- iv. Os benefícios potenciais dos cultivos GM devem ter peso nas decisões atuais?

³⁰ Um exemplo é o texto "Biotechnology makes agriculture more Earth-Friendly", publicado no site da Biotechnology Industry Organization (BIO), que resalta os efeitos ambientais benéficos dos cultivos GM: "one of the most significant benefits of using biotech crops is the reduction in on-farm energy use and reduced greenhouse gas emissions from no-till farming practices".

Assim, na área da segurança alimentar existem dois pontos de discordância. O primeiro é a relação entre ciência e tecnologia e a redução da fome e da desnutrição. O segundo ponto é se a engenharia genética poderá contribuir para aumentar a segurança alimentar do mundo.

Os defensores do uso da engenharia genética reconhecem que fome e desnutrição são problemas complexos, que podem ter muitas causas, mas que o aumento da produção, acompanhado pelo aumento da produtividade dos fatores e da redução dos custos de produção é condição necessária para combatê-las (CONWAY, 2003; CONKO, 2003). Segundo CONWAY (2003)

“Sem a Revolução Verde, a quantidade de pobres e famintos seria hoje bem maior. A conquista da Revolução Verde foi ter permitido aumentos anuais na produção de alimentos que acompanharam, com folga, o crescimento da população. Muitos fatores contribuíram para essa história de sucesso, mas foi de importância primordial a aplicação da ciência e da tecnologia modernas à tarefa de aumentar a produtividade das culturas”.

Com relação a importância da engenharia genética para aumentar a produção, os seus defensores reconhecem que ela não é a única forma, mas é a tecnologia que tem o maior potencial para responder aos desafios do século XXI. Para estes, não existem alternativas com o mesmo potencial da engenharia genética para responder a estes desafios (CONKO, 2003; PEW INITIATIVE, 2005).

Os defensores dos cultivos GM argumentam que a engenharia genética poderá ajudar tanto no desenvolvimento de cultivos mais produtivos quanto no desenvolvimento de um sistema de produção mais amigável ao meio ambiente (HOHN & LEISINGER, 1999; KRATTIGER, 1998). Outro aspecto ressaltado pelos defensores dos cultivos GM são os seus benefícios para os países em desenvolvimento. Segundo CONWAY (2003),

“a engenharia genética tem um valor especial para a produção agrícola nos países em desenvolvimento. Ela tem o potencial para (...) criar novas variedades de plantas e raças de animais que não só produzem rendimentos mais altos como contêm as soluções internas para desafios bióticos e abióticos, reduzindo a necessidade de insumos químicos como fungicidas e pesticidas, e aumentando a tolerância à seca, salinidade, toxicidades químicas e outras condições adversas”.

Já os opositores do uso dos cultivos GM têm posições muito distintas das apresentadas acima. Primeiro, para estes tanto a fome quanto a desnutrição têm causas

econômicas e políticas e, portanto, a solução para estes dois problemas não será tecnológico, mas político. Segundo ALTIERI (2001), dentre outros fatores, “a fome também foi criada pela globalização, especialmente quando os países em desenvolvimento adotam políticas de livre comércio recomendadas pelas agências internacionais”³¹. Além do mais, a desigualdade e a pobreza são as principais causas da fome e da desnutrição. Logo, para combatê-las deveria usar as tecnologias que tem “efeitos positivos na distribuição da riqueza, da renda e dos ativos, e que estejam a favor dos pobres”, e “tais tecnologias já existem e podem agrupar-se sob a disciplina da Agroecologia” (ALTIERI, 2001). Portanto, a engenharia genética não é solução para o combate a fome e a desnutrição.

Uma das características do grupo de interesses sociais é que eles tem uma postura crítica com relação aos cultivos GM e a revolução verde, porque eles têm por base uma relação neo-Malthusiana entre o crescimento populacional e a produção de alimentos e ambas alternativas são soluções tecnológicas para intensificar a produção, aumentar a dependência dos agricultores, aumentar a desigualdade entre os agricultores e ameaçar a biodiversidade através da monocultura (SHIVA, 1991; ALTIERI, 2001; GOODMAN & REDCLIFT, 1991). Segundo ALTIERI (2001), o resultado da revolução verde foi

“uma acentuação da desigualdade de renda, uma vez que os agricultores mais ricos ganharam muito com as novas tecnologias. Guiada por um viés malthusiano, a revolução verde tentou enfrentar a escassez de alimentos através do aumento da produção via inovações tecnológicas. Ela falhou porque esta abordagem ignora as soluções estruturais para a pobreza e a escassez de alimentos. Favorecendo soluções tecnológicas, a revolução verde não estava envolvida apenas na produção de mais alimentos, mas também com a criação de um novo sistema global alimentar ainda mais comprometido com a industrialização da agricultura”.

A terceira questão central do debate diz respeito ao verdadeiro significado dos resultados apresentados pelos cultivos GM. Para os que defendem os cultivos GM, os resultados são positivos porque representam diversas vantagens sobre as tecnologias “convencionais”. Do ponto de vista ambiental, o uso de cultivos resistentes a insetos resultou em redução no consumo de inseticidas. Mesmo no caso da soja tolerante a herbicidas, onde se usa um tipo específico de herbicida para combater ervas daninhas, o

³¹ Segundo Altieri (2001) o Haiti é um exemplo de como a globalização pode ameaçar a segurança alimentar dos países mais pobres, porque após abrir a sua economia este país viu a sua produção de arroz desaparecer.

saldo é positivo porque este herbicida é menos tóxico do que as demais alternativas. Além destes benefícios ambientais, os agricultores obtiveram ganhos econômicos, porque mesmo pagando mais pelas sementes, eles foram compensados pela redução dos custos com pesticidas e pelo aumento da produção por hectare (FERNANDEZ-CORNEJO&CASWELL, 2006; BROOKES&BARFOOT, 2006; GÓMEZ-BARBERO & RODRÍGUEZ-CEREZO, 2006; SANVIDO et al, 2006).

Para aqueles que são contrários o uso dos cultivos GM, os impactos observados são irrelevantes, mesmo se comparados com as tecnologias convencionais. Mas o principal problema é a referência de comparação. Os supostos impactos positivos dos cultivos GM deveriam ser comparados com as alternativas mais sustentáveis, como a agroecologia, e não com os cultivos convencionais (ALTIERI, 2001). Enquanto que para os defensores da engenharia genética os resultados observados dos cultivos GM devem ser comparados com os resultados obtidos pelas tecnologias convencionais, para os grupos contrários os impactos dos cultivos GM deveriam ser comparados com as tecnologias que realmente representam a superação da revolução verde, porque para eles os cultivos GM não representam a superação do modelo agrícola atual, mas apenas o seu aprofundamento. Segundo FERNANDES (2008):

“Longe de significar uma revolução tecnológica voltada para o desenvolvimento da agricultura, a experiência vem mostrando que as sementes transgênicas representam um novo ciclo de aprofundamento do modelo da revolução verde, modelo do qual se forja uma padronização global da agricultura e uma dependência total do agricultor em relação a um grupo reduzido de empresas multinacionais”

Assim, os grupos de interesses sociais argumentam que os cultivos GM não contribuem para superar os desafios da agricultura, mas perpetuam os problemas criados pela revolução verde, além dos riscos de criarem novos problemas (ALTIERI, 2001; RISSLER & MELLON, 1996). Muitos críticos enfatizam que a engenharia genética é inapropriada para os países em desenvolvimento por causa do seu elevado custo. Dado que os cultivos GM estão sendo desenvolvidos por grandes corporações multinacionais, eles estão sendo desenvolvidos sem levar em consideração as necessidades específicas dos agricultores mais pobres (ALTIERI, 2001; SHIVA, 1995; RAFI, 2002). Assim, os cultivos GM, além dos riscos inerentes a tecnologia, como os riscos de causarem danos para a saúde

humana e para o meio ambiente, pode criar também riscos que transcendem a natureza da tecnologia, como os riscos de aumentar a dependência dos agricultores com as empresas produtoras de sementes.

Uma quarta e última questão é o peso que os benefícios potenciais devem ter nas decisões atuais. Os benefícios potenciais, por sua vez, dependem da direção e do ritmo do desenvolvimento futuro da engenharia genética na agricultura. O uso da engenharia genética na agricultura ficará confinada ao desenvolvimento de cultivos Bt e com tolerância a herbicidas ou será usada para atender outras necessidades da agricultura, como a tolerância aos estresses abióticos, o aumento da produtividade, a resistência à doenças e a produção de alimentos com melhor qualidade? Da mesma forma, os atributos serão usados apenas em cultivos plataformas, de grande inserção do comércio mundial, como são os casos da soja e do milho, ou serão aplicados também em outros grupos de cultivos como tubérculos, frutas e horticulturas?

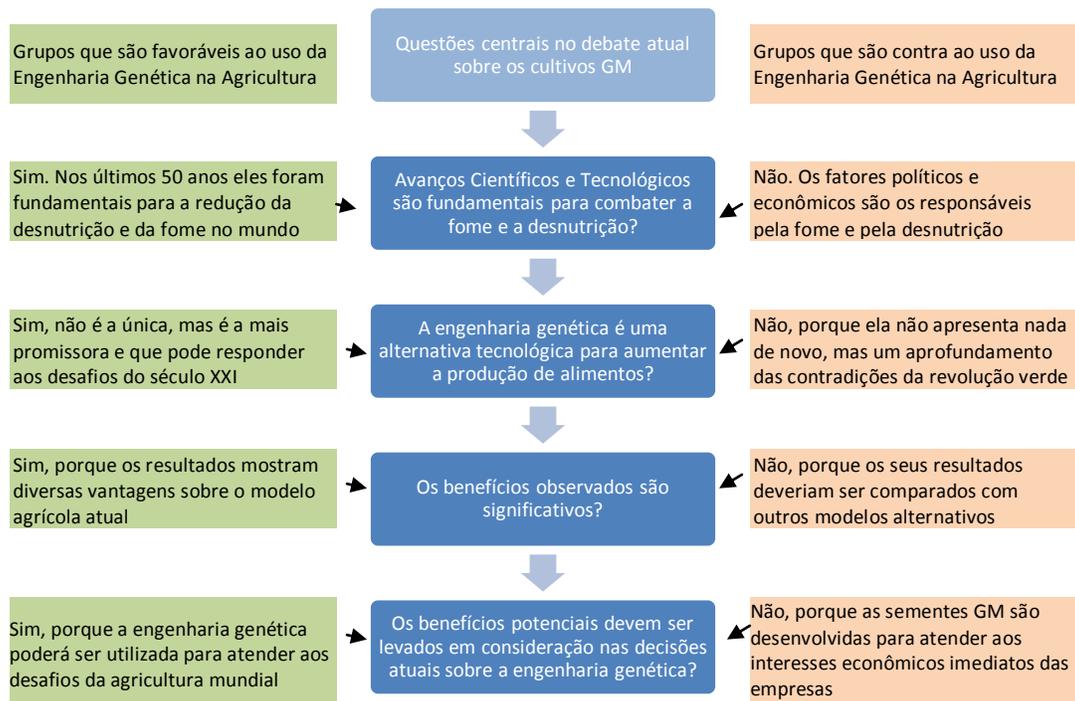
Os defensores dos cultivos GM trabalham com a idéia de ondas ou gerações de cultivos GM que irão gradativamente expandir as aplicações da engenharia genética para outros tipos de atributos e de cultivos e, conseqüentemente, para um grupo maior de países e de agricultores. Portanto, a importância da engenharia genética na agricultura deve ser julgada também levando em consideração estes benefícios potenciais (PEW INITIATIVE, 2007; BIO, 2010).

Para os grupos contrários aos cultivos GM os benefícios potenciais é uma miragem. Eles não devem ser considerados, porque o desenvolvimento futuro da engenharia genética continuará sendo determinado pelos interesses econômicos e financeiros das grandes empresas do setor de sementes e de defensivos agrícolas (FERNANDES, 2007). Segundo ALTIERI (2001), “o verdadeiro motor da indústria da engenharia genética não é fazer a agricultura mais produtiva, mas sim gerar maiores rendas”.

O Quadro 9 resume a posição dos dois grupos de interesses – os favoráveis e os contrários – com relação a cada uma das quatro questões presentes no debate atual sobre os cultivos GM. O que normalmente se observa é que os grupos contrários ao uso da engenharia genética na agricultura também tem uma visão negativa do modelo de agricultura da revolução verde e que a rejeição da engenharia genética não se deve somente as questões intrínsecas a tecnologia, mas as questões sociais, como o aumento da

dependência do agricultor com relação as empresas que desenvolvem as sementes. A revolução verde aumentou a dependência dos agricultores com relação as empresas de insumos e os cultivos GM simplesmente está aprofundando este modelo de dependência e a tecnologia terminator é usada como um exemplo deste aumento de dependência.

Quadro 9. As questões centrais no debate atual sobre os cultivos GM



Fonte: Elaboração própria.

Assim, a diferença básica entre os dois grupos são os diferentes pesos que eles dão para os benefícios dos cultivos GM para a agricultura mundial. O foco nos benefícios faz parte da estratégia destes grupos para influenciar tanto a opinião pública quanto os governos, porque a percepção dos benefícios tem relação com a percepção dos riscos e com a aceitação da tecnologia. Como mostram os estudos de percepção de riscos, quanto maior os benefícios percebidos, maior será a aceitação dos riscos (SIEGRIST & CVETKOVICH, 2000).

Uma característica do grupo de interesses sociais é justamente a importância que tem para eles a opinião pública. Estes grupos de interesses tradicionalmente têm pouca influência direta nas decisões políticas. Por essa razão, eles focam na opinião pública e utilizam de formas populistas e sensacionalistas para transmitir as suas posições. O deste grupo é aumentar a percepção de riscos do público para indiretamente influenciar as

decisões políticas. Para aumentar a percepção de riscos do público ele usa três estratégias. A primeira é minimizar a importância dos cultivos GM para a agricultura, tentando convencer o público de que os problemas da agricultura não são tecnológicos, mas sim políticos e sociais, e que os cultivos GM não representam nada de novo, mas simplesmente uma continuação do modelo de agricultura da revolução verde. Esta primeira estratégia é a de reduzir a percepção dos benefícios, dado que existe uma relação inversa entre a percepção de riscos e de benefícios (ALHAKAMI & SLOVIC, 1994; FREWER ET AL, 1998). Diversos estudos mostram que as tecnologias vistas como benéficas são associadas com menos riscos do que aquelas que não são vistas como benéficas. Com base nestas descobertas, tem-se argumentado que é possível mudar a percepção de riscos mudando a percepção dos benefícios (FREWER ET AL, 1998).

A segunda estratégia de aumentar a percepção de riscos do público é ressaltar algumas características que estão associadas com maior rejeição da tecnologia, tais como: a tecnologia está sendo desenvolvida por motivo de lucro, os estudos de análises de riscos são inconclusivos, não há concordâncias entre os cientistas com relação aos riscos e os riscos são terríficos. A terceira estratégia é questionar a credibilidade das instituições responsáveis pelas análises de riscos, para reduzir a confiança do público nas instituições, porque a confiança é outra variável que influencia a percepção e as atitudes do público³². Com mostrou SIEGRIST (2000), no caso da engenharia genética a confiança do público nas instituições tem um impacto positivo na percepção dos benefícios e um impacto negativo na percepção dos riscos.

Segundo BERNAUER (2004), a influência dos grupos de interesses sobre as políticas regulatórias depende da capacidade destes grupos de realizar ação coletiva. Mas como os grupos de interesses sociais tendem a ter uma menor capacidade de ação coletiva, eles precisam compensar esta ineficiência agindo sobre a percepção do público.

Algumas teorias da regulação econômica, como a desenvolvida por STIGLER (1971), defendem que os interesses econômicos dos produtores tendem a dominar sempre sobre os interesses sociais. As políticas governamentais para os cultivos GM foram

³² Um exemplo do uso destas estratégias para influenciar a percepção pública dos riscos dos cultivos GM é um artigo publicado no site do ASPTA, que é uma organização de defesa da agricultura familiar e da agroecologia e um dos membros do grupo de interesses sociais no Brasil. O título do artigo é "10 razões para dizer não aos transgênicos". Dentre as dez razões, estão: "Não precisamos das sementes GM", "Os seus riscos nunca foram devidamente testados", "As sementes são patenteadas e controladas por multinacionais", e a "CTNBio não garante a segurança destes produtos".

interpretadas em alguns trabalhos tendo por base esta visão convencional de que as decisões políticas refletem os interesses econômicos. PELAEZ (2002) utiliza a mobilidade de cientistas e executivos entre as empresas privadas de biotecnologia e as agências reguladoras com uma evidência da “captura” destas agências pelos interesses econômicos (PELAEZ & SBICCA, 2002).

Embora nos Estados Unidos as políticas adotadas são bastantes favoráveis aos interesses econômicos, há países em que as políticas se desviam dos resultados previstos pela abordagem convencional, como são os casos da maioria dos países europeus. Para explicar estes desvios, BERNAUER (2003) utiliza a abordagem dos grupos de interesses, que estabelece que a regulação é produto das relações e do poder de influência destes grupos sobre as políticas e nem sempre ela será dirigida pelos interesses econômicos (BALDWIN & CAVE, 2002).

Segundo BERNAUER (2003), o ponto de partida para explicar porque as políticas regulatórias podem em alguns países se desviar dos resultados previstos pela teoria de Stigler, onde sempre há o predomínio dos interesses econômicos, é a abordagem da ação coletiva desenvolvida por Olson. Segundo OLSON (1965), os grandes grupos têm dificuldades para mobilização e somente serão mobilizados através de algum tipo de incentivo social ou econômico. Dada as dificuldades de ação coletiva inerentes aos grupos de interesses sociais, em função tanto dos seus tamanhos quanto da heterogeneidade, eles tentam compensar estas dificuldades focando sobre as questões que possibilitam o máximo de mobilização dos seus membros. Normalmente estas questões são aquelas que provocam a indignação do público. A indignação do público, por sua vez, aumenta a percepção e a rejeição dos riscos envolvidos.

Assim, a indignação pública aumenta a capacidade dos grupos de interesses sociais de influenciar, ainda que indiretamente, as decisões políticas. Um grande problema enfrentado pelos grupos de interesses são os *free-riders*, porque qualquer pessoa poderia ser beneficiar de um bem público oferecido pelos grupos de interesses – proteção aos consumidores e ao meio ambiente – sem precisar aderir ativamente ou ajudar financeiramente o grupo. Dado que estes grupos incluem um número elevado de pessoas, os problemas de *free-riders* e de heterogeneidade das preferências tendem a aumentar. E estes dois problemas reduzem a capacidade de ação coletiva dos grupos de interesses. Uma

forma de superar estes dois problemas é focar sobre aquelas questões que tem um grande potencial para despertar a indignação do público, porque assim eles conseguem mobilizar os membros existentes, chamar a atenção da mídia, atrair novos membros e mobilizar também os não membros. Uma vez mobilizados os membros, a ação coletiva poderá ser usada para influenciar os políticos e os reguladores. Mas ela pode também ser utilizada para boicotar produtos e empresas no mercado.

A indignação pública pode variar entre produtos, tecnologias, nível de renda e outras variáveis. Isto significa que a capacidade de ação coletiva dos grupos de interesses sociais depende do contexto e do ambiente. Por exemplo, a capacidade destes grupos de despertar a indignação do público para os riscos dos cultivos GM depende do valor relativo para a população de um país da segurança dos alimentos.

A politização do processo de avaliação de riscos faz com a indignação do público tenha um grande peso nas tomadas de decisões dos reguladores. Num processo de regulação de riscos sem a politização, como queriam os cientistas da Conferência de Asilomar de 1975, a análise de riscos seria feita a partir da seguinte definição de risco:

$$\text{RISCO} = \text{PROBABILIDADE (HAZARD)} \times \text{MAGNITUDE (EXPOSURE)}$$

A fórmula acima resume a definição de riscos dos cientistas ou dos especialistas: risco é probabilidade de um evento futuro adverso multiplicada por sua magnitude (ADAMS, 2009). Sem politização, os reguladores usariam esta definição para tomar as suas decisões. Mas se o processo de avaliação de riscos é politizado significa que as decisões serão tomadas a partir de uma definição de risco diferente, baseada na percepção de riscos do público leigo. Segundo SANDMAN (1994), para o público a definição de risco é:

$$\text{RISCO} = \text{PROBABILIDADE} \times \text{MAGNITUDE} \times \text{INDIGNAÇÃO (OUTRAGE)}$$

Ou seja, para o público, a percepção de riscos é influenciada por fatores que causam indignação. Os estudos de percepção de riscos apresentam diversos fatores que podem causar indignação e conseqüentemente aumentar a percepção de riscos do público. O Quadro 10 apresenta alguns fatores que causam indignação e que influenciam a percepção dos riscos. Uma tecnologia suscitará uma maior percepção de riscos se os riscos apresentam algumas das características da segunda coluna da tabela. Normalmente a estratégia dos grupos de interesses sociais consiste em divulgar aquelas características dos cultivos GM que poderão aumentar a indignação e, conseqüentemente, aumentar a percepção do público.

Quadro 10. Fatores que causam indignação e que influenciam a percepção de riscos do público

Poucos Riscos	Muitos Riscos
Voluntário	Involuntário ou coagido
Natural	Industrial
Familiar	Exótico
Não memorável	Memorável
Não terrível	Terrível
Não Catastrófico	Catastrófico
Conhecido	Desconhecido
Controlado individualmente	Controlado por outros
Equitativo	Não equitativo
Moralmente irrelevante	Moralmente relevante
Fontes confiáveis	Fontes não confiáveis

Fonte: Elaborado a partir de SLOVIC (1987), SANDMAN (1987) e SANDMAN (1994).

4.4 As Diferenças Regionais da Regulação Comercial

A regulação comercial é a área que mais tem gerado conflitos entre os países. A regulação comercial abrange três áreas de políticas: a biossegurança, o comércio exterior e o direito dos consumidores. As políticas de biossegurança, que estabelecem os critérios de avaliação dos riscos dos cultivos GM, irão determinar as regras e os procedimentos necessários para que um cultivo seja aprovado e liberado para a produção em grande escala. As políticas de comércio exterior estão relacionadas com as regras e os procedimentos relacionados com as importações de sementes ou de cultivos de alimentos derivados de GM. As políticas de direitos dos consumidores se referem à rotulagem dos alimentos derivados de cultivos GM.

Assim, um novo cultivo GM para ser comercializado poderá enfrentar estas três esferas de regulação. Na primeira, as autoridades regulatórias do país no qual a liberação está sendo requerida estabelecem as regras, os procedimentos e os critérios de aprovação, com base nos benefícios e nos riscos do novo cultivo. Na segunda, os governos dos demais países estabelecem as regras e os procedimentos que serão necessários para liberar as

importações deste cultivo. Na terceira esfera, os governos decidem se os cultivos GM e os seus derivados devem ou não ser rotulados como tais.

A posição dos países com relação aos cultivos GM depende de muitos fatores. As decisões políticas dependem da percepção de riscos e dos benefícios dos cultivos GM dos próprios governos, dos grupos de interesses e da opinião pública. A poder de influência dos grupos de interesses sobre os governos e sobre a opinião pública depende de muitos fatores, tais como a dependência do país das exportações agrícolas, o nível de desenvolvimento do sistema nacional de inovação agrícola, a capacidade do país de realizar estudos e gestão de riscos, dependência de importações agrícolas, escassez de recursos naturais e a importância da biodiversidade.

Existem diferenças significativas entre os países quanto à importância de cada um destes fatores nas decisões dos governos. Logo, a regulação mundial dos cultivos GM é caracterizada por uma ampla variedade de políticas regulatórias, que variam de políticas permissivas para políticas restritivas (ZARRILLI, 2005; BIRNER & LINACRE, 2008; GRUERE, 2006).

A regulação mundial dos cultivos GM é pautada por um conflito regulatório entre Estados Unidos e União Européia. As políticas dos demais países, além dos fatores internos, tendem a ser influenciada por este conflito, dados os pesos destes países no comércio mundial de *commodities* agrícolas³³.

4.4.1 O Conflito Regulatório entre Estados Unidos e União Européia

No centro da disputa entre EUA e União Européia estão pontos de vistas diferentes sobre a natureza dos organismos geneticamente modificados e sobre qual o sistema regulatório mais adequado para eles. No EUA os produtos da engenharia genética são vistos como equivalentes aos produtos da agricultura convencional. Isto significa os cultivos GM são regulados pelos órgãos regulatórios já existentes e nenhuma nova forma de controle foi desenvolvida para a produção e para a comercialização dos cultivos GM. Já na União Européia, foram criadas leis específicas e mais rigorosas para regular os cultivos

³³ Segundo LIEBERMAN & GRAY (2008), o conflito entre Estados Unidos e União Européia tem impactos sobre as políticas regulatórias dos países em desenvolvimento, especialmente na África. Segundo estes autores, nos países africanos a interpretação forte do princípio da precaução adotada pela EU tende a prevalecer sobre o princípio da equivalência substancial adotado pelos Estados Unidos.

GM, tanto para a produção (liberação no meio ambiente) quanto para o uso na alimentação humana e animal.

Nos EUA, desde 1986 que os cultivos GM são regulados por três órgãos governamentais: a *Environmental Protection Agency* (EPA), a *Food and Drug Administration* (FDA) e o *United States Department of Agriculture* (USDA), através do Coordinated Framework, que liga os três órgãos. O FDA é responsável pela segurança alimentar, o EPA é responsável pelos cultivos que contém ou são utilizados com pesticidas. O USDA é responsável pelos fatores agrícolas e ambientais, incluindo a administração do campo experimental e o confinamento de experimentos. O USDA é também responsável pela aprovação de produtos GM, um processo que envolve a apresentação de informações pela empresa de biotecnologia de provas de que planta não é uma praga. Se esta informação for aceita, o produto GM é a partir de então a ser considerado tão seguro quanto o produto convencional equivalente (BELSON, 2000; HOFFMAN, 2005).

Assim, a regulação nos Estados Unidos está baseada no princípio da equivalência substancial. Este princípio é também utilizado pela OCDE/FAO para a avaliação da segurança dos alimentos GM. O relatório conjunto da FAO/OCDE produzido em 1996 afirma que:

“A OCDE (...) tem defendido que o conceito de equivalência substancial é a abordagem mais prática para fazer a avaliação da segurança dos alimentos ou para dos alimentos derivados da biotecnologia moderna. A equivalência substancial incorpora o conceito de que se um novo alimento ou ingrediente alimentar é considerado substancialmente equivalente a um alimento ou ingrediente alimentar tradicional, ele pode ser tratado da mesma forma no que diz respeito a sua segurança”.

Segundo LIEBERMAN & GRAY (2008), a União Européia também adotou o princípio da equivalência substancial até 2002. A partir de 2002 a autorização para a liberação ao meio ambiente passou a ser mais rigorosa, com base no princípio da precaução.

Tanto nos EUA quanto na União Européia os organismos geneticamente modificados precisam receber autorização para entrarem no mercado. Isso se aplica tanto para os cultivos GM que são utilizados na alimentação humana e animal quanto para as sementes utilizadas na produção agrícola. A diferença entre as duas regiões é que as

políticas da União Europeia se baseiam em normas de segurança bastante rígidas e no pressuposto de que os consumidores e os agricultores devem ter a liberdade de escolher (GMO COMPASS, 2009).

No geral a União Europeia e os Estados-Membros aceitam o uso da engenharia genética na produção agrícola. Em 2009 foram cultivados 100.000 hectares com milho Bt na União Europeia, sendo que 80% desta área foi cultivada na Espanha. Entretanto, cada um dos cultivos precisa receber individualmente uma aprovação antes de ser vendido com semente ou utilizado na alimentação humana ou animal. E a aprovação é concedida apenas sob determinadas condições (GMO COMPASS, 2009).

A primeira condição é a garantia da segurança do produto. Para ser autorizado pelas autoridades competentes, um cultivo GM não pode causar ameaças para a saúde humana, para a saúde animal e para o meio ambiente. Todos os cultivos GM devem ser considerados tão seguros quanto os cultivos produzidos a partir das tecnologias convencionais. Caso não seja possível chegar a esta conclusão, o cultivo GM não receberá a autorização para a comercialização.

A segunda condição é a garantia da liberdade de escolha dos agentes econômicos. Isto significa que aos consumidores e aos produtores deve ser garantida a liberdade de usar ou de rejeitar os cultivos GM, mesmo que eles tenham recebido a autorização para a comercialização. Portanto, a regulação dos cultivos GM na EU promove a coexistência da engenharia genética com outras tecnologias alternativas, ou seja, no longo-prazo deve continuar existindo a possibilidade de produzir alimentos sem o uso da engenharia genética se assim os agentes privados o quiserem. Dado que os cultivos GM irão coexistir com os cultivos não GM, deve haver procedimentos adequados para evitar a mistura dos dois tipos de alimentos.

A rotulagem é o instrumento mais utilizado para garantir a liberdade de escolha dos agentes. A legislação da EU estabelece que sempre que os OGM forem utilizados na produção de um alimento isto deverá ser claramente indicado no rótulo. A rotulagem será necessária mesmo que o conteúdo GM não puder ser detectado no produto final. Assim, todos os produtores, fornecedores e varejistas devem informar aos seus clientes quanto for utilizado OGM nos seus produtos. Para que isto seja possível, as empresas devem criar sistemas para obter e disponibilizar informações e documentos sobre a procedência dos

produtos, porque a regulação da EU estabelece a obrigação de registros e de rastreabilidade dos produtos (GMO COMPASS, 2009).

Nos Estados Unidos, a rotulagem de um organismo geneticamente modificado seria obrigatória somente se ele apresentasse a composição diferente dos seus similares convencionais, de forma que pudesse oferecer algum risco para o consumidor (MILLER & CONKO, 2004). Como os cultivos GM produzidos atualmente não apresentam diferenças significativas com relação aos cultivos convencionais, a rotulagem não é obrigatória nos Estados Unidos.

As diferenças regulatórias entre Estados Unidos e União Européia não implica em diferenças nos objetivos subjacentes de ambos lados, que são fundamentalmente os mesmos – como garantir um nível elevado de segurança para o consumidor. Mas as diferenças nas medidas regulatórias refletem as reações e o poder de influência dos grupos de interesses (BERNAUER, 2003).

Enquanto nos Estados Unidos há uma clara preferência pela eficiência da produção, onde a política agrícola encoraja a maior flexibilidade da produção e as exportações. Na União Européia, por outro lado, a orientação da política agrícola enfatiza os aspectos de qualidade dos alimentos, tanto dos produtos finais quanto dos métodos de produção. Além disso, as políticas da EU foram dominadas por uma revisão completa da política de segurança alimentar, em função da crise provocada pela doença da vaca louca, com o objetivo de recuperar a confiança do consumidor no sistema regulatório de segurança dos alimentos.

Segundo HANIOTIS (2000), três casos exemplificam estes diferentes poderes de influência dos grupos de interesses. O primeiro é o caso da somatropina bovina recombinante³⁴ (*bovine somatropin*). O governo dos Estados Unidos aprovou o seu uso para aumentar a produção de leite e poucas referências com relação às questões ligadas à saúde foram feitas no processo de aprovação. Já na União Européia, o mesmo produto não foi aprovado em função de ampla resistência dos consumidores por causa de preocupações com a saúde e o bem-estar animal.

O segundo exemplo é o caso do uso de antibióticos na ração animal. Nos Estados Unidos a necessidade de eliminar bactérias e outras toxinas da produção de carnes e assim

³⁴ A somatropina é um hormônio que quando aplicado em vacas resulta no aumento da produtividade do leite. A somatropina bovina recombinante (BST) é produzida em escala industrial a partir da engenharia genética.

aumentar a eficiência produtiva, preponderou sobre as preocupações com os impactos de longo-prazo do uso de antibióticos. Já União Européia optou pela proibição da maioria dos antibióticos usados na produção animal, influenciada pelas preocupações sobre os efeitos de longo-prazo sobre a saúde humana.

O terceiro exemplo é o caso dos cultivos GM. Nos EUA, as vantagens comerciais do uso de cultivos GM com efeitos positivos sobre a redução de custos e melhora nos sistemas de produção deu um forte impulso para o rápido desenvolvimento e uso comercial destes cultivos. Na EU, a resistência dos consumidores e de grupos de interesses, ligada não somente a preocupações com a segurança dos alimentos e com os impactos ambientais, mas também a ausência de benefícios identificáveis, provocou uma mudança na legislação regulatória, tornando o processo de aprovação mais lento e custoso e criando a obrigatoriedade da rotulagem e da rastreabilidade.

A questão é porque a União Européia, que adotava o princípio da equivalência substancial, passou a ter uma postura mais restritiva com relação aos cultivos GM? Existem duas abordagens para explicar as diferenças de regulação atual entre EUA e União Européia. Na primeira abordagem as diferenças regulatórias refletem diferentes atitudes dos consumidores e do público em geral (BERNAUER, 2003; HOBAN, 1998; SHELDON, 2002). Assim, para esta abordagem, a mudança da União Européia de um sistema regulatório com base na equivalência substancial para um com sistema com base da precaução se deve principalmente as atitudes dos consumidores. Segundo WIENER & ROGERS (2002), o consumidor europeu é mais sensível as questões ligadas a segurança dos alimentos do que os consumidores dos EUA. Há diferenças na percepção de riscos entre os consumidores e cidadãos dos Estados Unidos e da União Européia. No geral, o consumidor norte-americano tem uma boa dose de confiança nas agências governamentais de aprovação e de regulação das novas tecnologias, como FDA e o USDA. Por outro lado, na Europa o consumidor tende a ser mais avesso ao risco do que o consumidor norte-americano em questões como segurança dos alimentos e tem menos confiança nas agências estatais de aprovação e de regulação (HANIOTIS, 2000; BERNAUER, 2003).

A crise da “vaca louca” (crise da BSE) foi um fato catastrófico que afetou a percepção de riscos dos consumidores e reduziu a confiança do público nos reguladores. Este fato afetou as atitudes dos consumidores em uma série de áreas relacionadas à

segurança dos alimentos. O mais importante é que este fato foi considerado como uma falha do conhecimento científico, uma vez que os riscos de transmissão entre espécies não foi previamente identificado. Como resultado, as preocupações com a segurança dos alimentos e com os impactos ambientais, que são normais nos estágios iniciais de uma tecnologia nova, foram exacerbadas na União Européia após a crise do BSE. Para responder a estas preocupações, a União Européia adotou uma nova abordagem de regulação da segurança de alimentos. Isto resultou em uma revisão completa do sistema regulatório da segurança dos alimentos, tanto na área da avaliação científica quanto na área da proteção dos consumidores.

Assim, a política européia foca na reconstrução da confiança do público após a crise do BSE e uma série de medidas objetivando aumentar a transparência ao longo da cadeia produtiva para mostrar a avaliação por meio de fontes científicas confiáveis e independentes. Há também a necessidade de aumentar a proteção aos consumidores e estabelecimentos para a desaprovação quanto a aprovação não for suficiente (HANIOTIS, 2000; BERNAUER & MEINS, 2001; BERNAUER, 2003).

Para esta primeira abordagem, as políticas mais restritivas adotadas na União Européia refletem o maior poder de influência dos grupos de interesses sociais, principalmente aqueles que atuam na defesa do meio ambiente e dos direitos dos consumidores. Segundo BERNAUER (2001), as políticas mais restritivas na EU resultam da maior capacidade de ação coletiva dos grupos de defesa dos interesses sociais, como os grupos de defesa dos direitos dos consumidores e do meio ambiente. Ao mesmo tempo, estes grupos se defrontaram com um ambiente institucional favorável aos seus interesses, além de um cisma na coalizão no grupo dos interesses econômicos entre agricultores, indústria e consumidores. Já nos Estados Unidos, as políticas de regulação são dominadas por forte coalizão dos interesses econômicos ao longo da cadeia produtiva. Além disso, o baixo interesse público e a forte confiança nas autoridades regulatórias criam um ambiente institucional que não favorece a mobilização dos interesses sociais e que os excluem do processo de decisões políticas.

Uma segunda abordagem atribui a postura da União Européia também à defesa dos seus interesses comerciais. Segundo GRAFF, HOCHMAN & ZILBERMAN (2009), as políticas regulatórias da União Européia refletem também os interesses econômicos das

empresas do setor de agroquímicos e dos agricultores. As vantagens comparativas da indústria da biotecnologia agrícola dos Estados Unidos representam uma ameaça para a indústria de defensivos químicos da Europa. A maioria dos cultivos GM que estão sendo comercializados atualmente foram desenvolvidos com atributos de proteção a planta (*crops protection*). Estes cultivos têm como principal impacto na produção agrícola a redução no uso de defensivos químicos para combater pragas. Segundo GRAFF, HOCHMAN & ZILBERMAN (2009), entre 1990 e 2001, as vendas das empresas européias e japonesas do setor agro-químico reduziram, respectivamente, 1% e 13%. No mesmo período, as vendas das empresas norte-americanas de sementes GM com proteção as plantas aumentaram em 12%. Isto significa que as empresas de sementes e de biotecnologia dos Estados Unidos tomaram mercados das empresas agroquímicas da União Européia. Assim, para estes autores, a regulação mais restritiva aos cultivos GM adotadas na União Européia reflete também os interesses destas empresas agroquímicas, porque as restrições aos cultivos GM podem reduzir a velocidade em que elas estão perdendo mercados. Da mesma forma, muitos agricultores da União Européia também apóiam as políticas mais restritivas por que elas têm os efeitos de barreiras tarifárias e, portanto, protegem os preços dos produtores nacionais (ANDERSON & JAKSON, 2003).

Assim, para esta segunda abordagem a regulação na União Européia reflete não necessariamente um maior poder dos grupos de interesses sociais, mas principalmente uma convergência dos interesses de alguns grupos econômicos com os interesses destes grupos sociais.

4.4.2 A Regulação dos Cultivos GM nos demais Países

O conflito regulatório entre EUA e União Européia é uma fonte de incertezas para os demais países. De um lado os EUA, que é um grande exportador agrícola, adotam políticas mais permissivas e em alguns casos promotoras dos cultivos GM. De outro lado, a União Européia, que é uma grande importadora agrícola, sobretudo de soja, adota políticas mais restritivas, principalmente na área comercial.

Que políticas os demais países, principalmente aqueles que têm muita dependência econômica da agricultura, devem adotar? Da mesma forma que os EUA e a União Européia, estes países também deverão adotar políticas que irão refletir a percepção dos

benefícios e dos riscos dos cultivos GM. A grande questão é que para estes países tanto os benefícios quanto os riscos do uso dos cultivos GM são dependentes das políticas adotadas tanto pelos EUA quanto pela União Européia. Por exemplo, para um país exportador de soja ou de milho, os benefícios econômicos de usar sementes GM dependerão das políticas que serão adotadas pelos países importadores. Se o país importador adota uma política de rastreabilidade obrigatória, os benefícios econômicos dos cultivos GM para os produtores poderão ser anulados pelos custos necessários para atender as exigências dos importadores. Portanto, além dos riscos para o meio ambiente e para a saúde humana, os países exportadores enfrentam também riscos comerciais. Por outro lado, se o país exportador adota uma política restritiva para os cultivos GM, que restringirá a difusão dos cultivos GM, existe o risco de perder competitividade com relação aos EUA. Este é um risco para a maioria dos países em desenvolvimento e que são agro-exportadores, dado que os EUA são grandes produtores de soja, milho e algodão e ao mesmo tempo lidera tanto as pesquisas quanto a produção comercial de cultivos GM.

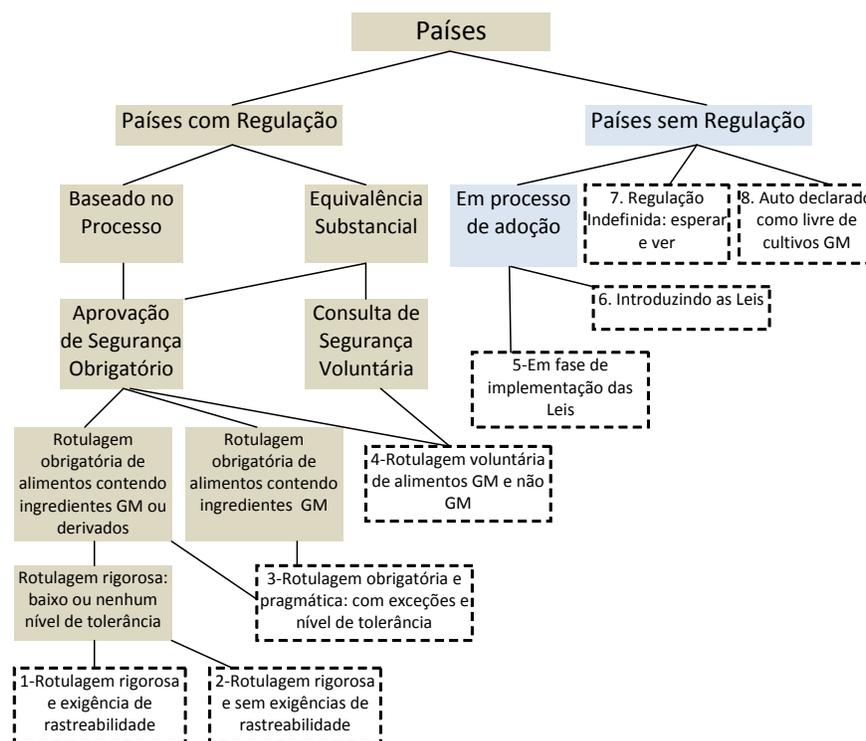
Em função destas incertezas e das características de cada país, a regulação mundial dos cultivos GM é caracterizada por uma grande heterogeneidade entre os países quanto aos tipos de políticas adotadas. De maneira geral, a partir das diferentes políticas adotadas, os países podem ser divididos em três grupos (ZARRILLI, 2005; GRUERE, 2006). Primeiro, os países com políticas restritivas, incluindo aprovação de segurança e rotulagem obrigatórios. Segundo, os países que adotam políticas mais permissivas e mais pragmáticas, com base na equivalência substancial e com rotulagem voluntária. Terceiro, há um grande número de países sem políticas regulatórias. Considerando as variações e combinações de políticas que podem surgir dentro de cada grupo, os países podem ser divididos em 8 grupos, como mostra a Figura 29.

No primeiro nível da Figura 29, os países são divididos entre os países que tem políticas regulatórias e os que não têm. Entre aqueles que têm políticas regulatórias bem definidas, existem dois grupos, de acordo com as políticas de aprovação para a comercialização. No primeiro grupo estão os países que adotam o princípio da equivalência substancial e que regula com foco no produto. No segundo grupo de países que tem políticas regulatórias estão aqueles que regulam com foco no processo de produção, o que significa que um alimento produzido ou derivado de cultivo GM é sujeito a regulação.

Na parte inferior da Figura 29 estão os oito grupos de países. Os quatro primeiros grupos são países que já adotaram uma abordagem regulatória e políticas bem definidas e o que os diferenciam são as diferentes políticas de rotulagem dos cultivos GM. Estas políticas de rotulagem podem ser de três formas: rotulagem obrigatória e com rastreabilidade, rotulagem obrigatória sem rastreabilidade e rotulagem voluntária.

Nos demais grupos estão os países que ainda não tem políticas regulatórias. Existem três tipos de países nestes grupos: os que estão em fase de implementação e de introdução das leis e das políticas regulatórias, os que estão “esperando para ver” e os países que são auto declarados como livre de cultivos GM.

Figura 29. Classificação dos Países segundo as suas políticas comerciais para os cultivos GM



Fonte: GRUERE, 2006.

O Quadro 11 apresenta alguns exemplos de países para cada um dos oito grupos. Nos quatro primeiros grupos, onde estão os países que já tem políticas regulatórias bem definidas, estão os países desenvolvidos e aqueles países em desenvolvimento que são grandes players no mercado agrícola mundial, como Argentina, Brasil, China e África do

Sul. Nos outros 4 grupos, onde estão os países que ainda não tem regulação, estão a maioria dos países em desenvolvimento.

Quadro 11. Grupos de países, segundo as políticas regulatórias adotadas

Grupos de Países	Regulação para aprovação de alimentos seguros	Tipo de Rotulagem	Especificidades	Países
Grupo 1	Obrigatória com base no processo	Obrigatória e restritiva: inclui produtos derivados	Exigência de rastreabilidade, nível de tolerância de 0,9%	União Européia e Leste Europeu
Grupo 2	Obrigatória com base no processo	Obrigatória e restritiva: inclui produtos derivados	Sem rastreabilidade, baixo nível de tolerância	Brasil, China, Rússia, Suíça e Noruega
Grupo 3	Obrigatória com base no processo	Obrigatório pragmático	Muitas exceções de rotulagem	Austrália, Japão, Coreia, Arábia Saudita, Tailândia
Grupo 4	Obrigatória com base na equivalência substancial (EUA)	Voluntário	Nível de tolerância para rotulagem de 5%	Estados Unidos, Canadá, Argentina, África do Sul, Taiwan
Grupo 5	Obrigatória (pendente)	Obrigatório, mas não implementado	Exigência pragmática de rotulagem	Indonésia, Malásia, México, Filipinas, Vietnã
Grupo 6	Obrigatória (pendente)	Intenção para exigir rotulagem	Processo regulatório lento	Índia, Kênia
Grupo 7	Considerando Obrigatória	Posição indefinida	Abordagem “esperar para ver”	Bangladesh, muitos países Africanos
Grupo 8	Não	Não	Livre de cultivos GM	Alguns países Africanos (Zâmbia, Zimbábwe)

Fonte: GRUERE, 2006.

5 A CONTROVÉRSIA ENTRE OS ESPECIALISTAS: UM ESTUDO DA PERCEPÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é examinar a percepção dos *stakeholders* sobre os benefícios e os riscos dos cultivos GM para a agricultura brasileira. Porque examinar com mais detalhes a percepção ou a opinião que os *stakeholders* têm com relação aos cultivos GM? Por duas razões. Primeiro, porque os cultivos GM têm grande relevância estratégica para o desenvolvimento econômico do Brasil. No plano econômico, a engenharia genética poderá aumentar a competitividade não só da agricultura brasileira, mas também de outros setores industriais, como a indústria da química fina, a indústria de alimentos e também contribuir para a produção de energia mais limpa³⁵. No plano social, ela poderá ser utilizada para aumentar a produção e melhorar a qualidade dos alimentos ao mesmo tempo, contribuindo assim para uma maior segurança alimentar do país. Além destes efeitos, outros efeitos secundários já são observados, como a melhoria das condições de trabalho dos agricultores, como por exemplo, a menor exposição aos agrotóxicos e mais tempo livre para outras atividades. No plano ambiental, uma área crítica para o Brasil, dada a sua posição privilegiada de grande detentor de biodiversidade, a engenharia genética também poderá contribuir para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis e mais amigáveis ao meio ambiente.

A segunda razão pela qual este estudo se justifica é porque o desenvolvimento da engenharia genética é fortemente influenciado pela percepção social dos seus benefícios e dos seus riscos. No caso específico do setor de alimentos, a percepção dos benefícios e dos riscos é o principal condicionante da aceitação social de determinado produto (HENSON, et al, 2008). A aceitação social dos cultivos GM é fundamental para a sua viabilidade econômica. A viabilidade pode ficar comprometida porque uma elevada percepção de riscos dos consumidores provoca uma rejeição no mercado final de alimentos derivados de cultivos GM. Um estudo feito por MOON & BALASUBRAMANIAN (2001), mostrou que

³⁵ A engenharia genética poderá ser utilizada para o desenvolvimento de variedades de plantas energéticas, como a cana-de-açúcar, com maior eficiência energética.

tanto nos Estados Unidos quanto no Reino Unido a percepção dos riscos e dos benefícios de alimentos derivados de OGM se traduz em comportamento do consumidor quanto à vontade de pagar um preço maior pelo alimento convencional. Por outro lado, a rejeição do público pode influenciar as políticas regulatórias, que se foram excessivamente rígidas também reduziram as vantagens dos cultivos GM em comparação aos convencionais.

Existem duas abordagens que tem dominado os estudos de percepção social dos cultivos GM. A primeira tem como foco a percepção dos consumidores e do público em geral. A segunda usa como fonte de análise a percepção dos stakeholders não leigos, que representam interesses privados e públicos e que tem poder de influência sobre o público leigo.

A maior parte dos estudos de percepção social dos cultivos GM tem se concentrado nos consumidores e no público com pouco ou nenhum conhecimento sobre a natureza e os impactos da tecnologia. Os estudos mais gerais de percepção de riscos, que analisaram a percepção de benefícios e de riscos de vários grupos de tecnologias e de produtos, mostram que normalmente há uma diferença entre a percepção dos leigos e a percepção dos especialistas. Enquanto a percepção dos especialistas é determinada basicamente pelas probabilidades e pelas evidências, a dos leigos pode ser influenciada por muitas outras variáveis (SLOVIC, 1987; ROYAL SOCIETY, 1992; FLYNN et al, 1993; KRAUS et al, 1992).

No caso específico da engenharia genética dos cultivos GM, a maioria dos estudos de percepção de riscos tem focado nestas outras variáveis que influenciam as atitudes do público leigo (AMIN et al, 2007;). Estes estudos têm encontrado uma variedade muito grande de fatores que podem influenciar a percepção e as atitudes do público com relação aos cultivos GM: características sócio-econômicas, como o nível de renda³⁶, a escolaridade, a faixa etária e o gênero (HOOSAIN et al, 2003; EUROPEAN COMMISSION, 2005; HWANG et al, 2005; ONYANGO et al, 2004); fatores culturais, como visão de mundo, orientação política e crenças religiosas (COYLE et al, 2003; SCHEITL, 2005; PETERS et al, 2007; HAN & HARRISON, 2007; MONTPETIT & ROUILLARD, 2008); problemas de saúde, como alergias a determinados tipos de alimentos (GAIVORONSKAIA & HVINDEN, 2006); o nível de conhecimento sobre biologia e engenharia genética, que em

³⁶ Nos países mais pobres, onde há uma maior percepção dos benefícios dos cultivos GM, a aceitação social tende a ser maior do que nos países mais ricos (FAO, 2005; CURTIS et al, 2004).

muitos casos impede que o consumidor tenha consciência dos seus benefícios (GASKEL et al, 2003; GROBE et al, 1999; GURUDASANI & SHETH, 2009); a forma na qual a mídia trata das questões ligadas à engenharia genética (BAUER, 2005; BONNY, 2003; McCLUSKEY & SWINNEN, 2004); e a confiança nas empresas e nas instituições que participam do processo de desenvolvimento e de análise de riscos da tecnologia (GROBE et al, 1999; BARLING et al, 1999; HOUSE et al, 2001; PETER et al, 2006; BARNETT et al, 2007).

Mas, segundo AERNI & BERNAUER (2006), um estudo de percepção social dos cultivos GM podem também ser feito através de pesquisas de opinião dirigidas aos especialistas ou aqueles stakeholders que influenciam tanto a opinião pública quanto as decisões políticas. Em vez de focar nos consumidores, o estudo pode focar nestes stakeholders, que diferem do público leigo por terem um nível de conhecimento bastante profundo da tecnologia e representarem interesses tanto privado quanto público.

Segundo AERNI (2005), a percepção do público é muito influenciada pelas informações que são veiculadas nos meios de comunicação, que por sua vez eles tem como fontes primárias estes *stakeholders* com conhecimento especializado e que atuam em diferentes instituições, tais como empresas privadas, governos, universidades, institutos de pesquisa e grupos de interesses público, tais como associações de agricultores e ONGs de defesa do meio ambiente ou de defesa dos direitos dos consumidores.

A segunda abordagem – analisar a percepção social a partir da percepção dos stakeholders ou dos especialistas – tem sido menos usada do que a primeira abordagem, que foca nos consumidores. SAVADORI et al (2004) realizou um estudo na Itália, onde 116 pessoas foram entrevistadas, sendo 58 especialistas (professores e estudantes de Ph.D. em biologia) e 58 leigos (pessoas sem treinamentos específicos em biologia). Os resultados mostram que comparado com o público, os especialistas perceberam menos riscos para um conjunto de sete aplicações diferentes da biotecnologia moderna. Entretanto, ambos os grupos julgaram os riscos das aplicações na produção de alimentos maiores do que os riscos das aplicações na medicina.

Neste estudo, os especialistas selecionados foram pessoas com formação em biologia. Mas, dado o caráter multidisciplinar do problema, o debate sobre os cultivos GM

envolve outros especialistas, como engenheiros agrônomos, médicos, economistas, advogados, sociólogos e etc.

Esta ampliação das categorias dos especialistas relevantes para o desenvolvimento da engenharia genética foi feita por AERNI (2002), que realizou um estudo da percepção e da atitude dos stakeholders envolvidos no processo inovativo da engenharia genética no México e nas Filipinas. Foram entrevistados 52 especialistas no México e 65 nas Filipinas, distribuídos em 9 categorias diferentes de atuação: representantes de governos, parlamentares, representantes de fundações internacionais na área de agricultura, ONGs, profissionais da imprensa, representantes de empresas privadas, representantes do *Consultative Group of International Agricultural Research (CGIARs)* e acadêmicos.

Assim, este estudo apresentou três inovações. Primeiro, ele focou apenas na percepção de especialistas. Segundo, ele usou um conceito mais amplo de especialistas, porque além de cientistas com formação em biologia foram considerados também os profissionais que atuam nas esferas política, jurídica e econômica do processo inovativo. Ou seja, o especialista não é apenas o profissional que atua nos laboratórios de genética³⁷, mas também no parlamento, na imprensa, nas ONGs de defesa do meio ambiente e dos direitos dos consumidores e nos departamentos financeiros e de marketing das empresas que desenvolvem a tecnologia. Uma terceira inovação deste estudo foi o fato de ter sido feito em dois países diferentes, de duas regiões bastante distintas – Ásia e América Latina – e com características sócio-econômicas, incluindo as características da agricultura, também muito distintas. Este terceiro ponto é muito importante porque permite entender melhor as relações entre estas características e a percepção e as atitudes dos stakeholders com relação à engenharia genética.

Os resultados deste estudo mostraram que entre os especialistas também há discordâncias quanto ao potencial da engenharia genética para solucionar os problemas da agricultura de seus países. Um segundo resultado é que existem diferenças significativas entre as percepções e as atitudes dos especialistas dos dois países. Por exemplo, a maioria dos especialistas filipinos considerou que um sistema de agricultura orgânica desenvolvido internamente seria uma alternativa melhor para garantir a renda e a segurança alimentar dos agricultores mais pobres do que a engenharia genética. Segundo AERNI (2002), a distinção

3. ³⁷ Segundo AERNI (2002), o foco do estudo foram “os stakeholders representativos que contribuem para a formação da opinião pública e que podem representar grupos de interesses públicos e privados”.

da engenharia genética como uma tecnologia ocidental e a agricultura orgânica como uma tecnologia doméstica também é um indicador de que aspectos políticos e ideológicos podem influenciar a percepção e as atitudes dos stakeholders e dos especialistas.

No caso dos países em desenvolvimento, esta segunda abordagem, que foca na percepção dos stakeholders, parece ser a mais apropriada do que a abordagem que foca nos consumidores e no público leigo. Nestes países os impactos sobre os consumidores nem sempre é a principal questão, dado que muitos produzem para a exportação, como são os casos da produção de soja na Argentina e no Brasil ou o da produção de algodão na Índia, no Paquistão e na África do Sul. Para estes países, outras questões, como os impactos dos cultivos GM sobre a competitividade, sobre a renda dos agricultores, sobre o meio ambiente e sobre o sistema nacional de inovação agrícola são mais importantes. E muitas destas questões são estratégicas para o desenvolvimento econômico dos países e, portanto, a percepção dos especialistas ou dos stakeholders tem mais peso do que a do público leigo.

Resumindo, a análise da percepção dos stakeholders no Brasil se justifica por três razões. Primeiro porque a engenharia genética tem importância estratégica para o desenvolvimento do país. Segundo porque a percepção social dos seus benefícios e dos seus riscos poderá influenciar o seu desenvolvimento. E terceiro porque a percepção dos stakeholders, dada as características do país, tem mais peso do que a percepção dos consumidores e do público leigo.

Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar os resultados de uma pesquisa de campo que foi feita com o objetivo de identificar com um pouco mais de profundidade a percepção dos especialistas com relação aos benefícios e aos riscos dos cultivos GM no Brasil. Alguns estudos têm como objetivo a percepção dos benefícios e dos riscos de algumas aplicações específicas, como é o caso do estudo feito por GONZÁLES, et al (2009), que analisou a percepção dos stakeholders com relação a uma variedade geneticamente modificada de cassava. O estudo que será apresentado neste capítulo não é sobre um cultivo específico, mas sobre uma ampla quantidade de riscos e de benefícios que estão associados com as diversas aplicações da engenharia genética na agricultura.

Este capítulo está dividido em três partes. A primeira apresenta a questão dos benefícios e dos riscos dos cultivos GM no contexto brasileiro, chamando a atenção para as especificidades brasileiras. Na segunda parte será apresentada a metodologia utilizada para

analisar a percepção dos especialistas. E na terceira parte serão apresentados e discutidos os resultados da pesquisa.

5.1 Um Panorama Geral da Questão dos Cultivos GM no Brasil

As tecnologias radicais criam diversos desafios para a sociedade, dentre eles os desafios regulatórios. Os governos precisam decidir que tipos de políticas deverão adotar e em que áreas elas deverão atuar. As tecnologias radicais, como é o caso da engenharia genética, tem conseqüências de longo-prazo. Quando é preciso tomar decisões sobre problemas com eventuais conseqüências no longo-prazo, se enfrentam situações em que “os fatos são incertos, os valores discutíveis, os riscos elevados e as decisões urgentes” (MUNDA, 2003).

Para países onde a agricultura tem um grande peso econômico e social como é o caso do Brasil, as decisões no presente sobre as tecnologias agrícolas que poderão ter grandes impactos no longo-prazo são processos complexos, que se caracterizam pela participação de diversos grupos de stakeholders que diferem entre si quanto à interesses, valores e a percepções das novas tecnologias.

A agricultura mundial precisa de novas tecnologias e as aplicações da engenharia genética para diversos fins na agricultura mostram que ela poderá contribuir significativamente para a superação de diversos problemas da agricultura mundial. Como mostram as experiências anteriores de difusão de outras tecnologias na agricultura, tanto a difusão quanto os impactos destas tecnologias dependem de inovações institucionais e de políticas públicas. Os países que mais se beneficiaram das tecnologias da Revolução Verde, por exemplo, foram aqueles que realizaram reformas institucionais e criaram políticas que potencializaram os impactos destas tecnologias.

A realização de pesquisa e de desenvolvimento de novas tecnologias por instituições públicas, ao lado do crédito rural, é a principal área de atuação política dos governos com relação às tecnologias agrícolas. Segundo FAO (2000), em países como Estados Unidos, Índia e Brasil, que junto com a China são os maiores produtores agrícolas do mundo, a pesquisa desenvolvida pelo setor público foi a principal fonte de crescimento da produtividade total dos fatores.

No Brasil o crescimento da produtividade total dos fatores tem como causas a expansão do crédito rural e as pesquisas e tecnologias desenvolvidas pelas instituições públicas, principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Segundo GASQUES et al (2008), a produtividade total dos fatores na agricultura brasileira duplicou entre 1975 e 2005 e o crédito rural e as pesquisas desenvolvidas por instituições públicas estão entre as principais causas deste crescimento. Segundo GASQUES et al (2008), “o aumento de 1% nos gastos em P&D, pela Embrapa, tem um impacto de 0,17% na produtividade total dos fatores”.

A emergência da engenharia genética, principalmente a partir de 1996 quando se inicia a produção comercial de cultivos GM nos Estados Unidos, colocou para os demais países o desafio de como se posicionar com relação a esta tecnologia, que é percebida pelos agentes econômicos, sociais e governos como uma tecnologia revolucionária, que poderá trazer grandes benefícios para a agricultura, mas que também apresenta riscos. Os governos, principalmente os de países como o Brasil, onde a agricultura tem uma grande importância econômica e social e o sistema nacional de inovação agropecuária é relativamente desenvolvido, precisam tomar decisões políticas com relação à engenharia genética. As decisões políticas são tomadas com base na percepção que governo, stakeholders e grupos sociais com relação aos benefícios presentes, aos benefícios futuros e aos riscos do uso de cultivos GM.

Como mostra PAALBERG (2001), com relação aos cultivos GM existem cinco áreas que exigem políticas públicas: direitos de propriedade intelectual, biossegurança, direitos do consumidor, comércio externo e investimento público em pesquisa. Nestas cinco áreas os governos podem assumir posições que vão desde a promoção até a prevenção da tecnologia. Tudo dependerá do quão benéfico ou arriscado a tecnologia será percebida pelos stakeholders e pelo próprio governo.

Com relação as políticas públicas de financiamento da pesquisa, o governo brasileiro tem se posicionado de forma favorável ao uso da engenharia genética e reconhece a importância da biotecnologia moderna para a competitividade futura da agricultura brasileira. Uma demonstração do apoio governamental a biotecnologia moderna foi o Projeto Genoma Xylella, que teve por objetivo decifrar o código genético (DNA) de uma bactéria que causa doenças na produção de citros. Com este projeto, o Brasil se tornou o

primeiro país do Hemisfério Sul a desenvolver um projeto de seqüenciamento completo de um organismo. Este projeto foi realizado com a participação de 33 laboratórios do Estado de São Paulo, incluindo laboratórios de instituições públicas, como o Instituto Agrônomo de Campinas, de universidades públicas e de empresas privadas e contou com o financiamento da Fundação de Amparo da Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). A principal instituição pública de pesquisa agropecuária do país – a Embrapa – está desenvolvendo projetos de genomas de outros cultivos de grande importância para a agricultura brasileira, como o café e a cana-de-açúcar. Ela está desenvolvendo também pesquisas com cultivos GM de grande importância para segurança alimentar no Brasil, como é o caso do feijão.

Mais recentemente, o Governo Federal tomou algumas iniciativas que mostram interesse em promover o desenvolvimento da biotecnologia no país. Em 2004, o governo federal criou o Fórum de Competitividade da Biotecnologia. Em 2007 foi instituído o Comitê Nacional de Biotecnologia, que tem como propósito a implementação da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (PDB), lançada em 2008. Esta política prevê o investimento de R\$ 10 bilhões em biotecnologia nos próximos dez anos e 60% deste valor virá de recursos públicos. Um dos alvos da PDB é o desenvolvimento de plantas resistentes a estresses bióticos e abióticos.

Mas a despeito de todo o potencial de desenvolvimento da engenharia genética no país, como a força do agronegócio, a boa infra-estrutura de pesquisa e os incentivos governamentais, a difusão dos cultivos GM ocorre de forma lenta, em comparação com outros países. Dos três grandes países produtores de soja, o Brasil é o que apresenta menor taxa de adoção de variedades GM. Além disso, enquanto no mundo se comercializa 140 eventos diferentes de cultivos GM, no Brasil foram aprovados apenas cinco (uma variedade de soja, uma de algodão e três de milho), sendo que o primeiro – a soja tolerante a herbicidas – foi aprovado apenas em 2006, dez anos após este cultivo ser produzido nos Estados Unidos e Argentina.

A difusão relativamente pequena de cultivos GM no Brasil se deve a falta de consenso entre diversos setores da sociedade com relação aos benefícios e riscos dos cultivos GM. Apesar da existência de uma Lei de Biossegurança e de dois fóruns de decisão, a Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio), formada por cientistas, e da

Comissão Nacional de Biossegurança, formada por 11 ministros, o processo de liberação de uma variedade de cultivo GM é sempre marcado por uma “guerra” entre grupos que divergem quanto aos benefícios e riscos destes cultivos. O processo de aprovação do milho Liberty Link em 2007 ilustra bem a situação complexa da regulação da biossegurança no Brasil. A liberação deste cultivo somente foi aprovada na terceira sessão, sendo que nas duas anteriores ela foi esbarrada na resistência de grupos contrários aos cultivos GM, que impediam que a votação entre os membros fosse realizada. Na terceira sessão a liberação foi votada e aprovada com 17 votos a favor e 4 contra, sendo três de representantes do Governo Federal e um de representante da sociedade civil.

O fato é que apesar da lei de biossegurança e da CTNBio, das políticas de incentivos do governo federal e da boa aceitação dos cultivos GM por parte dos agricultores, o uso da engenharia genética no Brasil ainda continua suscitando muitas controvérsias e não há evidências de que as próximas aprovações de cultivos GM serão menos conturbadas do que foi a do milho Liberty Link.

Mas quais são de fato os temas que impedem um consenso sobre estes cultivos no Brasil? Será a controvérsia um embate entre uma visão de curto-prazo, defendida por agricultores e empresários do agronegócio, que superestimam os benefícios econômicos do presente e uma visão de longo-prazo, que prioriza os riscos ambientais destes cultivos, como por exemplo, os seus impactos negativos sobre a biodiversidade brasileira?

O objetivo deste trabalho é justamente entender melhor a natureza desta controvérsia a partir do levantamento de opiniões de especialistas com relação aos benefícios e riscos dos cultivos GM. Aqueles que defendem os cultivos GM tendem a priorizar os seus benefícios e aqueles que são contrários a eles tendem a priorizar os seus riscos. Mas que benefícios e riscos são estes? Aqueles que os defendem os fazem pela mesma razão, ou seja, eles usam os mesmos tipos de benefícios como critério? Da mesma forma, aqueles que são contrários, também o são pela mesma razão? Existe um tipo de benefício que é dominante, de forma que haveria uma convergência entre os diferentes *stakeholders*? Ou, da mesma forma, existe um tipo de específico de risco que supera os demais, de forma que um cultivo que não apresentasse este risco pudesse ser mais facilmente aceito por todos os *stakeholders*?

5.2 Os Benefícios e os Riscos dos Cultivos GM no Brasil

Como visto nos capítulos anteriores, a despeito da rápida difusão mundial dos cultivos GM, ainda não há um consenso entre os especialistas, entre o público e entre os governos sobre os benefícios e os riscos destes cultivos para a agricultura mundial. A grande dificuldade para se chegar a um consenso reside no fato dos cultivos GM, dadas as suas características, suscitarem ao mesmo tempo uma grande percepção dos seus benefícios para alguns grupos de *stakeholders* e uma grande percepção dos seus riscos para outros grupos.

Três questões tornam o debate sobre os riscos e os benefícios dos cultivos GM um processo extremamente complexo. A primeira questão, que dificulta enormemente a construção de uma harmonização regulatória internacional, é a estreita relação que existe entre a percepção dos benefícios e dos riscos com as condições específicas³⁸ de cada país. Em função destas especificidades, uma mesma tecnologia pode ser percebida como muito benéfica em determinado país e percebida como muito arriscada e pouco benéfica em outro.

Os benefícios e os riscos de uma tecnologia agrícola dependem das condições naturais, econômicas, sociais, institucionais e políticas da região em que ela será difundida. Como foi visto nos capítulos anteriores, a percepção dos benefícios e dos riscos dos cultivos GM difere entre os países. Condições naturais favoráveis a proliferação de pragas, como é o caso da produção de algodão na China, aumenta a percepção dos benefícios das variedades de algodão resistentes a insetos. O caso da Argentina é outro exemplo de como as condições econômicas podem influenciar a percepção dos benefícios da tecnologia. A crise econômica favoreceu a percepção dos benefícios da soja tolerante a herbicidas, que contribuía para a geração de renda, de empregos e de divisas.

Da mesma forma, algumas condições podem favorecer a percepção dos riscos. No Peru, onde existe uma grande variedade de espécies nativas de milho, existe uma grande percepção dos riscos ambientais dos cultivos GM. Em alguns países da África, onde a

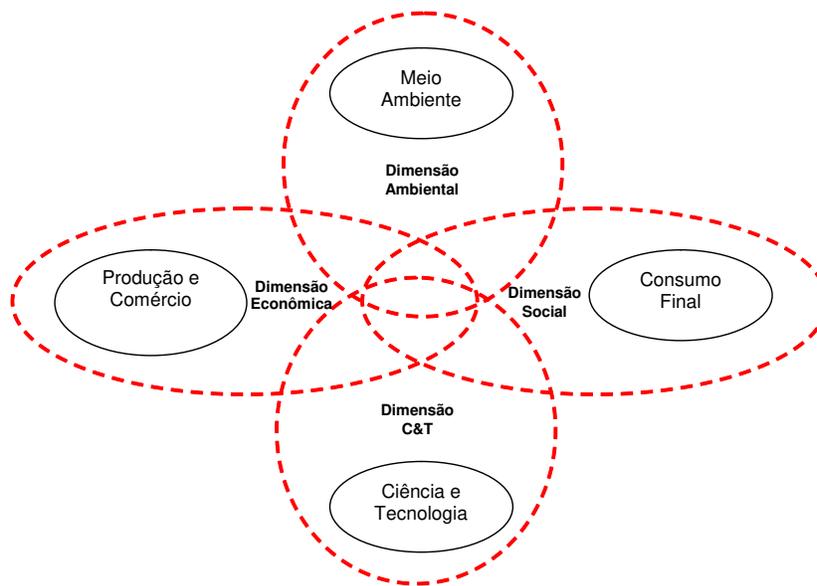
³⁸ Estas condições específicas incluem as condições climáticas (temperatura, chuvas e etc), as condições biológicas (biodiversidade local, incidências de pragas e de doenças), restrições do solo, restrições de água, fatores demográficos, importância da agricultura para a economia local, fatores sociais (pobreza rural, desnutrição), fatores políticos e institucionais (tipos de políticas agrícolas praticadas) e as condições científicas e tecnológicas (capacidade de desenvolvimento, de pesquisas e de adaptação de novas tecnologias agrícolas).

maior parte dos agricultores são pequenos e pobres, existe uma grande percepção dos riscos econômicos dos cultivos GM, como por exemplo, os riscos de crescimento dos custos da tecnologia no futuro.

A segunda questão são as especificidades de cada cultivo GM, que poderão fazer com que o público, os especialistas, os *stakeholders* e os governos tenham percepção dos riscos e dos benefícios diferentes para os diferentes tipos de cultivos GM. Por exemplo, a tolerância a herbicidas terá a mesma percepção de riscos e de benefícios independente dos cultivos em que ela será usada? As pessoas que percebem muitos riscos nos cultivos tolerantes a herbicidas poderiam perceber mais benefícios em cultivos tolerantes a seca? Ou seja, a percepção de riscos e dos benefícios é inerente a engenharia genética ou depende do tipo de atributo e do cultivo em que ela está sendo usada? Se percepção dos riscos e dos benefícios é dependente do tipo de cultivo significa que o processo de aprovação e de liberação de um novo cultivo GM pode estar sempre sujeito a controvérsias e a conflitos. Todo o processo de avaliação de uma nova variedade GM poderá se tornar foco de novas discussões, controvérsias e conflitos entre os *stakeholders*, os especialistas e entre os governos.

Uma terceira questão que dificulta a convergência entre os diferentes atores é a quantidade de benefícios e de riscos que pode estar envolvida nas discussões. No debate sobre os benefícios e os riscos dos cultivos GM é possível identificar quatro grupos de questões ou áreas e dentro de cada uma delas uma grande quantidade de riscos e de benefícios bastante específicos. Como mostra a Figura 30, os quatro grupos de questões são os impactos dos cultivos GM sobre a produção e o comércio agrícola, os impactos sobre o meio ambiente, os impactos sobre consumidor e sobre o público em geral e os impactos sobre o desenvolvimento científico e tecnológico. Estes quatro grupos de questões constituem as quatro dimensões que tem dominado o debate sobre os cultivos GM: a dimensão econômica, a dimensão social, a dimensão ambiental e a dimensão da ciência e da tecnologia. Embora possa haver muitas intersecções e convergências entre elas, o mais comum, entretanto, é a existência de conflitos entre os interesses específicos de cada dimensão, principalmente entre a dimensão econômica e a ambiental.

Figura 30. As Dimensões Afetadas pelo Uso de Cultivos GM



Fonte: Elaboração própria.

Os impactos sobre a produção e o comércio agrícola, tais como a redução de custos e o aumento da produtividade e o aumento das exportações estão na dimensão econômica. Os efeitos da tecnologia sobre o meio ambiente, que incluem, por exemplo, os impactos sobre o nível de poluição e os impactos na biodiversidade, estão na dimensão ambiental. Além destes impactos diretos, as tecnologias agrícolas podem também ter efeitos sobre o nível de emprego agrícola, sobre a renda e o bem-estar dos agricultores mais pobres e sobre o nível nutricional da população. Estes impactos estão na dimensão social.

Os possíveis efeitos dos cultivos GM sobre a preservação da biodiversidade, sobre a contenção do desmatamento, sobre a poluição e sobre o melhor uso do solo e da água são questões que pertencem a dimensão ambiental do problema. Para muitos especialistas, os cultivos GM são vistos como uma solução também para os problemas ambientais da agricultura. Eles poderiam ser utilizados tanto para economizar recursos naturais – no caso de cultivos resistentes a seca e de cultivos com maior rendimento biológico, por exemplo – quanto para reduzir a introdução de produtos que causa desequilíbrios ambientais – no caso de cultivos resistentes a pragas e a doenças. Mas existem posições divergentes, que enfatizam os riscos ambientais dos cultivos GM como as principais razões para não usá-los ou então esperar a realização de estudos mais conclusivos sobre os seus impactos ambientais. Segundo estes grupos, os cultivos GM oferecem diversos riscos para o meio ambiente, pois

além de contribuírem para intensificar os efeitos nocivos dos cultivos convencionais – caso dos cultivos GM tolerantes a herbicidas – eles podem trazer novos riscos, como o surgimento de super-pragas e a contaminação genética (NODARI, 2001; SIQUEIRA et AL, 2004).

Além das questões econômicas e ambientais, que em muitos casos são as que mais suscitam discussões e controvérsias, existem outras que para muitos países também poderão ter peso nas decisões políticas, como por exemplo, os impactos diretos dos cultivos GM sobre o nível de emprego na agricultura, os impactos sobre a pobreza e a desigualdade de renda e os impactos sobre a saúde dos agricultores e dos consumidores. Estas questões constituem a terceira dimensão do problema, que é a dimensão social.

Os cultivos GM, como foi mostrado nos capítulos anteriores, apresentam muitas vantagens com relação aos cultivos convencionais do ponto de vista da dimensão social. Por exemplo, as sementes GM, ao contrário de algumas tecnologias difundidas durante a revolução verde, não apresentam ganhos de escala, o que facilita o seu uso pelos agricultores mais pobres e, conseqüentemente, elas poderiam contribuir para a redução da pobreza rural. Outro impacto observado no uso das sementes GM, principalmente daquelas resistentes a insetos, foi a menor exposição dos agricultores aos pesticidas, que conseqüentemente tem impactos sobre a saúde destes agricultores. Além dos agricultores, os consumidores também poderão ser beneficiados com alimentos que foram produzidos sem o uso de pesticidas ou com alimentos derivados de cultivos que foram modificados para melhorar a qualidade nutricional³⁹.

A despeito de todos os benefícios, para muitos especialistas os cultivos GM podem oferecer vários riscos sociais. O risco social que mais tem suscitado preocupações e controvérsias é o risco de efeitos danosos sobre a saúde humana. Segundo FERMENT & ZANONI (2007), os cultivos GM apresentam riscos toxicológicos que são inerentes a engenharia genética e no caso dos cultivos tolerantes a herbicidas, existem riscos que estão associados com uso de intensivo do tipo de herbicida para o qual a planta é tolerante. Os riscos sobre a saúde humana têm um peso muito grande nas decisões políticas, principalmente nos países europeus, que são grandes importadores de produtos agrícolas e ao mesmo tempo o público em geral é muito sensível às questões ligadas com a segurança

³⁹ No Canadá e nos Estados Unidos já existem variedades de soja GM com baixo teor de ácido linoléico, o que permite a fabricação de óleos vegetais com maior qualidade nutricional.

dos alimentos. Mas nos países em desenvolvimento, onde a agricultura continua sendo uma fonte de renda para uma grande parcela da população e muitos dos agricultores são pobres, existem preocupações com outros tipos de riscos sociais, tais como o aumento do desemprego agrícola, o aumento da concentração fundiária e o aumento da dependência do agricultores com relação as grandes empresas privadas que comercializam as sementes GM (ALTIERI, 2001; SHIVA, 2001).

Finalmente, a pesquisa e a produção de cultivos GM têm desdobramentos em uma quarta dimensão, que é a da ciência e da tecnologia. Esta dimensão pode ter um peso maior para os países em desenvolvimento, principalmente aqueles que tem um forte sistema nacional de inovação agrícola, com capacidade para desenvolver pesquisas com biologia molecular e para desenvolver novas ferramentas para atender as suas próprias necessidades (SILVEIRA & BORGES, 2007). Enquanto o desenvolvimento de cultivos GM tem sido majoritariamente financiado por empresas privadas, nos países em desenvolvimento a pesquisa na agricultura, incluindo as pesquisas com cultivos GM, é financiada basicamente pelo setor público. O uso da engenharia genética para o melhoramento vegetal é visto por muitos como uma grande oportunidade para os países em desenvolvimento enfrentarem diversos desafios na agricultura, como o desenvolvimento de plantas mais adaptadas as regiões tropicais, a transição para uma agricultura mais sustentável e a redução da dependência tecnológica externa (PERES, 2001; CASTRO, 2003).

Mas, como ocorre nas questões economias, ambientais e sociais, nas questões tecnológicas também não há consenso, porque para muitos os cultivos GM oferece riscos para o sistema nacional de inovação. Um risco tecnológico, por exemplo, é o do sub-investimento em tecnologias alternativas, dado que os gastos com pesquisa e desenvolvimento de cultivos GM poderiam consumir boa parte dos escassos recursos que são destinados para a pesquisa nos países em desenvolvimento. Uma alternativa seria as instituições públicas de pesquisa e as universidades, que são as instituições chave na pesquisa agrícola na maior parte dos países desenvolvidos, fazerem parcerias e dividirem os custos da pesquisa com cultivos GM com as empresas privadas. Mas neste caso haveria outros tipos de riscos, como por exemplo, os riscos da “privatização” do conhecimento básico e o risco de aumentar a dependência tecnológica externa.

5.2.1 As Especificidades do Brasil

Uma das dificuldades para se chegar a um consenso sobre os cultivos GM é a grande quantidade de benefícios e de riscos que podem ser considerados pelos diferentes grupos de stakeholders. Tanto a quantidade quanto o peso de cada um dos benefícios e dos riscos estão relacionados com as especificidades de cada país. O objetivo desta seção é mostrar algumas especificidades do Brasil e os tipos de benefícios e de riscos que estão associados a elas.

Uma primeira especificidade do Brasil é a importância que a agricultura tem na economia do país. Do ponto de vista macroeconômico, o agronegócio, que inclui a agricultura, a pecuária e todos os setores industriais e de serviços que atuam ao longo da cadeia produtiva da agropecuária, tem contribuído para a estabilidade de preços⁴⁰, para o crescimento da renda nacional⁴¹ e para o equilíbrio das contas externas do país⁴².

Uma segunda especificidade do Brasil é importância dos três principais cultivos GM na agricultura mundial – algodão, milho e soja – na agricultura brasileira. Estes três cultivos tem grande participação tanto na área cultivada quanto nas exportações agrícolas brasileiras. Como mostra a Tabela 17, estes três cultivos tiveram uma participação de 56% na área colhida total no Brasil em 2008 e nas últimas duas décadas esta participação foi crescente.

⁴⁰ No período de 1995 a 2008, o crescimento dos preços dos alimentos no mercado interno foi menor do que o crescimento as demais categorias de produtos. A média anual do crescimento dos preços dos alimentos entre 1995 e 2008 foi inferior do que a média anual de crescimento do índice geral de preços, medido pelo INPC (IBGE, 2009). Das 9 categorias de bens que constituem o INPC, somente duas – artigos de residência e vestuário – apresentaram uma inflação maior do que a dos alimentos.

⁴¹ Embora a agropecuária tenha uma participação de apenas 6% no PIB, o agronegócio, que engloba as indústrias de insumos agrícolas, as processadoras de produtos agropecuários e as empresas de serviços, como transporte e armazenamento, tem uma participação de cerca de 30% no PIB (IBGE, 2009). Nos últimos 15 anos, a taxa de crescimento do agronegócio tem sido maior e mais estável do que nos demais setores da economia brasileira (CEPEA, 2009).

⁴² O agronegócio é o setor que mais vem contribuindo para o equilíbrio das contas externas do país. No período de 2003 a 2006, embora o déficit da balança de serviços tenha aumentado de 23 bilhões de dólares para 36 bilhões de dólares, o saldo das transações correntes foi positivo, porque o superávit da balança comercial cresceu de 13 bilhões de dólares para 46 bilhões de dólares. E o crescimento do superávit da balança comercial se deveu ao crescimento das exportações do agronegócio. De 2001 a 2008 o superávit da balança comercial brasileira foi resultado do bom desempenho das exportações do agronegócio, do que sem elas a balança comercial brasileira seria deficitária. Em 2008, por exemplo, o Brasil apresentou um superávit comercial de 24 bilhões de dólares, mas sem as exportações do agronegócio o comércio externo brasileiro teria apresentado um déficit de 35 bilhões de dólares (Secex, 2009; MAPA, 2009)).

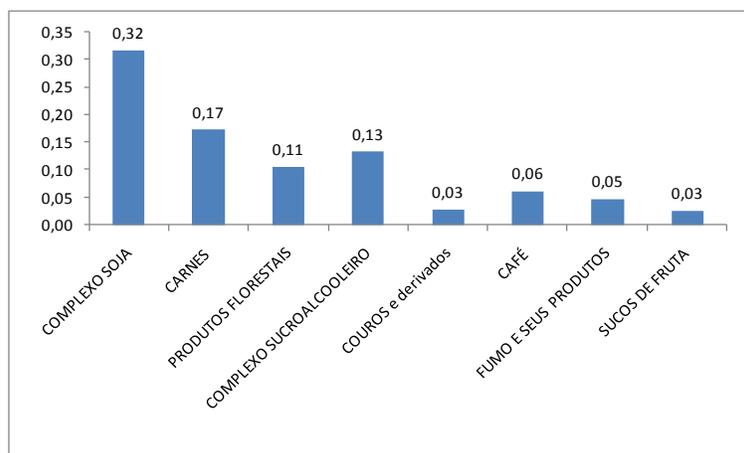
Tabela 17. Participação da soja, milho e algodão na área colhida total no Brasil

	1990	1995	2000	2005	2008
Soja	0,22	0,23	0,27	0,36	0,32
Milho	0,22	0,27	0,23	0,18	0,22
Algodão	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
Sub-total	0,48	0,52	0,51	0,56	0,56

Fonte: FAO, 2009.

Dos três cultivos a soja é o principal produto do agronegócio brasileiro. Ela ocupa cerca de 30% da área agrícola brasileira e é um cultivo de grande importância para o comércio externo brasileiro. Como mostra a Figura 31, o complexo da soja, que inclui grãos, óleo e farelo, tem uma participação de 32% na pauta de exportação do agronegócio brasileiro. As exportações de carnes representam o segundo segmento de maior peso na pauta de exportações do agronegócio brasileiro e a soja, assim como também o milho, está na base da cadeia produtiva da carne, dado que eles são as principais fontes de matérias-primas para a produção de ração animal. Significa que o peso da soja nas exportações brasileiras é maior do que as exportações diretas de grãos, óleo e farelo.

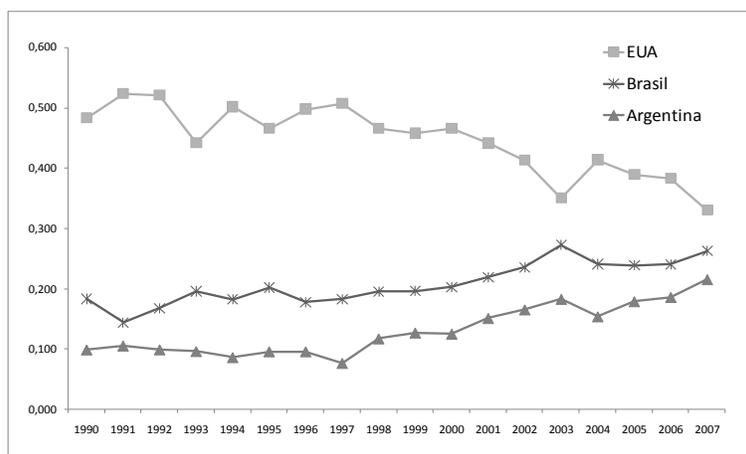
Figura 31. Pauta de exportação do agronegócio brasileiro em 2009: principais produtos (em %)



Fonte: Elaborado a partir de SECEX (2009).

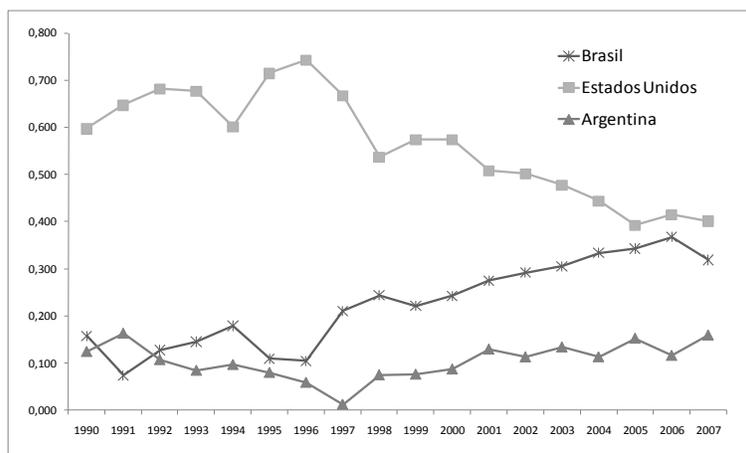
No plano internacional, o Brasil, como mostra a Figura 32 e a Figura 33, é segundo maior produtor e o segundo maior exportador de grãos de soja. A partir de 1995 se observou um crescimento da participação do Brasil no comércio mundial. Segundo PINAZZA (2007) a competitividade da soja brasileira “deve-se aos baixos custos de produção do grão no Brasil, fruto de um alto nível da tecnologia, escala e capital, aliados a terra e a mão-de-obra baratas”.

Figura 32. Participação na produção mundial de soja em grãos: Eua, Brasil e Argentina



Fonte: Elaborado a partir de FAOSTAT, 2009.

Figura 33. Participação na exportação mundial de soja em grãos: Eua, Brasil e Argentina



Fonte: Elaborado a partir de FAOSTAT, 2009.

A importância da soja para o agronegócio e para a economia brasileira, principalmente para a inserção no comércio externo, explica em parte o peso da dimensão econômica na discussão sobre os cultivos GM no Brasil. Segundo os defensores do uso dos cultivos GM, o fato do Brasil ser um grande produtor e um grande exportador de soja deveria ser o principal fator a ser considerado nas decisões políticas sobre os cultivos GM, já que estes poderiam contribuir para aumentar a competitividade do Brasil no comércio internacional (GALVÃO, 2008). Por outro lado, com base no mesmo fato, há os que se opõem ao uso de cultivos GM, argumentando que eles poderiam afetar negativamente a competitividade das exportações brasileiras, dado que existe rejeição a estes cultivos nos países importadores, principalmente nos países europeus. Para estes, a queda na participação dos EUA no mercado mundial é um forte indício de que o uso de soja GM

contribui para a uma perda de competitividade mercado internacional. Os que defendem o uso dos cultivos GM argumentam que no mesmo período a Argentina, que também usa sementes GM desde 1996, aumentou a sua participação no comércio mundial, o que impede, portanto, concluir que a soja GM reduz a competitividade. Assim, com base nos interesses econômicos, é possível encontrar argumentos favoráveis e argumentos contrários ao uso de cultivos GM no Brasil.

Uma terceira especificidade da agricultura brasileira está no peso que a dimensão ambiental tem nas decisões políticas sobre as tecnologias agrícolas, sobretudo no caso dos cultivos GM. O peso das questões ambientais nas decisões políticas se fundamenta no fato de que o Brasil possui uma grande área com florestas naturais e conseqüentemente muita biodiversidade. Este fato explica, por exemplo, o peso que as preocupações com a preservação da biodiversidade vêm ganhando nas políticas ambientais.

Tradicionalmente a relação entre as dimensões econômica e ambiental no desenvolvimento da agricultura brasileira tem sido de conflito. De um lado ainda existem sistemas agrícolas mais primitivos, que consomem muitos recursos naturais, porque novas áreas agrícolas são criadas com desmatamento, com perda de solos e com perdas de biodiversidade. Este é o caso, por exemplo, das regiões onde a fronteira agrícola ainda está se expandindo, como são os casos das regiões Centro-Oeste e Norte. Por outro lado, os sistemas agrícolas considerados mais modernos e mais intensivos em tecnologias consomem menos recursos naturais, mas nem por isso deixam de causar desequilíbrios ambientais, já que eles introduzem no meio ambiente diversas substâncias que podem causar danos ambientais, tais como inseticidas, pesticidas e os fertilizantes inorgânicos. A citricultura, a produção de cereais, de cana-de-açúcar e de algodão são exemplos deste segundo tipo de agricultura. Na maioria dos casos, ela está concentrada na região Sudeste, onde a fronteira agrícola não se expande mais e única forma de aumentar a produção é intensificar o uso dos fatores de produção.

Uma quarta especificidade é a existências de diversos problemas sociais, tais como a desnutrição, a pobreza rural, a desigualdade de renda na agricultura e a desigualdade na posse de terras (elevada concentração fundiária). Estes problemas alargam as discussões sobre os cultivos GM no Brasil, dado eles precisam ser levados em consideração nas decisões políticas.

Uma quinta especificidade é o fato de Brasil ser considerado um super *NARS*, que são aqueles países em desenvolvimento que possuem um forte sistema nacional de inovação agrícola (SNIA), como são os casos também da China e da Índia. Isto significa que além das questões econômicas, sociais e ambientais, as decisões políticas sobre os cultivos GM precisam também levar em consideração as questões relacionadas ao SNIA. De um lado, a emergência da engenharia genética cria muitas oportunidades para o fortalecimento destes SNIA. Por exemplo, ela poderá potencializar a capacidade destes SNIA de desenvolver tecnologias voltadas para os problemas das agriculturas tropicais. No caso de países com grande biodiversidade, como é o caso do Brasil, a engenharia genética poderá contribuir para um melhor aproveitamento da riqueza biológica. De outro lado, a emergência da engenharia genética é vista também como uma ameaça para o SNIA. Existem questões que precisam ser levadas em consideração, como por exemplo, dado o custo elevado da pesquisa com cultivos GM e a crônica escassez de recursos para pesquisa nos países em desenvolvimento, o investimento em pesquisas para o desenvolvimento de cultivos GM não poderia comprometer as pesquisas com outras tecnologias agrícolas, também de grande importância estratégica para o país?

Com base nas especificidades apresentadas acima, na próxima seção serão apresentados os tipos de benefícios e de riscos que os cultivos GM podem oferecer para a agricultura brasileira.

5.2.2 Benefícios e Riscos dos Cultivos GM no Brasil

A percepção dos benefícios e dos riscos é uma questão central na difusão dos cultivos GM. É ela que determina a atitude dos consumidores, dos stakeholders e influencia as decisões políticas. Mas, ao contrário de outras tecnologias, os cultivos GM podem oferecer benefícios e riscos de diversas naturezas. Com visto na seção anterior, as decisões precisam levar em consideração benefícios e riscos em várias dimensões da vida social. No caso dos cultivos GM, as principais dimensões são a econômica, a social, a ambiental e a tecnológica. O peso que cada tipo de benefício e risco deverá ter nos processos decisórios em cada país é muito dependente das especificidades de cada um.

Dadas as especificidades do Brasil⁴³, é fundamental distinguir entre dois tipos de benefícios: os de curto-prazo, que são os benefícios observados a partir dos cultivos que já estão sendo produzidos em grande escala, e os benefícios de longo-prazo, ou os benefícios potenciais, associados com os cultivos que ainda estão em fase de pesquisas de laboratórios. Os benefícios observados são aqueles detectados a partir de estudos realizados para analisar os impactos dos cultivos GM, como foi visto no capítulo 2.

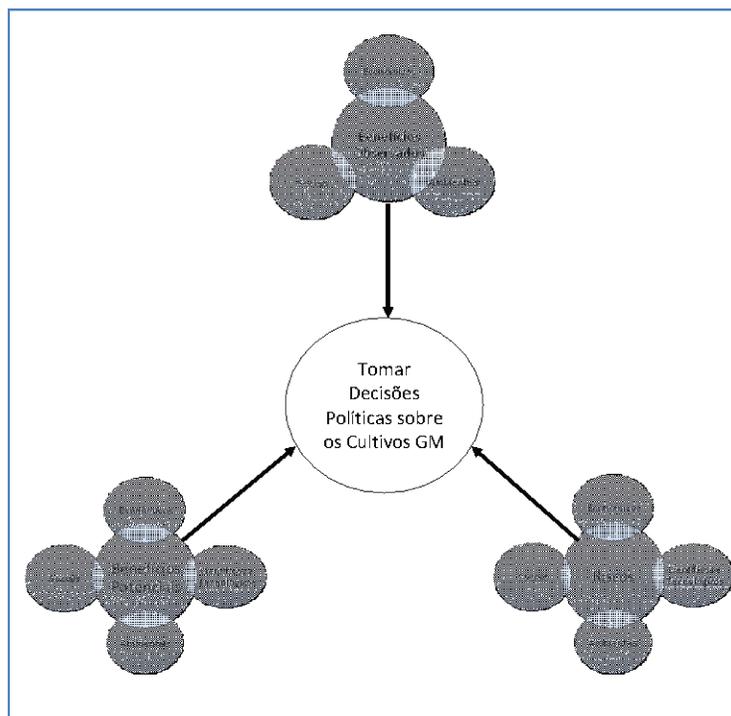
Os benefícios potenciais são aqueles que poderão ser observados a partir da difusão de novos tipos de cultivos GM, como por exemplo, os cultivos GM tolerantes a seca e os cultivos GM com mudanças nas propriedades nutricionais. Esta distinção é necessária porque os cultivos GM que estão sendo produzidos atualmente representam uma parcela muito pequena do enorme leque de aplicações da engenharia genética na agricultura. Como mostraram Runge & Bryan (2004), já existem diversos cultivos GM com outras características sendo pesquisados em laboratórios e sendo plantados em campos experimentais. Para muitos autores, os benefícios potenciais deveriam ter um grande peso nas decisões dos governos sobre os cultivos GM (CONKO, 2003; SILVEIRA & BUAINAIN, 2007).

Os riscos estão associados com os possíveis efeitos danosos dos cultivos GM sobre a quatro dimensões da produção agrícola. Embora diversos estudos científicos tenham sido concluídos sem apresentar evidências concretas de que os cultivos GM apresentam novos riscos para os agricultores e para a sociedade, muitos grupos de stakeholders defendem que os riscos deveriam ter o maior peso nas decisões políticas (ALTIERI, 2001; FERNANDES, 2007).

A Figura 34 resume a estrutura do problema. As decisões políticas sobre os cultivos GM devem ser tomadas levando em consideração os benefícios observados, os benefícios potenciais e os riscos. E existem riscos e benefícios nas quatro dimensões do problema: a econômica, a ambiental, a social e a tecnológica.

⁴³ Dadas os desafios futuros da agricultura brasileira – ganhar competitividade no comércio externo, continuar atendendo a demanda interna sem aumentar os preços dos alimentos e ao mesmo tempo respeitar as restrições ambientais – as decisões políticas tomadas hoje precisam levar em consideração os benefícios futuros dos cultivos GM. Vamos supor que se conclua que a soja GM não interessa ao Brasil e por esta razão o país não deverá investir na criação de infra-estrutura de pesquisa e de desenvolvimento e de avaliação de riscos (capacidade de biossegurança) de cultivos GM. Esta decisão poderia comprometer, por exemplo, a capacidade de enfrentar diversos problemas no futuro que podem se resolvidos com o uso da engenharia genética, tais como, o desenvolvimento de plantas resistentes a seca, de alimentos com melhor qualidade nutricional e cultivos que economizam recursos naturais, principalmente terra e água. A produção de diversos cultivos de grande importância para a agricultura brasileira, tais como a cana-de-açúcar, a laranja e o café, poderia ser beneficiada como o uso da engenharia genética para desenvolver variedades melhoradas.

Figura 34. Variáveis nas tomadas de decisões sobre os cultivos GM: benefícios e riscos percebidos



Fonte: elaboração própria.

Dos benefícios observados pelos estudos empíricos, realizados para medir os impactos dos cultivos tolerantes a herbicidas e dos resistentes a insetos, é possível distinguir três categorias de impactos: os econômicos, os sociais e os ambientais. Os benefícios econômicos mais comuns foram a redução dos custos de produção, o aumento do rendimento por hectare, a maior flexibilidade operacional e a economia de trabalho, que resultou no maior tempo livre para os agricultores se dedicarem a outras atividades. Do ponto de vista social, os principais benefícios foram: alimentos com baixo teor de toxinas (milho bt), alimentos mais nutritivos (soja com modificações na composição dos ácidos glaxos), menor exposição dos agricultores aos pesticidas (algodão e milho Bt) e aumento da renda de pequenos agricultores. Dos benefícios ambientais, os estudos mostraram quatro impactos ambientais positivos. Ocorreram dois impactos diretos, associados com o menor uso de pesticidas: a menor contaminação do meio ambiente com pesticidas, principalmente no caso do algodão, que é um cultivo intensivo em pesticidas; e a redução de emissões de CO₂, associada com a redução no uso de combustíveis fósseis utilizados para pulverizações. E ocorreram dois impactos indiretos, resultados da prática do plantio direto,

que foi intensificada com o uso de cultivos GM: a menor erosão do solo e a maior retenção de água no solo (BROOKES & BARFOOT, 2006; TRIGO & CAP, 2006).

Os benefícios potenciais se referem aos benefícios futuros das novas gerações de cultivos GM, como os cultivos tolerantes a seca e os cultivos com atributos de qualidade. Estes benefícios podem ser classificados em quatro categorias: econômicos, sociais, ambientais e científicos e tecnológicos.

Dos benefícios econômicos potenciais se destacam a maior competitividade no mercado externo, o fortalecimento da agroindústria, a diversificação da agricultura e a maior estabilidade da produção agrícola. Dos benefícios sociais dos novos cultivos GM, se destacam a produção de alimentos com propriedade terapêuticas, que poderão ter impactos, por exemplo, sobre a mortalidade infantil; a produção de alimentos mais baratos, que é uma condição fundamental para reduzir a fome e a desnutrição nos países em desenvolvimento; a redução da pobreza rural, que é uma segunda condição para a redução da fome e da desnutrição nas áreas rurais; e a redução da incidência de doenças causadas por pesticidas.

Do ponto de vista ambiental, as futuras gerações de cultivos GM poderão contribuir para a contenção do desmatamento, se, por exemplo, eles permitirem aumentar a produtividade por hectare e usar áreas degradadas ou com restrições de solo; para economizar água, dado que grande parte da produção agrícola nos países em desenvolvimento é muito dependente de irrigação; da diminuição da poluição causada pelo uso intensivo de fertilizantes inorgânicos; e o desenvolvimento de plantas para a biorremediação.

Os benefícios científicos e tecnológicos se referem aos impactos da produção de cultivos GM sobre a ciência e a tecnologia de determinado país. No caso dos países em desenvolvimento, que tem grande dependência tecnológica, a produção de cultivos GM pode estimular o desenvolvimento científico e tecnológico interno. Outros dois benefícios tecnológicos potenciais dos cultivos GM seriam o desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade e o desenvolvimento de cultivares para enfrentar problemas específicos das regiões tropicais.

Os riscos também podem ser classificados em quatro grupos: econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos. Os riscos tecnológicos incluem os possíveis efeitos negativos

sobre o sistema nacional de inovação agrícola brasileiro. Existem quatro riscos tecnológicos para o sistema de inovação brasileiro: os cultivos órfãos, a dependência tecnológica externa, a privatização do conhecimento básico e o sub-investimento em tecnologias alternativas. Os cultivos-órfãos (ou negligenciados) são aqueles cultivos que não são priorizados pelas pesquisas e desenvolvimento de variedades melhoradas. Dado que as pesquisas envolvendo transgênicos são muito custosas, há o risco de que os investimentos sejam alocados somente para os cultivos que tem uma grande participação no comércio mundial de commodities. A dependência tecnológica externa é o risco de que os países em desenvolvimento fiquem dependentes das tecnologias desenvolvidas pelas grandes empresas multinacionais que desenvolvem os cultivos GM.

Nos riscos econômicos estão os riscos de efeitos negativos sobre a competitividade da produção agrícola brasileira. Basicamente, existem três riscos econômicos: o aumento dos custos de produção, a redução da produção e as barreiras comerciais aos cultivos GM. O uso de cultivos GM poderia aumentar os custos por três razões. A primeira é a possibilidade de aumento nos preços das sementes GM, dado que estas são produzidas e comercializadas por empresas privadas, que detêm direitos de propriedade intelectual sobre a inovação, o que garante a elas, pelo menos por um certo período de tempo, uma situação de monopolista. A segunda razão seria a exigência dos consumidores e das empresas processadoras de identificação de identidade e de rastreabilidade. Uma terceira possibilidade seria a redução da eficácia das sementes GM no controle de pragas, provocadas pelo surgimento de ervas daninhas ou insetos resistentes, o que exigiria o uso de outros métodos de controle de pragas e assim os agricultores pagariam pela semente GM e pelas demais tecnologias. No caso de perda da eficácia do controle de pragas, poderia ocorrer também uma redução na produção por hectare, dado que haveria mais perdas da produção por hectare. Os dois riscos anteriores, o aumento dos custos da produção e a redução na produção, são riscos associados com a oferta ou a produção agrícola.

O terceiro risco econômico, as barreiras comerciais aos cultivos GM, está ligado à demanda. Mesmo que os cultivos GM resultem em redução dos custos e em aumento da produtividade, existe o risco de que o preço final do produto sofra uma queda em função tanto de rejeição do público quanto de barreiras comerciais usadas por países ou por empresas processadoras. Para os países exportadores, este risco é talvez o mais

preocupante, dado que existem evidências de que parte do público nos países importadores, como os países europeus e Japão, rejeitam os alimentos GM e somente aceitaria consumi-los com um desconto muito grande⁴⁴. Em função da rejeição do público, muitas empresas do setor de alimentos⁴⁵ estão voluntariamente optando por usar cultivos não GM e muitos governos estão adotando políticas de rotulagem obrigatória (GRUERE, 2006), o que pode ampliar a percepção de riscos e aumentar a rejeição dos consumidores (PAARLBERG, 2008).

Quanto aos riscos ambientais, os especialistas que os enfatizam tem dado destaque para cinco tipos diferentes de riscos: o surgimento de super-pragas, os efeitos sobre os organismos não alvo, os efeitos sobre o ecossistema do solo, a redução da biodiversidade e a poluição genética (NODARI & GUERRA, 2001; FERMENT & ZANONI, 2007).

Nos riscos sociais estão os possíveis impactos negativos dos cultivos GM sobre a saúde dos consumidores, o aumento do desemprego, o aumento da dependência dos agricultores e o aumento da concentração fundiária.

O Quadro 12 apresenta de forma resumida os tipos de riscos e de benefícios dos cultivos GM na agricultura brasileira.

⁴⁴ Segundo McCLUSKEY, GRIMSRUD & WAHL (2003), em muitos países os consumidores somente comprariam alimentos derivados de cultivos GM com descontos que variaram de 60% (Japão) a 23% (Estados Unidos).

⁴⁵ Nos Estados Unidos, empresas com McDonald's e Burger King decidiram comprar batatas somente de produtores que não produziam batatas GM. Outro exemplo são as empresas produtoras de pipocas, que decidiram voluntariamente não usar milho GM, dada a resistência dos consumidores (PAARLBERG, 2008).

Quadro 12. Benefícios e riscos dos cultivos GM no Brasil

RISCOS	Riscos Tecnológicos	Cultivos órfãos
		Dependência tecnológica externa
		Privatização do conhecimento básico
		Sub-investimento em tecnologias alternativas
	Riscos Ambientais	Surgimento de super-pragas
		Efeitos sobre organismos não alvo
		Efeitos sobre o ecossistema do solo
		Redução da biodiversidade
	Riscos Sociais	Polição genética
		Efeitos danosos sobre a saúde humana
		Desemprego agrícola
		Aumento da concentração fundiária
	Riscos Econômicos	Aumento da dependência do agricultor
Aumento no custo de produção		
Queda na produção		
Barreiras comerciais aos cultivos GM		
BENEFÍCIOS POTENCIAIS	Benefícios Tecnológicos	Redução da dependência tecnológica externa
		Desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade
		Desenvolvimento de cultivares para regiões tropicais
	Benefícios Ambientais	Uso de plantas GM para biorremediação
		Contenção do desmatamento
		Economia de água na produção agrícola
	Benefícios Sociais	Redução de contaminação com fertilizantes inorgânicos
		Produção de alimentos com propriedades terapêuticas
		Produção de alimentos mais baratos
		Redução da pobreza rural
	Benefícios Econômicos	Redução da incidência de doenças causadas por resíduos de agroquímicos
		Maior competitividade no mercado externo
		Fortalecimento da agroindústria
Diversificação da produção		
BENEFÍCIOS OBSERVADOS	Benefícios Ambientais	Maior estabilidade da produção agrícola
		Sequestro e redução de emissão de CO ₂
		Redução na contaminação do meio ambiente com pesticidas
		Maior retenção de água no solo
	Benefícios Sociais	Menor erosão do solo
		Alimentos com baixo teor de toxinas
		Alimentos mais nutritivos
		Menor exposição dos agricultores aos pesticidas
	Benefícios Econômicos	Aumento na renda dos pequenos agricultores
		Redução no custo de produção
		Maior rendimento por hectare
		Maior flexibilidade operacional
		Mais tempo livre para outras atividades

Fonte: elaboração própria.

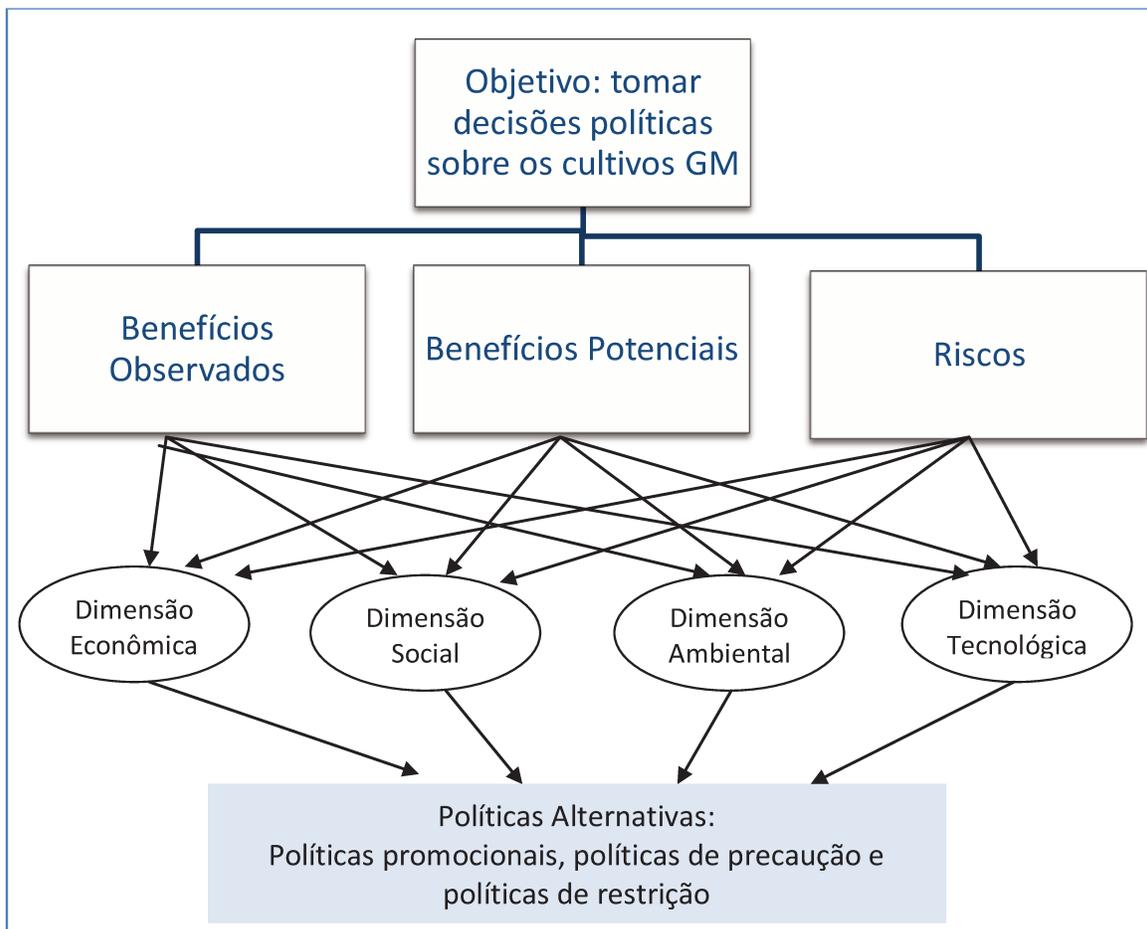
Qual o peso que cada um destes benefícios e riscos deve ter nas decisões políticas sobre os cultivos GM no Brasil? Existe concordância entre os especialistas brasileiros sobre estes pesos? Para responder a estas perguntas foi enviado um questionário para 150 especialistas brasileiros em biotecnologia e engenharia genética agrícola com o objetivo de identificar as suas opiniões sobre os pesos que os benefícios e os riscos apresentados acima devem ter nas decisões políticas sobre os cultivos GM. A metodologia usada para estruturar e para processar as respostas dos especialistas será apresentada na próxima seção.

5.3 A Metodologia

A criação de um questionário para obter os pesos dos benefícios e dos riscos dos cultivos GM começou com a estruturação do problema. A Figura 35 mostra a forma na qual o problema foi pensado e estruturado. O ponto de partida nesta estrutura é a existência de um objetivo geral, que é a tomada de decisões políticas sobre os cultivos GM. Estas decisões políticas podem ser políticas genéricas, como as políticas industriais e as políticas científicas e tecnológicas, as leis de biossegurança e de direitos de propriedade intelectual sobre novas variedades GM, as políticas de importação de sementes GM e as políticas de regulação da comercialização de alimentos GM no mercado interno. E as decisões políticas podem também ser específicas, como aquelas tomadas pelo Conselho Nacional de Biossegurança, que pode ser chamado para decidir sobre cultivos GM específicos.

As decisões políticas sobre os cultivos GM, assim como sobre qualquer tipo de tecnologia, devem levar em consideração os seus benefícios e os seus riscos. Nos casos dos cultivos GM, dado que a engenharia genética é uma ferramenta com um grande potencial, é necessário considerar dois tipos de benefícios: os benefícios observados e os benefícios potenciais. Mas, considerando o caráter multidimensional dos impactos de uma tecnologia radical como os cultivos GM, é necessário considerar os benefícios e os riscos em várias dimensões da vida social. Considerar este caráter multidimensional do problema pressupõe que ao tomar uma decisão sobre esta tecnologia, muita coisa “está em jogo”: a renda dos agricultores, a competitividade externa do país, a saúde dos consumidores, o emprego dos trabalhadores rurais, o desenvolvimento científico do país e etc. Todas estas questões foram agrupadas em quatro dimensões: a econômica, a ambiental, a social e a tecnológica. A partir dos julgamentos realizados com base nos benefícios e riscos nas quatro dimensões é que os tipos de políticas devem ser escolhidos.

Figura 35. Estrutura Geral do Estudo Empírico



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez estruturado o problema, o próximo passo foi a escolha de uma método que permite buscar, comparar e processar julgamentos de especialistas. Considerando a natureza complexa do problema – várias alternativas, vários critérios de decisão e muitos “decisores” envolvidos no processo – foi utilizado uma metodologia multicritério para a criação dos questionário e para o processamento das respostas.

5.3.1 O Uso do Método Multicritério

Para estruturar e para encontrar os pesos de cada um dos benefícios e dos riscos apresentados na Figura 35 foi utilizado um método de análise multicritério. Segundo MUNDA (2003), as metodologias multicritérios servem para lidar com situações que exigem tomadas de decisões sobre problemas com eventuais conseqüências no longo-prazo e ao mesmo tempo “os fatos são incertos, os valores discutíveis, os riscos elevados e as decisões urgentes”.

O processo de definição de uma forma de regular os cultivos geneticamente modificados pode ser caracterizado como um problema complexo. O processo envolve vários agentes ou stakeholders e cada um tem motivação, interesse e um sistema de valor próprio que pode ser conflitante com os de outros stakeholders. Ele envolve também vários objetivos e critérios que podem ser conflitantes entre si. Estas duas características do processo são suficientes para justificar o uso de uma metodologia multicritério.

O uso da transgenia na agricultura tem se concentrado no desenvolvimento de cultivos modificados geneticamente para melhorar o controle de pragas, como por exemplo, os cultivos tolerantes a herbicidas e os resistentes a insetos e a vírus. Estes cultivos são classificados como cultivos com atributos agronômicos, ou seja, são atributos que tem impactos sobre a função de produção de um determinado produto.

Uma função de produção é a relação entre uma quantidade produzida Q e as quantidades utilizadas dos fatores de produção e insumos básicos: terra, mão-de-obra, sementes, água, máquinas, combustíveis, fertilizantes e defensivos agrícolas. As tecnologias que tem impactos sobre a função de produção são aquelas que aumentam a produtividade dos insumos utilizados e/ou provocam uma mudança na participação relativa de cada insumo ou fator de produção. Uma tecnologia pode poupar ou intensificar o uso de determinado insumo.

As tecnologias não são neutras, ou seja, mudanças na função de produção de determinado produto sempre causam impactos econômicos, sociais e ambientais. Estes impactos podem ser tanto positivos quanto negativos. No caso dos cultivos GM, muito impactos positivos já foram observados. Para os críticos da transgenia, os benefícios observados não são suficientes para compensar os riscos ou os malefícios futuros do uso da tecnologia. Para os defensores, a transgenia não pode ser julgada apenas pelos benefícios observados em dez anos de difusão, o correto seria julgá-la também pelos seus benefícios potenciais.

A avaliação ou análise multicritério constitui um conjunto de técnicas de tomadas de decisão pertencentes ao campo da pesquisa operacional. Ela surgiu como crítica aos modelos tradicionais da teoria da decisão, que pressupõem a existência de um único decisor com informação perfeita sobre um único critério de julgamento. Mesmo quando a decisão é

tomada por apenas um único decisor, este raramente leva em consideração apenas um critério único e claro. Quando vários agentes participam do processo de tomada de decisão é ainda mais difícil existir a priori um único e bem definido critério que seja considerado aceitável por todos os agentes envolvidos. Nestes casos, o mais comum será cada agente desempenhar um papel mais ou menos definido de acordo com os seus interesses e sistema de valor. Em ambos os casos é necessário levar em consideração vários pontos de vista levando em consideração, por exemplo, finanças, recursos humanos, aspectos ambientais, atrasos, segurança, qualidade, ética, etc.

Portanto, os modelos multicritérios são utilizados em problemas complexos de tomada de decisão, onde a decisão deverá atender a vários objetivos e os seus impactos não podem ser corretamente identificados. A complexidade dos problemas de tomada de decisão aumenta na medida em que aumentam o número dos tomadores de decisão e o número dos objetivos e critérios que estão em jogo. Os problemas complexos possuem pelo menos um das características a seguir (GOMES et al, 2004; FIGUEIRA et al, 2005):

- Os critérios de resolução do problema são, no mínimo, dois que conflitam entre si.
- Tanto os critérios quanto as alternativas não são facilmente definidos.
- Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de forma que um dado critério parece refletir parcialmente em outro critério, enquanto a eficácia em optar por uma alternativa específica depende de que uma outra seja ou não escolhida, no caso de alternativas não serem mutuamente excludentes.
- A solução do problema depende um conjunto de pessoas, cada uma como seu próprio interesse e ponto de vista, não raro conflitante com os interesses das outras pessoas envolvidas.
- Alguns dos critérios são quantificáveis, enquanto outros o são somente por meio de juízos de valor efetuados sobre uma escala.
- A escala para um determinado critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios.

Segundo GOMES et al (2004), os métodos multicritérios, além de uma representação multidimensional dos problemas, incorporam uma série de características em relação à sua metodologia:

- A análise do processo de decisão, em que essa metodologia é aplicada, tem sempre o objetivo de identificar informações/regiões críticas.
- A existência de uma melhor compreensão acerca das dimensões do problema.
- A possibilidade de haver diferentes formulações válidas para o problema.
- A aceitação de que, em problemas complexos, as situações nem sempre se ajustam a um perfeito formalismo e, em particular, de que estruturas que se representam de forma parcial a comparabilidade entre as alternativas podem ser relevantes no processo de auxílio a decisão.
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez de representações numéricas definidas artificialmente, muitas das vezes pode ser mais apropriado a um problema específico de tomada de decisões.

GOMES et al (2004) ressalta que “o estudo do problema de decisões, a partir do enfoque multicritério à decisão, não procura apresentar ao decisor ou decisores uma solução para o problema, elegendo uma única verdade representada pela alternativa escolhida. Pretende, conforme seu nome sugere, apoiar o processo de decisão ao recomendar ações ou cursos de ação a quem vai tomar decisão”.

5.3.2 Conceitos Básicos de Análise Multicritério

Os conceitos básicos de um modelo multicritério são: o decisor ou sujeito de decisão ou o tomador de decisão, o conjunto de escolhas ou conjunto de alternativas, os atributos ou os critérios e os pesos (GOMES et al, 2004; ROY, 2005).

O sujeito ou o tomador de decisão pode ser tanto um indivíduo ou um grupo de indivíduos que, direta ou indiretamente, a partir dos seus valores, realiza julgamentos que “poderá ser usado no momento de avaliar as alternativas disponíveis, com o objetivo de identificar a melhor escolha” (GOMES et AL, 2004).

O decisor depara-se com um conjunto conhecido como conjunto de escolhas ou de alternativas. O conceito de *alternativa* corresponde ao caso particular em que a modelagem é tal que duas ações potenciais distintas não podem ser colocadas conjuntamente em operação, por isso as alternativas são, na maioria dos casos, mutuamente exclusivas. Para qualquer caso, por A denota-se o conjunto de ações potenciais ou de alternativas consideradas em um dado estágio de um processo de apoio a decisão. Por a denota-se

qualquer ação potencial ou alternativa. Quando a quantidade de ações é finita ($|A|=m$), então $A=\{a_1,a_2,\dots,a_m\}$. Quando a modelagem das ações pode ser feito com referência a algumas variáveis, x_1,x_2,\dots , então $a=(x_1,x_2,\dots)$ (GOMES et AL, 2004; ROY, 2005).

O terceiro conceito fundamental é o de critério. Para escolher algumas das alternativas do conjunto A, o decisor precisa de várias dimensões de avaliação. No caso deste estudo, se a decisão é escolher uma política para os cultivos GM, o decisor precisa avaliar os benefícios e os riscos dos cultivos GM. Todas estas características dos cultivos GM são os seus atributos, por exemplo, redução de custos de produção, aumento da rentabilidade por hectare, redução no uso de pesticidas, riscos para a saúde humana e etc.

Um critério g é uma ferramenta construída para avaliar e comparar ações potenciais de acordo com um ponto de vista que deve ser (o tanto quanto possível) bem definido. Esta avaliação deverá levar em conta, para cada ação a , todos os efeitos pertinentes ou atributos ligados ao ponto de vista considerado. É denotado por $g(a)$ e chamado de a *performance* de a , de acordo com este critério.

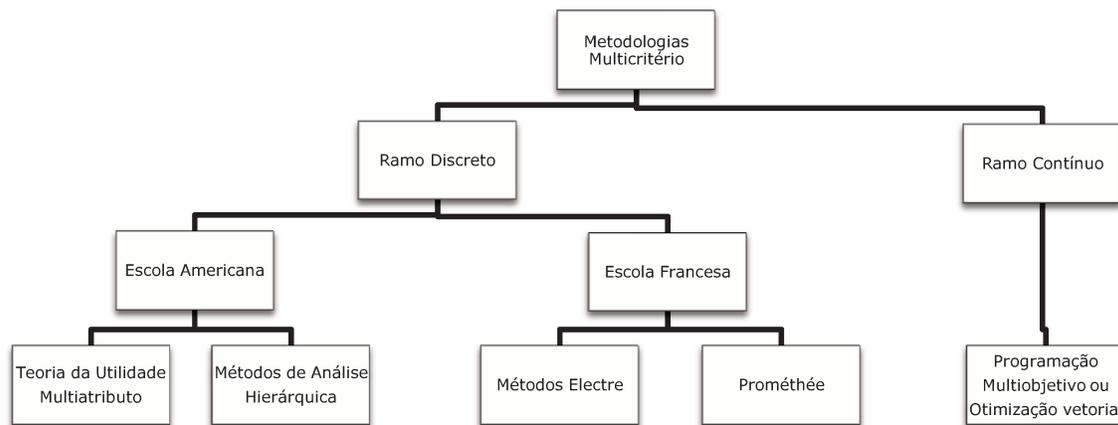
No caso do problema específico deste trabalho – decisões políticas sobre os cultivos GM – as alternativas seriam os tipos de políticas que poderiam ser adotadas, como por exemplo, na área dos direitos dos consumidores, existem duas alternativas: rotulagem obrigatória e rotulagem voluntária. Os critérios são os benefícios e os riscos dos cultivos GM. As escolhas das alternativas são em função dos pesos que serão dados para os diferentes critérios. Por exemplo, se para um determinado decisor (no caso deste trabalho, o decisores seriam os *stakeholders* envolvidos no debate) o critério “risco de efeitos nocivos sobre a saúde humana” tiver o maior peso, então a alternativa “rotulagem obrigatória” atende melhor a sua preocupação do que a alternativa “rotulagem voluntária”, porque a primeira alternativa irá garantir ao consumidor a consciência de que está consumindo um alimento que oferece risco.

5.3.3 A Escolha do Método AHP

Uma vez estabelecidos os critérios e as alternativas, o problema subsequente é a escolha do método de análise multicritério que melhor se adéque ao problema estudado. Existem diversos métodos de análise multicritério que, como mostra a Figura 36, podem ser classificados em duas vertentes. Na primeira estão os métodos chamados de contínuos, que

também são conhecidos como Programação Multiobjetivo ou Otimização Vetorial e que “se ocupam de problemas com objetivos múltiplos, nos quais as alternativas podem adquirir um número infinito de valores” (GOMES et al, 2004). Na segunda vertente estão os métodos chamados de discretos, “que analisam problemas nos quais o conjunto de alternativas de decisão é formado por um número finito e geralmente pequeno de variáveis” (GOMES et al, 2004). Dentro do ramo discreto existem duas ramificações: os métodos da escola americana e os métodos da escola francesa.

Figura 36. Classificação dos Métodos de Análise Multicritério



Fonte: Gomes et al, 2004; Figueira et al, 2005.

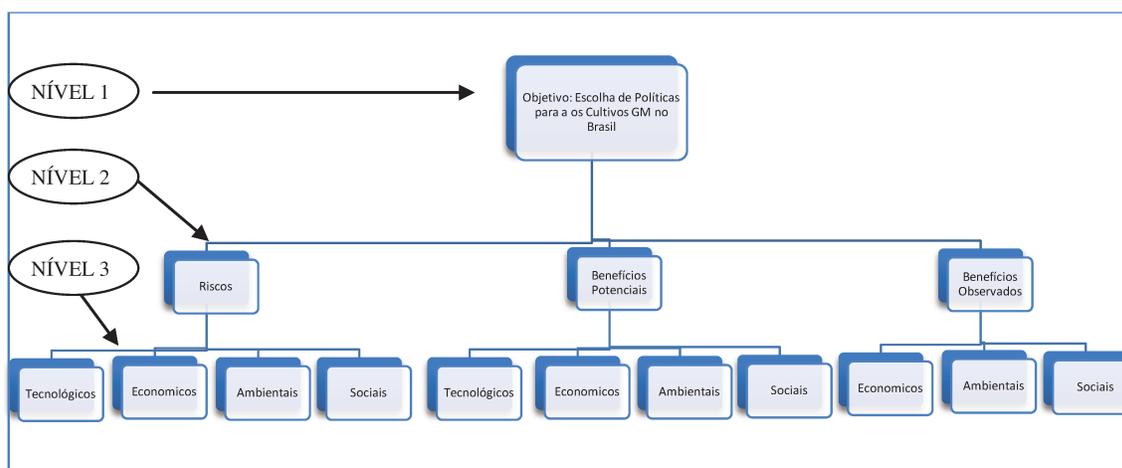
Dentro da escola americana, o método mais utilizado e mais conhecido é o método de análise hierárquica, ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que foi desenvolvido por Thomas Saaty em 1980. Neste método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando, assim, a sua compreensão e avaliação do problema. Os elementos fundamentais do método AHP são (GOMES et al, 2004; SAATY, 1991):

- Atributos e Propriedades: um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades
- Correlação binária: ao serem comparados dois elementos baseados em um determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro
- Escala fundamental: a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais.

- Hierarquia: um conjunto de elementos por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos

O modelo AHP tem três etapas: a estruturação da hierarquia, a agregação das preferências dos especialistas e a operacionalização da matriz de referência para a obtenção dos vetores de prioridades. O primeiro passo, portanto, é estruturar o problema numa árvore hierárquica, como apresentada abaixo.

Figura 37. Estruturação do problema numa árvore hierárquica, de acordo com o método AHP



Fonte: elaboração própria.

A segunda etapa é analisar o impacto ou a importância de cada elemento da hierarquia de nível n sobre a hierarquia de nível $n+1$. Por exemplo, na escolha de políticas para os cultivos GM, qual deve ser a importância ou a contribuição dos riscos, dos benefícios observados e dos benefícios potenciais? Da mesma forma, com relação aos riscos, qual a importância dos riscos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais?

Depois de construir a hierarquia, cada especialista deverá fazer uma comparação, par a par, de cada elemento de dado nível hierárquico, criando uma matriz de decisão quadrada, chamada de Matriz A. Nessa matriz, cada especialista representará, a partir de uma escala predefinida, sua preferência entre os elementos comparados, com relação ao elemento do nível imediatamente superior (SAATY, 1991; GOMES et al, 2004). A escala utilizada para a representação das preferências na matriz e comparação será a “escala fundamental de Saaty”, apresentada no Quadro 13.

Quadro 13. A Escala Fundamental de Saaty

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância Pequena de Uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas alternativas

Fonte: SAATY (1991).

A partir desta escala os fatores são comparados entre si numa matriz como a apresentada abaixo. O Quadro 14 apresenta a matriz que exemplifica o procedimento descrito acima. Vamos supor que uma pessoa que foi convidada para participar de um processo decisório tenha respondido da seguinte forma,

- Os benefícios potenciais têm importância grande ou essencial sobre os benefícios observados;
- Os benefícios potenciais têm importância muito grande sobre os riscos;
- Os benefícios observados têm importância pequena sobre os riscos.

Como estas respostas serão processadas? A partir da escala fundamental de Saaty, a respostas acima serão transferidas para a Matriz A da seguinte forma:

- Se os benefícios potenciais têm importância grande ou essencial sobre os benefícios observados, então esta resposta entra na matriz A, de acordo com a escala de Saaty, como um número 5 na casa A_{12}
- Se os benefícios potenciais tem importância muito grande sobre os riscos, então a resposta entra na matriz A com o número 7 na casa A_{13}
- Se os benefícios observados tem importância pequena sobre os riscos, então esta resposta será transferida para matriz com o número 3 na casa A_{23}

Quadro 14. Matriz A: a matriz de comparação entre os critérios de julgamento

	Benefícios Potenciais	Benefícios Observados	Riscos
Benefícios Potenciais	1	5	7
Benefícios Observados	0,2	1	3
Riscos	0,14	0,333333333	1

Como é possível observar, a matriz A é uma matriz recíproca, onde o elemento $A_{21} = 1/5$, o elemento $A_{31} = 1/7$ e o elemento $A_{32} = 1/3$.

O próximo passo é, a partir das respostas da matriz A, obter um vetor de prioridades, ou seja, segundo as preferências colocadas na matriz A, qual será a importância relativa de cada elemento no processo de escolha das políticas para a pessoa que deu as respostas apresentadas acima?

Segundo o método proposto por Saaty (1991), o vetor de prioridades é calculado a partir da matriz A normalizada, a matriz V, onde cada elemento da matriz V é dado por

$$V_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}}$$

Assim, aplicando a fórmula acima na matriz A chega-se a matriz V, que está apresentada abaixo, no Quadro 15. O vetor de prioridades de cada elemento será a média aritmética da linha correspondente a cada elemento na matriz V. De acordo com as respostas que foram apresentadas acima, os benefícios potenciais deveriam ter um peso de 72%, os benefícios observados de 19% e os riscos de apenas 8% no processo de decisão das políticas para os cultivos GM.

Quadro 15. Matriz V: a matriz A normalizada

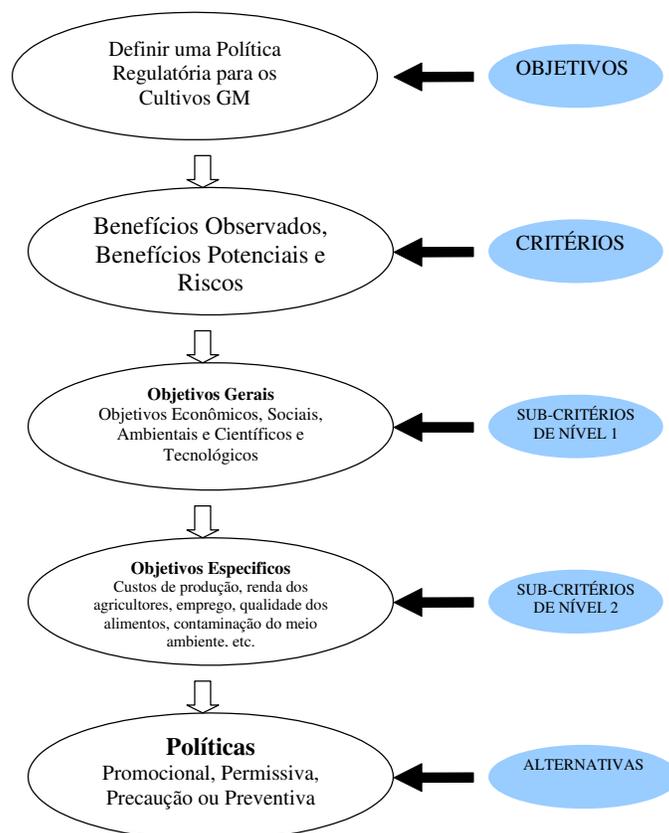
	Benefícios Potenciais	Benefícios Observados	Riscos	Vetores de Prioridades
Benefícios Potenciais	0,74	0,79	0,64	0,72
Benefícios Observados	0,15	0,16	0,27	0,19
Riscos	0,11	0,05	0,09	0,08

5.3.4 A Estrutura do Problema de acordo com o Método AHP

A Figura 38 mostra a estrutura do problema tratado neste trabalho – as decisões políticas sobre os cultivos GM, considerando os seus benefícios e os seus riscos – a partir do método multicritério AHP. No primeiro nível da hierarquia ficam os objetivos do

problema, que no caso aqui são as escolhas de políticas para os cultivos GM. Abaixo do objetivo geral estão os critérios gerais de julgamento: benefícios observados, benefícios potenciais e riscos. No terceiro nível da hierarquia estão os sub-critérios de nível 1, ou os objetivos gerais ou as dimensões do problema: dimensões econômica, social, ambiental e tecnológica. No quarto nível estão os sub-critérios de nível 2, ou os objetivos específicos. Por exemplo, dentro do objetivo geral “benefícios econômicos observados” estão os objetivos específicos, como por exemplo, a redução de custos de produção e o aumento da produção por hectare. No último nível da hierarquia estão as alternativas, que são os quatro tipos de políticas diferentes que podem ser adotadas para regular a produção e a comercialização de cultivos geneticamente modificados: política promocional, política permissiva, política de precaução e política preventiva.

Figura 38. Estrutura do Problema, segundo o Método AHP



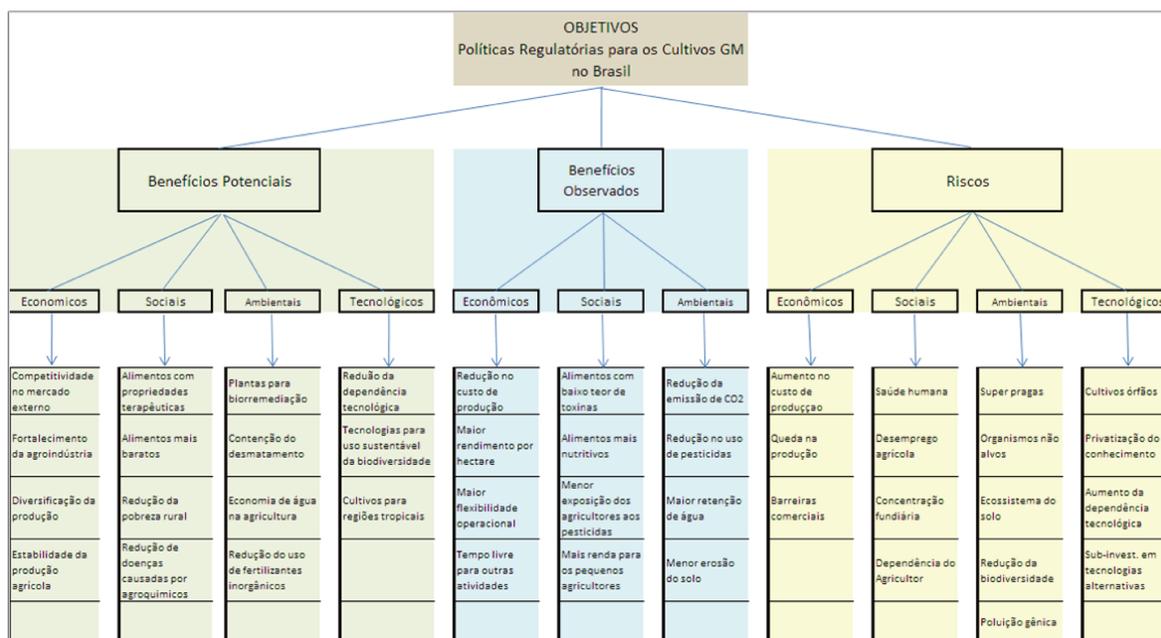
Fonte: elaboração própria.

A estrutura final do problema está apresentada abaixo na Figura 39. A árvore hierárquica foi desenvolvida com quatro níveis. No primeiro estão os objetivos do problema, que é o de tomar decisões para escolher as políticas para os cultivos GM no

Brasil. No segundo nível estão os critérios gerais, que são os benefícios observados, os benefícios potenciais e os riscos. No nível três estão os sub-critérios de nível 1 e no nível quatro os sub-critérios de nível 2, que são os benefícios e os riscos mais específicos.

Normalmente uma árvore hierárquica construída com base no método AHP teria mais um nível, que seriam as alternativas. Na árvore hierárquica apresentada abaixo não aparecem as alternativas, porque a pesquisa não foi realizada para escolher ou ordenar as alternativas, mas apenas para buscar os pesos que os critérios e os sub-critérios deveriam ter nas decisões sobre as possíveis alternativas, que no caso deste trabalho, seriam as possíveis políticas que poderiam ser adotadas no Brasil para os cultivos GM. O principal objetivo, portanto, foi verificar o grau de concordância ou de discordância que há entre os especialistas brasileiros quanto aos critérios de julgamento que foram selecionados, no caso os benefícios e os riscos dos cultivos GM para a agricultura brasileira. Por esta razão que na estrutura do problema as alternativas não foram consideradas, dado que o objetivo foi somente o de buscar a discordância dos especialistas quanto aos pesos dos critérios.

Figura 39. Critérios para avaliação das alternativas de regulação dos cultivos geneticamente modificados



Fonte: elaboração própria.

5.4 Resultados

Esta seção está dividida em cinco partes. Na primeira serão apresentados os resultados agregados, os valores médios dos pesos dos critérios e dos subcritérios. Na segunda, serão apresentadas as variâncias dos pesos, dando ênfase para as diferenças entre os diferentes grupos de especialistas. Na terceira parte serão apresentadas as correlações entre os pesos. E na última e quarta parte será utilizada uma análise de *cluster* para agrupar os especialistas de acordo com os pesos que eles deram para os critérios e sub-critérios.

5.4.1 Média dos Pesos

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 40 apresenta uma média das ponderações dos especialistas para os critérios e para os sub-critérios de nível 1. Segundo estes valores médios, os benefícios potenciais deveriam ter um peso de 40% nas decisões, os benefícios observados de 32% e os riscos deveriam ter um peso de 29%.

Dentro dos benefícios potenciais os sub-critérios apresentaram pesos bastantes próximos, indicando que a importância deles para as tomadas de decisões não difere muito. Os benefícios ambientais apresentaram o maior nível de importância (28%), seguidos pelos

benefícios econômicos e sociais (25% cada um) e os benefícios tecnológicos foram os de menor importância (22%).

No caso dos benefícios observados, os benefícios econômicos obtiveram o maior peso (41%), seguido pelos benefícios ambientais (31%) e pelos benefícios sociais (28%). Quanto aos riscos, os riscos ambientais apresentaram um maior peso (30%), segundo do risco social (27%), do risco econômico (23%) e do risco tecnológico (19%).

Estes resultados mostram que no presente a dimensão econômica é a mais importante, porque dentro dos benefícios observados os benefícios econômicos apresentaram o maior peso. Já no longo-prazo, a dimensão ambiental tem uma importância maior, porque dentro dos benefícios potenciais os ambientais foram os mais importantes e dentro dos riscos também os ambientais foram os que apresentaram o maior peso.

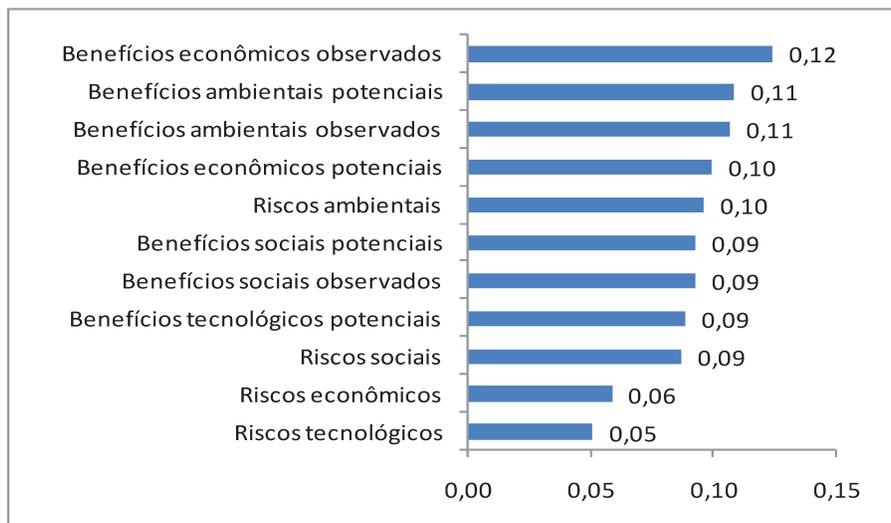
Figura 40. Peso médio dos critérios e dos sub-critérios de nível 1



Outra forma de analisar os resultados acima é pelo peso global de cada um dos onze critérios do nível 3 da hierarquia sobre o nível 1 ou os objetivos do problema. O peso global é o resultado da multiplicação do peso local pelo peso do nível hierárquico superior. Por exemplo, o peso global do benefício econômico potencial é o seu peso local 0,25 multiplicado por 0,39, que é o peso dos benefícios potenciais com relação aos objetivos.

Os pesos globais dos sub-critérios de nível 1 estão apresentados na Figura 41. Os benefícios econômicos observados é o sub-critério de maior peso, com 12% de importância global para os objetivos do problema.

Figura 41. Média dos pesos globais dos critérios da avaliação



Os resultados da Figura 41 mostram que :

- Analisados individualmente, os pesos globais dos sub-critérios são bastantes parecidos, com exceção dos riscos tecnológicos e econômicos, que apresentaram os menores pesos.
- Os benefícios econômicos observados e os benefícios ambientais potenciais foram os critérios de maior peso global. Ou seja, no curto-prazo, os benefícios econômicos são os mais importantes, mas no longo-prazo deve-se dar um peso maior para os benefícios ambientais dos cultivos GM.
- Se os critérios forem agrupados de acordo com as quatro dimensões, percebe-se que as dimensões econômica e ambiental são as que têm maior peso. Dos cinco critérios de maior peso dois são econômicos e três são ambientais e somando todos os critérios destas duas dimensões dá um peso de 60%.
- Apesar de o critério benefício econômico observado ter o maior peso, a dimensão ambiental do problema parece ter uma grande importância para os especialistas, dado que os benefícios ambientais potenciais, os benefícios ambientais observados e os riscos ambientais estão entre os quatro mais importantes. Estes três critérios juntos têm um peso global de 31% no objetivo final, superando, portanto, a dimensão econômica, que tem um peso global de 29%.

-
- A dimensão tecnológica é a que tem menor peso. Somando os dois critérios desta dimensão tem-se um peso de 14%.
 - Com exceção dos riscos ambientais, todos os demais critérios de riscos – riscos sociais, riscos econômicos e riscos tecnológicos – são os que apresentaram os menores pesos. Os riscos ambientais e os riscos sociais apresentaram um peso muito maior dos que os riscos econômicos e os riscos tecnológicos.

Como visto na Figura 39, os sub-critérios de nível 2 foram desagregados em sub-critérios mais específicos e as médias dos pesos de cada um deles estão apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16. Os Pesos Locais dos Sub-critérios de Nível 2

Critérios	Sub-Critérios de Nível 1	Sub-Critérios de Nível 2	Pesos
RISCOS	Riscos Tecnológicos	Cultivos órfãos	0,238
		Dependencia tecnológica externa	0,264
		Privatização do conhecimento básico	0,256
		Sub-investimento em tecnologias alternativas	0,242
	Riscos Ambientais	Surgimento de super-pragas	0,205
		Efeitos sobre organismos não alvo	0,224
		Efeitos sobre o ecossistema do solo	0,174
		Redução da biodiversidade	0,232
		Poluição genética	0,165
	Riscos Sociais	Efeitos danosos sobre a saúde humana	0,331
		Desemprego agrícola	0,207
		Aumento da concentração fundiária	0,206
		Aumento da dependência do agricultor	0,256
	Riscos Econômicos	Aumento no custo de produção	0,304
		Queda na produção	0,251
Barreiras comerciais aos cultivos GM		0,445	
BENEFÍCIOS POTENCIAIS	Benefícios Tecnológicos Potenciais	Redução da dependência tecnológica externa	0,244
		Desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade	0,363
		Desenvolvimento de cultivares para regiões tropicais	0,392
	Benefícios Ambientais Potenciais	Uso de plantas GM para biorremediação	0,187
		Contenção do desmatamento	0,236
		Economia de água na produção agrícola	0,304
		Redução de contaminação com fertilizantes inorgânicos	0,274
	Benefícios Sociais Potenciais	Produção de alimentos com propriedades terapêuticas	0,184
		Produção de alimentos mais baratos	0,293
		Redução da pobreza rural	0,249
	Benefícios Econômicos Potenciais	Redução da incidência de doenças causadas por resíduos de agroquímicos	0,275
		Maior competitividade no mercado externo	0,260
		Fortalecimento da agroindústria	0,265
		Diversificação da produção	0,220
			Maior estabilidade da produção agrícola
BENEFÍCIOS OBSERVADOS	Benefícios Ambientais Observados	Sequestro e redução de emissão de CO ₂	0,158
		Redução na contaminação do meio ambiente com pesticidas	0,405
		Maior retenção de água no solo	0,213
		Menor erosão do solo	0,224
	Benefícios Sociais Observados	Alimentos com baixo teor de toxinas	0,220
		Alimentos mais nutritivos	0,194
		Menor exposição dos agricultores aos pesticidas	0,356
		Aumento na renda dos pequenos agricultores	0,230
	Benefícios Econômicos Observados	Redução no custo de produção	0,313
		Maior rendimento por hectare	0,310
		Maior flexibilidade operacional	0,228
		Mais tempo livre para outras atividades	0,149

Os sub-critérios de nível 2 de maior peso dentro de cada sub-critério de nível 1 foram:

- Riscos tecnológicos: dependência tecnológica externa e a privatização do conhecimento básico
- Riscos Ambientais: redução da biodiversidade e efeito sobre organismos não alvos
- Riscos Sociais: efeitos danosos sobre a saúde humana e aumento da dependência dos agricultores
- Riscos Econômicos: as barreiras comerciais aos cultivos GM foi o risco com maior peso dentro dos riscos econômicos
- Benefícios tecnológicos potenciais: o desenvolvimento de cultivares para regiões tropicais e o desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade.
- Benefícios ambientais potenciais: economia de água na produção agrícola e redução na contaminação com fertilizantes
- Benefícios sociais potenciais: a produção de alimentos mais baratos
- Benefícios econômicos potenciais: maior competitividade no mercado externo e fortalecimento da agroindústria
- Benefícios ambientais observados: a redução da contaminação do meio ambiente com pesticidas
- Benefícios sociais observados: menor exposição dos agricultores aos pesticidas
- Benefícios econômicos observados: redução do custo de produção e maior rendimento por hectare

O Quadro 17 apresenta os pesos globais dos sub-critérios de nível 2. Enquanto os pesos locais representam os seus pesos no nível hierárquico imediatamente superior, os pesos globais representam os seus pesos no objetivo geral do problema, que é a tomada de decisões políticas sobre os cultivos GM.

Observa-se mais uma vez que no extremo inferior do quadro estão todos os riscos tecnológicos, o que mostra que para os especialistas eles não tem muita importância para as tomadas de decisões. Chama a atenção também o fato da “poluição genética”, um tipo de risco ambiental que é muito utilizado para como argumento para se opor aos cultivos GM

em países com muita biodiversidade, ter apresentado, pelo menos para os especialistas que responderam ao questionário, um peso global muito baixo.

Os dois sub-critérios de maior peso global foram a “redução dos custos de produção” e a “redução na contaminação do meio ambiente com pesticidas”. Ambos são benefícios observados, um econômico e outro ambiental. O quarto critério de maior peso – a maior produção por hectare – também é um benefício econômico observado.

De maneira geral, os resultados do Quadro 17 confirmam aqueles que foram apresentados na Figura 41. Se os critérios forem classificados a partir da distinção riscos e benefícios, fica bastante evidente que os benefícios, incluindo os observados e os potenciais, têm um peso maior que os riscos. Se forem classificados pela dimensão do problema, os resultados do Quadro 17 mais uma vez mostra um grande peso para as dimensões econômica e ambiental.

Mas a despeito dos resultados gerais serem muito parecidos, a análise dos pesos globais dos sub-critérios de nível 2 mostram alguns detalhes que não são percebidos quando se analisa os pesos dos sub-critérios de nível 1. Por exemplo, na Figura 41 os benefícios tecnológicos potenciais estão na 8ª posição, numa lista de 11 sub-critérios, no ranking de pesos. Mas no quadro abaixo, um benefício tecnológico específico – o desenvolvimento de cultivares para regiões específicas – aparece na terceira posição no ranking dos pesos numa lista com 43 sub-critérios. Na oitava posição aparece outro benefício tecnológico potencial – o desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade. A mesma coisa ocorre com os riscos sociais, que na Figura 41 aparece na 9ª posição do ranking com 11 sub-critérios, e no quadro abaixo um risco social – efeitos danosos sobre a saúde humana – está na 6ª posição.

Estes resultados mostram a importância da desagregação dos sub-critérios gerais em sub-critérios mais específicos. Num nível mais geral e agregado, os riscos sociais, por exemplo, parece não ter muita importância, mas uma vez desagregados em diferentes tipos de riscos sociais, um tipo de risco específico – os efeitos danosos sobre a saúde humana – apresenta um peso grande. A mesma coisa pode ser dita sobre os benefícios tecnológicos potenciais, que num nível mais agregado eles apresentaram um peso relativamente baixo, mas que no nível mais desagregado dois tipos de benefícios tecnológicos potenciais aparecem com grande destaque.

Quadro 17. Os Pesos Globais dos sub-critérios de nível 2, por ordem decrescente dos pesos

Sub-Critérios de Nível 1	Sub-Critérios de Nível 2	Pesos Globais
B. Econ. Observado	Redução no custo de produção	0,043
B. Amb. Observado	Redução na contaminação do meio ambiente com pesticidas	0,042
B. Tecn. Potencial	Desenvolvimento de cultivares para regiões tropicais	0,038
B. Econ. Observado	Maior rendimento por hectare	0,036
B. Amb. Potencial	Economia de água na produção agrícola	0,034
Risco Social	Efeitos danosos sobre a saúde humana	0,033
B. Social Observado	Menor exposição dos agricultores aos pesticidas	0,033
B. Tecn. Potencial	Desenvolvimento de tecnologias para o uso sustentável da biodiversidade	0,032
B. Amb. Potencial	Redução de contaminação com fertilizantes inorganicos	0,030
B. Econ. Potencial	Maior competitividade no mercado externo	0,028
B. Econ. Observado	Maior flexibilidade operacional	0,027
B. Econ. Potencial	Fortalecimento da agroindústria	0,027
B. Social Potencial	Produção de alimentos mais baratos	0,027
B. Social Potencial	Redução da pobreza rural	0,025
B. Amb. Observado	Menor erosão do solo	0,024
B. Amb. Observado	Maior retenção de água no solo	0,023
B. Social Observado	Aumento na renda dos pequenos agricultores	0,023
B. Amb. Potencial	Contenção do desmatamento	0,023
B. Social Potencial	Redução da incidência de doenças causadas por resíduos de agroquímicos	0,023
B. Econ. Potencial	Maior estabilidade da produção agrícola	0,023
Risco Ambiental	Efeitos sobre organismos não alvo	0,023
Risco Ambiental	Redução da biodiversidade	0,023
Risco Econômico	Barreiras comerciais aos cultivos GM	0,022
B. Econ. Potencial	Diversificação da produção	0,021
B. Amb. Potencial	Uso de plantas GM para biorremediação	0,021
Risco Econômico	Aumento no custo de produção	0,020
Risco Social	Aumento da concentração fundiária	0,019
B. Social Observado	Alimentos com baixo teor de toxinas	0,019
B. Tecn. Potencial	Redução da dependência tecnológica externa	0,019
Risco Ambiental	Efeitos sobre o ecossistema do solo	0,018
B. Social Potencial	Produção de alimentos com propriedades terapêuticas	0,018
Risco Social	Aumento da dependência do agricultor	0,018
B. Econ. Observado	Mais tempo livre para outras atividades	0,017
B. Social Observado	Alimentos mais nutritivos	0,017
B. Amb. Observado	Sequestro e redução de emissão de CO2	0,017
Risco Ambiental	Surgimento de super-pragas	0,016
Risco Social	Desemprego agrícola	0,016
Risco Ambiental	Poluição genética	0,016
Risco Econômico	Queda na produção	0,016
Risco tecnológico	Privatização do conhecimento básico	0,013
Risco tecnológico	Sub-investimento em tecnologias alternativas	0,013
Risco tecnológico	Cultivos órfãos	0,012
Risco tecnológico	Dependência tecnológica externa	0,012

5.4.2 Correlação entre os Sub-Critérios

Primeiro será feita uma análise das correlações horizontais, isto é, as correlações entre os sub-critérios do mesmo nível hierárquico. As correlações horizontais podem ser calculadas tanto a partir dos pesos locais quanto dos pesos globais. As correlações a partir dos pesos locais podem ser utilizadas para verificar se há uma convergência a partir de alguma das dimensões do problema. Por exemplo, como que os riscos econômicos estão associados com os benefícios econômicos? Os indivíduos que são pesos elevados para os riscos econômicos tendem a dar pesos elevados também para os benefícios econômicos?

O Quadro 18 apresenta as correlações entre os pesos locais dos sub-critérios de nível 1. A matriz apresentada neste quadro mostra duas coisas: as correlações que existem entre os sub-critérios que pertencem ao mesmo critério (correlações intra-critério) e as correlações entre sub-critérios que pertencem a critérios diferentes (correlações entre critérios).

A análise das correlações intra-critério mostra que existe uma correlação negativa entre a dimensão econômica e as dimensões ambiental e social. Esta correlação negativa é observada tanto dentro do critério riscos quanto nos critérios de benefícios observados e potenciais. Esta correlação negativa é mais forte entre a dimensão econômica e ambiental do que entre a econômica e a social.

A análise entre os critérios permite observar que há uma correlação positiva entre os sub-critérios que pertencem a mesma dimensão. Por exemplo, existe uma correlação positiva entre riscos econômicos, benefícios econômicos potenciais e observados. Esta correlação positiva ocorre também entre os sub-critérios sociais e tecnológicos. Para os sub-critérios ambientais esta correlação não é observada. Isto significa que os indivíduos que dão muita importância para os riscos econômicos dão também para os benefícios econômicos. A mesma coisa ocorre com as dimensões social e tecnológica. Mas no caso da dimensão ambiental, a correlação entre os pesos dos riscos ambientais e dos benefícios ambientais é muito baixa.

Quadro 18. Correlações entre os pesos locais

		Riscos				Benefícios Potenciais				Benefícios Observados		
		Econômicos	Sociais	Ambientais	Tecnológicos	Econômicos	Sociais	Ambientais	Tecnológicos	Econômicos	Sociais	Ambientais
Riscos	Econômicos	1,00	-0,45	-0,64	0,08	0,53	-0,26	-0,18	-0,05	0,25	-0,21	-0,14
	Sociais		1,00	-0,04	-0,56	-0,41	0,54	0,19	-0,34	-0,36	0,35	0,16
	Ambientais			1,00	-0,38	-0,25	0,10	0,22	-0,08	-0,06	0,11	-0,02
	Tecnológicos				1,00	0,13	-0,42	-0,26	0,55	0,19	-0,28	0,01
Benefícios Potenciais	Econômicos					1,00	-0,47	-0,51	0,03	0,49	-0,36	-0,33
	Sociais						1,00	-0,04	-0,49	-0,43	0,65	-0,04
	Ambientais							1,00	-0,52	-0,43	0,04	0,56
	Tecnológicos								1,00	0,40	-0,34	-0,23
Benefícios Observados	Econômicos									1,00	-0,69	-0,71
	Sociais										1,00	-0,02
	Ambientais											1,00

O Quadro 19 apresenta as correlações entre os pesos globais dos sub-critérios de nível 1. Como esperado, os coeficientes entre os riscos e os benefícios são negativos. Mas o principal resultado da matriz é mostrar que as correlações negativas entre os riscos e os benefícios potenciais são mais fortes do que as correlações entre os riscos e benefícios observados.

Quadro 19. Correlações entre os pesos globais

		Riscos				Benefícios Potenciais				Benefícios Observados		
		Econômicos	Sociais	Ambientais	Tecnológicos	Econômicos	Sociais	Ambientais	Tecnológicos	Econômicos	Sociais	Ambientais
Riscos	Econômicos	1,00	0,10	0,25	0,21	-0,14	-0,23	-0,38	-0,10	0,02	-0,11	-0,19
	Sociais		1,00	0,60	0,37	-0,55	-0,24	-0,36	-0,38	-0,36	-0,04	-0,19
	Ambientais			1,00	0,40	-0,52	-0,34	-0,42	-0,27	-0,29	-0,15	-0,24
	Tecnológicos				1,00	-0,24	-0,35	-0,41	0,17	-0,23	-0,18	-0,28
Benefícios Potenciais	Econômicos					1,00	0,18	0,14	0,43	0,27	-0,31	-0,25
	Sociais						1,00	0,27	-0,06	-0,19	0,06	-0,16
	Ambientais							1,00	0,13	-0,20	-0,14	0,11
	Tecnológicos								1,00	-0,02	-0,42	-0,33
Benefícios Observados	Econômicos									1,00	-0,11	0,00
	Sociais										1,00	0,35
	Ambientais											1,00

5.4.3 Variância entre os Especialistas: Classificação *ex ante*

Nesta seção será feita uma análise do grau de divergência entre os especialistas comparando as médias dos pesos entre os grupos diferentes de especialistas. Os grupos foram formados *ex ante*, isto é, antes da obtenção dos resultados, a partir da área de atuação de cada especialista.

Os resultados apresentados na seção anterior representam a média das respostas de 65 especialistas. Nesta seção o objetivo é analisar a variância entre os especialistas. A seguir será feita uma comparação entre os especialistas. O objetivo é separá-los em grupo e comparar as médias de cada grupo. Primeiro será feita uma comparação entre quatro grupos que foram determinados previamente. Os especialistas foram agrupados de acordo com as suas atividades exercidas dentro do ambiente inovativo. O primeiro grupo é formado por cientistas que trabalham com engenharia genética, biotecnologia e outras tecnologias agrícolas. O segundo grupo é formado por profissionais que atuam em empresas privadas que tem interesses diretos nas decisões sobre cultivos GM. Neste grupo estão representantes de grandes empresas do setor de sementes GM e representantes de cooperativas de produtores agrícolas. O terceiro grupo é formado por profissionais que atuam na área de políticas científicas e tecnológicas. Este grupo é o mais heterogêneo, tanto do ponto de vista da formação dos especialistas – economistas, advogados, sociólogos, biólogos e agrônomos – quanto do ponto de vista das instituições a que estão vinculados – universidades, instituições de pesquisa, ministérios governamentais e ONGs. O quarto grupo é formado por especialistas que atuam em agências regulatórias ou que trabalham com avaliação de riscos de cultivos GM.

A Figura 42 apresenta as médias dos pesos para os critérios gerais, ou seja, para os benefícios e para os riscos no nível mais agregado. Neste nível de agregação, observa-se que o grupo de especialistas que trabalham com regulação e dos que trabalham com políticas científicas e tecnológicas apresentaram resultados diferentes da média geral.

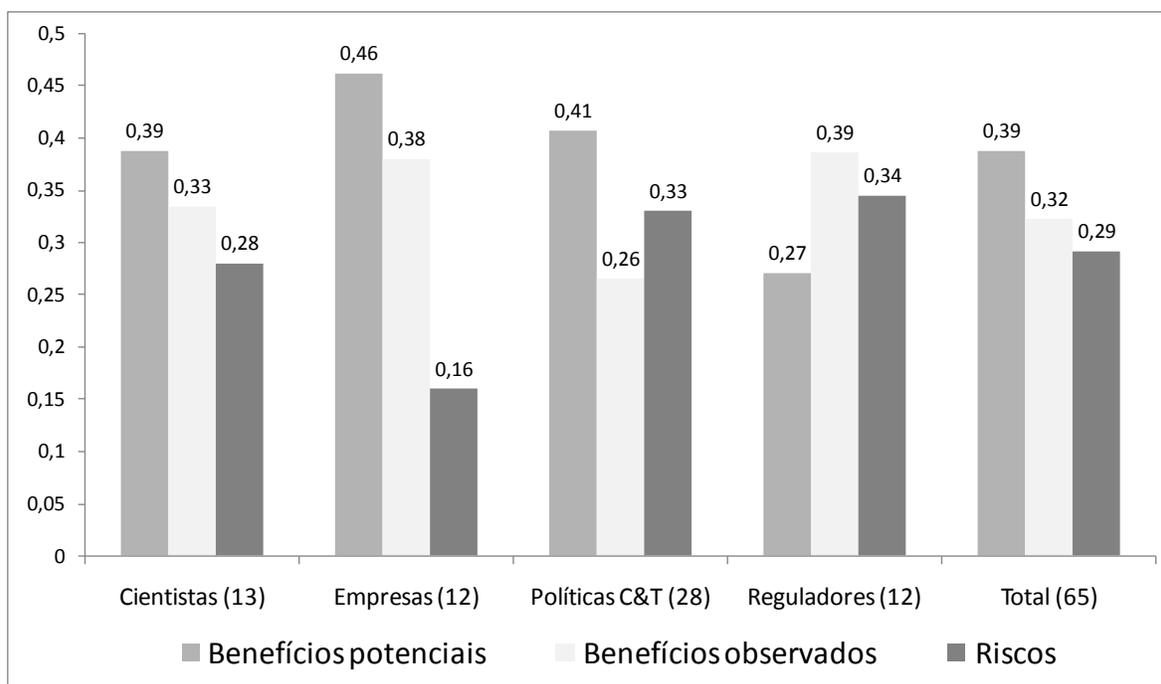
No grupo de reguladores a ordem de importância dos critérios é inversa a do grupo total de especialistas. Enquanto a ordem de importância no grupo total é benefícios potenciais – benefícios observados – riscos, no grupo de reguladores a ordem foi riscos – benefícios observados – benefícios potenciais. Ou seja, para os reguladores, os riscos e os benefícios observados devem ter prioridade sobre os benefícios potenciais nas decisões políticas. Portanto, o grupo dos reguladores é o que dá o menor peso para os benefícios potenciais.

O outro grupo que apresentou resultados divergentes da média geral foi o dos especialistas em políticas científicas e tecnológicas. Para este grupo a ordem de importância foi benefícios potenciais – riscos – benefícios observados. Portanto, este grupo teve como

principal característica o pequeno peso atribuído para os benefícios observados. Isto significa que para estes especialistas os efeitos de longo-prazo (benefícios potenciais e riscos) deve ter uma importância maior do que os efeitos de curto-prazo (benefícios observados).

Os outros dois grupos – cientistas e empresas – apresentaram uma ordem de prioridade igual a da média geral. Mas o grupo de especialistas que atuam nas empresas privadas chama a atenção para o baixo peso dos riscos e para o elevado peso dos benefícios observados. Segundo os especialistas deste grupo, os riscos deveriam ter um peso de apenas 16%, enquanto que os benefícios potenciais deveriam ter um peso de 46%. Portanto, este grupo se distancia dos demais pelo grande peso dado aos benefícios potenciais e ao baixo peso dado aos riscos.

Figura 42. Valor médio dos pesos dos critérios, segundo as categorias de especialistas



O Quadro 20 apresenta a distribuição dos especialistas segundo o critério que foi escolhido como o mais importante. Do grupo total de 65 especialistas, 38% escolheu os benefícios potenciais como o mais importante, 15% escolheu os benefícios observados, 14% os riscos e 32% responderam que os três critérios tem a mesma importância. No grupo dos cientistas quase a metade, 46%, responderam que os três critérios tem a mesma importância e só 8% escolheram os riscos como o mais importante. No grupo dos

especialistas em políticas tecnológicas, 46% escolheram os benefícios potenciais como o critério mais importante e apenas 7% escolheram os benefícios observados. No grupo das empresas privadas, a metade escolheu os benefícios potenciais e nenhum escolheu os riscos.

Quadro 20. Número de especialistas (em %) segundo o critério mais importante

	Critério com maior peso				Total
	Benefícios Potenciais	Benefícios Observados	Riscos	Indiferentes	
Cientistas	0,31	0,15	0,08	0,46	1
Políticas C&T	0,46	0,07	0,18	0,29	1
Empresas	0,50	0,25	0,00	0,25	1
Reguladores	0,17	0,25	0,25	0,33	1
Total	0,38	0,15	0,14	0,32	1

O Quadro 21 apresenta os pesos locais dos sub-critérios por categorias de especialistas. As casas com bordas vermelhas mostram os pesos dos sub-critérios mais importantes. Os resultados mostram que no nível mais desagregado também há diferenças entre os grupos. Os sub-critérios de riscos foram os que apresentaram maior discordância entre os especialistas, porque dois grupos – os cientistas e as empresas – apresentaram posições diferentes dos demais. Pela média total, considerando os 65 especialistas, os riscos ambientais foram os que apresentaram o maior peso, mas para os cientistas os riscos econômicos são os mais importantes e para as empresas os mais importantes são os riscos sociais.

Outros pontos de discordância foram a posição dos especialistas em políticas com relação aos benefícios potenciais e a dos reguladores com relação aos benefícios observados. O grupo dos especialistas em políticas de C&T foi o único que apresentou posição diferente quanto aos benefícios potenciais, porque enquanto todos os demais grupos escolheram os benefícios ambientais como o mais importante, este grupo deu maior peso para os benefícios sociais. Uma possível explicação para esta diferença é o fato de haver neste grupo uma grande quantidade de economistas e cientistas sociais.

Já o grupo dos reguladores foi o único que apresentou resultados diferentes para os benefícios observados. Enquanto os demais grupos elegeram os benefícios econômicos como os mais importantes, os reguladores os benefícios ambientais.

Quadro 21. Valor médio dos pesos locais dos sub-critérios, segundo as categorias de especialistas

Critérios	Sub-Critérios	Pesos locais dos sub-critérios				
		Total	Cientistas	Empresas	Políticas C&T	Reguladores
Riscos	Econômicos	0,232	0,294	0,248	0,205	0,209
	Sociais	0,273	0,234	0,310	0,275	0,270
	Ambientais	0,304	0,262	0,266	0,328	0,335
	Tecnológicos	0,192	0,211	0,176	0,192	0,186
Benefícios Potenciais	Econômicos	0,246	0,268	0,262	0,246	0,203
	Sociais	0,254	0,233	0,229	0,266	0,278
	Ambientais	0,283	0,282	0,313	0,249	0,336
Benefícios Observados	Tecnológicos	0,216	0,216	0,195	0,239	0,183
	Econômicos	0,409	0,385	0,437	0,463	0,267
	Sociais	0,277	0,264	0,260	0,272	0,326
	Ambientais	0,314	0,350	0,303	0,265	0,408

O Quadro 22 apresenta o valor médio dos pesos globais dos sub-critérios para as quatro categorias. As casas com bordas vermelhas mostram os maiores pesos e as casas com bordas tracejadas mostram os menores. Foram marcados os dois maiores e os dois menores de cada coluna. Na primeira coluna estão os pesos médios para os 65 especialistas, onde se verifica que os benefícios econômicos observados e os benefícios ambientais potenciais são os que apresentaram os maiores pesos, enquanto que os riscos econômicos e os riscos tecnológicos são os de menor peso. De maneira geral, os riscos econômicos e tecnológicos apresentaram um baixo peso em todos os grupos, com exceção do grupo dos reguladores. Para estes, os benefícios econômicos potenciais e os benefícios tecnológicos potenciais são os que tem os menores pesos.

Quadro 22. Valor médio dos pesos globais dos sub-critérios, segundo as categorias de especialistas

Critérios	Sub-Critérios	Pesos Globais dos sub-critérios				
		Total	Cientistas	Empresas	Políticas C&T	Reguladores
Riscos	Econômicos	0,067	0,082	0,039	0,067	0,072
	Sociais	0,079	0,065	0,049	0,091	0,093
	Ambientais	0,088	0,073	0,042	0,108	0,115
	Tecnológicos	0,056	0,059	0,028	0,063	0,064
Benefícios Potenciais	Econômicos	0,095	0,104	0,121	0,100	0,055
	Sociais	0,098	0,090	0,106	0,108	0,075
	Ambientais	0,110	0,109	0,145	0,101	0,091
Benefícios Observados	Tecnológicos	0,084	0,084	0,090	0,097	0,050
	Econômicos	0,132	0,129	0,166	0,123	0,103
	Sociais	0,089	0,088	0,099	0,072	0,125
	Ambientais	0,101	0,117	0,115	0,070	0,157

5.4.4 Variância entre os Especialistas: Classificação *ex post*

Nesta seção serão analisadas as divergências entre os especialistas, a partir de comparações entre grupos. Enquanto na seção anterior os grupos foram formados a partir da área de atuação de cada especialista, aqui eles foram formados a partir do grau de proximidade das respostas dos especialistas. Ou seja, é uma classificação *ex post*, a partir dos resultados obtidos.

O método utilizado para realizar a classificação *ex post* foi a análise de conglomerados, também conhecida como análise de *clusters*. A análise de *clusters* é uma análise multivariada que tem por objetivo juntar objetos com base nas suas características. Os objetos (por exemplo, produtos, regiões geográficas, empresas, indivíduos respondentes e etc.) são classificados segundo aquilo que cada elemento tem de semelhante em relação aos outros elementos de determinado grupo, a partir de um critério de seleção predeterminado (POHLMANN, 2007; HAIR et al, 2006). Segundo POHLMANN (2007), “o grupo resultante desta classificação deve então exibir um alto grau de homogeneidade interna (*within-cluster*) e alta heterogeneidade externa (*between-cluster*)”.

No caso deste trabalho, o objetivo da análise de *cluster* foi juntar os especialistas (os respondentes) em grupos, com base nas suas respostas. As variáveis utilizadas para a seleção e agrupamento dos especialistas foram os pesos globais dos sub-critérios de nível 1.

O Quadro 23 apresenta os resultados da análise de classificação, onde os especialistas foram classificados em quatro *clusters*. Os resultados mostram que os quatro *clusters* apresentam características bastante diferentes, confirmando as expectativas iniciais, e mostram também que a classificação *ex post* contribui para ressaltar as diferenças entre os especialistas mais do que a classificação *ex ante*. Na seção anterior, onde os especialistas foram agrupados de acordo com as suas áreas de atuação, as divergências entre os grupos foram menores do que as apresentadas abaixo. Ou seja, a classificação *ex post* melhorou a visualização das diferenças entre os especialistas.

O *cluster* 1 apresentou características muito parecidas com a média do grupo total de 65 especialistas. Isto pode ser visto no Quadro 23, onde os valores da primeira coluna (média do total) não diferem muito dos valores da segunda coluna (média do *cluster* 1). No cluster 1, assim como no grupo total, a variável com maior peso foi os benefícios econômicos observados. Mas por outro lado, ele apresentou uma peculiaridade, pois foi o

grupo no qual os benefícios econômicos potenciais e os benefícios tecnológicos potenciais apresentaram os maiores pesos. Talvez a principal característica deste cluster é o fato dos pesos dos sub-critérios estarem muito próximos entre si, ou seja, não existe um sub-critério com um destaque muito grande em relação aos demais.

O segundo *cluster* se destaca dos demais pelo elevado peso dos benefícios observados, principalmente os benefícios ambientais observados. Somando os três benefícios observados – econômicos, sociais e ambientais – dá-se um total de 50%. Uma segunda característica que os distingue dos demais é a ordem dos três benefícios observados. Em todos os demais grupos os benefícios econômicos observados têm um peso maior do que os benefícios sociais e ambientais, enquanto que no cluster 2 a ordem dos benefícios é primeiro os ambientais, segundo os sociais e último os econômicos.

O terceiro cluster se destaca pelos pesos elevados dos benefícios potenciais, sobretudo os sociais e os ambientais. Os benefícios ambientais e sociais potenciais juntos representam 44% do peso total de todos os sub-critérios. A segunda característica deste cluster é o baixo peso dos riscos, pois somando, todos os riscos tem um peso menor do que 10%.

O quarto cluster é caracterizado pelo elevado peso dos riscos sociais e ambientais. Para este grupo, os riscos deveriam ter um peso de 70% nas decisões sobre os cultivos GM. Uma segunda característica deste grupo é o baixo peso dos benefícios potenciais. Pode-se dizer que os grupos 3 e 4 são os que mais se divergem quanto aos cultivos GM. O grupo 3 é o grupo que supervaloriza os benefícios potenciais e dá um peso muito baixo para os riscos. Já o grupo 4 supervaloriza os riscos e dá um peso muito baixo para os benefícios potenciais. Este resultado confirma uma interpretação do conflito sobre os cultivos GM que foi apresentada no final do capítulo 2. Segundo a interpretação apresentada, uma das características dos stakeholders e dos especialistas que se opõem aos cultivos GM é a pouca importância que eles dão para os benefícios potenciais destes cultivos. Por outro lado, aqueles que apóiam a tecnologia tendem a valorizar, além dos benefícios observados, os benefícios potenciais.

Quadro 23. Peso médio dos sub-critérios, segundo os clusters

		Total	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Riscos	Econômicos	0,058	0,074	0,033	0,020	0,081
	Sociais	0,086	0,067	0,068	0,024	0,276
	Ambientais	0,096	0,083	0,076	0,026	0,268
	Tecnológicos	0,050	0,065	0,022	0,014	0,082
Benefícios Potenciais	Econômicos	0,099	0,126	0,067	0,118	0,013
	Sociais	0,092	0,078	0,084	0,198	0,035
	Ambientais	0,108	0,089	0,100	0,243	0,035
	Tecnológicos	0,088	0,124	0,031	0,094	0,022
Benefícios observados	Econômicos	0,124	0,134	0,147	0,100	0,069
	Sociais	0,092	0,080	0,156	0,078	0,057
	Ambientais	0,106	0,080	0,216	0,085	0,064

O Quadro 24 é uma síntese do que foi apresentado acima. Ele mostra os pesos dos critérios para os quatro clusters. Os resultados confirmam o que foi visto. O cluster 1 apresenta resultados muito parecidos com a média geral, isto é, uma importância fraca dos benefícios potenciais sobre os benefícios observados e sobre os riscos. O cluster 2 se diferencia pela importância forte dos benefícios observados sobre os demais critérios. O cluster 3 se diferencia pela importância forte dos benefícios potenciais e pela baixa importância dos riscos. E o cluster 4 é o que se opõe ao cluster 3, ou seja, é o cluster que dá muita importância para os riscos e baixa importância para os benefícios potenciais. Ou seja, o que caracteriza os que dão grande peso para os riscos não é simplesmente o baixo peso para os benefícios, mas sobretudo o baixíssimo peso para os benefícios potenciais.

Quadro 24. Peso médio dos critérios, segundo o cluster

	Total	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Benefícios observados	0,322	0,295	0,519	0,264	0,190
Benefícios potenciais	0,387	0,416	0,282	0,653	0,104
Riscos	0,291	0,289	0,199	0,083	0,706

A Tabela 18 mostra composição dos clusters, segundo as áreas de atuação dos especialistas. O primeiro cluster, que tem 34 indivíduos, é formado na maioria por

especialistas que atuam com políticas científicas e tecnológicas. O segundo grupo em grande de importância dentro deste cluster é formado pelos cientistas.

O segundo cluster tem 13 indivíduos e os reguladores tem a maior participação neste cluster. O cluster 3 tem 10 indivíduos e é formado basicamente por especialistas em políticas científicas e tecnológicas e por representantes de empresas privadas. E o cluster 4, com 8 indivíduos, é formado também por especialistas em políticas científicas e por reguladores.

Tabela 18. Composição dos Clusters

	Total	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Cientistas	13	8	3	1	1
Políticas C&T	28	16	2	5	5
Empresas	12	5	3	4	0
Reguladores	12	5	5	0	2
Total	65	34	13	10	8

Esta composição dos clusters apresentada na tabela acima ajuda a entender as suas características em termos dos pesos dos sub-critérios dentro em cada um. O cluster 1 foi caracterizado pela importância fraca dos benefícios potenciais sobre os demais critérios. No nível hierárquico dos sub-critérios, as variáveis mais importantes foram os benefícios econômicos observados, os benefícios econômicos potenciais e os benefícios tecnológicos potenciais. Uma grande parte dos especialistas em políticas científicas e tecnológicas, que representam quase a metade do cluster 1, atuam como estrategistas e formuladores de políticas tanto para o desenvolvimento científico e tecnológico do país quanto também para o desenvolvimento econômico. Isto explica o peso dos benefícios econômicos (observados e potenciais) e dos benefícios tecnológicos. Mas como estrategistas, eles também pensam nos riscos, o que explica o fato da diferença entre os pesos dos benefícios potenciais e os dos riscos não ser muito grande.

O segundo cluster foi caracterizado pela grande importância que foi dada para os benefícios observados, principalmente os benefícios ambientais e sociais. Neste cluster o principal grupo de especialistas é o dos reguladores. Também há uma coerência entre a composição do cluster e os resultados, porque os reguladores na maioria das vezes estão

preocupados, nas suas decisões, tomam como base os impactos observados dos cultivos GM.

O cluster 3 se caracteriza pela grande importância dada para os benefícios potenciais e a pequena importância dada para os riscos. Ele é constituído basicamente por especialistas em políticas científicas e por representantes de empresas privadas. No primeiro caso, a visão estratégica, que dá uma grande importância para o longo-prazo, explica o grande peso dos benefícios potenciais. No segundo caso, dos representantes das empresas, o grande peso dos benefícios potenciais reflete uma visão muito comum daqueles que tem um grande interesse no desenvolvimento da tecnologia, que é a de argumentar que as decisões presentes sobre as tecnologias devem também levar em consideração os seus benefícios futuros ou potenciais.

O cluster 4, que é caracterizado pelo grande peso dos riscos e pelo baixo peso dos benefícios potenciais, é formado por 5 especialistas em políticas científicas, 1 cientista e dois reguladores e nenhum representante de empresas. Os especialistas em políticas científicas que estão neste cluster são pesquisadores que trabalham com políticas ambientais e com políticas científicas na área de biodiversidade, o que explica o elevado peso que estes especialistas deram para os riscos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta tese foi analisar os desafios do desenvolvimento da engenharia genética na agricultura. No capítulo 2 foi mostrado que a produção de cultivos GM se expandiu rapidamente entre 1996 e 2008 e que eles estão de certa forma contribuindo para uma agricultura mais sustentável, uma vez que o uso destes cultivos GM tem aumentado a eficiência técnica e econômica da produção agrícola e ao mesmo tempo apresentem bom resultados ecológicos.

Mas no capítulo 3 foi mostrado que a despeito do bom desempenho, os cultivos GM vêm enfrentando oposição de muitos grupos sociais, principalmente nos países mais ricos. Esta oposição está associada com uma elevada percepção de riscos social com relação aos cultivos GM, que não é necessariamente associada com a natureza intrínseca da engenharia genética, dado que as suas aplicações em outras áreas não têm enfrentado a mesma oposição. Portanto, a percepção de riscos em relação aos cultivos GM se deve às características inerentes as inovações na agricultura. Os cultivos GM produzidos atualmente são inovações que melhoram o processo de produção e não o produto final. Este tipo de inovação cria uma assimetria de percepção dos seus benefícios, uma vez que os agricultores tendem a perceber mais do que os consumidores finais os seus benefícios. A percepção de riscos é uma variável que está fortemente correlacionada com a percepção dos benefícios. Outra característica dos cultivos GM que explica uma maior percepção de riscos em comparação com outras aplicações da engenharia genética é o fato que eles são produzidos em contato com o meio ambiente. Assim, além das preocupações com os riscos sobre a saúde humana, há também as preocupações com os riscos ambientais.

O capítulo 3 mostrou também que a oposição aos cultivos GM tende a ser maior nos países de renda *per capita* mais elevada, onde o consumo *per capita* de alimentos é elevado e uma pequena parcela da população tem contato com atividades agrícolas. Por outro lado, nos países de baixa renda, com baixo consumo *per capita* de alimentos e com uma grande parcela da população em contato com atividades agrícolas a oposição aos cultivos GM tende a ser pequena.

O capítulo 4 mostrou que as políticas regulatórias tanto podem se transformar fatores de promoção quanto em obstáculos ao desenvolvimento da engenharia genética na agricultura. A existência de várias áreas nas quais os governos podem adotar políticas (direitos de propriedade intelectual, biossegurança, comércio exterior, direitos dos consumidores e investimento em pesquisa pública) aumenta a complexidade do processo de construção de um sistema regulatório com menos conflitos entre os países.

O capítulo 4 mostrou também que a situação regulatória atual é de divergências entre os dois principais *players* no comércio mundial de *commodities* agrícolas. De um lado os EUA, que como grande exportador líquido de produtos agrícolas adotam política mais promotoras do desenvolvimento e da difusão dos cultivos GM. De outro lado a União Européia, que como grande importadora de produtos agrícolas vem adotando políticas mais restritivas aos cultivos GM. Embora ela não tenha banido o uso dos cultivos GM, algumas das suas políticas comerciais, como a rotulagem obrigatória, tem quase que o mesmo efeito do banimento, dado que o rótulo pode aumentar a percepção de riscos dos consumidores (PAARLBERG, 2008).

Este conflito regulatório entre EUA e União Européia cria muitas incertezas nos países em desenvolvimento, principalmente naqueles que são grandes produtores agrícolas, como são os casos de Argentina e Brasil. Eles devem olhar para os EUA, que estão usando os cultivos GM, uma tecnologia que reduz custos de produção e que pode aumentar a competitividade no mercado externo, ou devem olhar para a União Européia, que estão adotando políticas que podem ser transformar em barreiras comerciais para os cultivos GM? O quanto às políticas adotadas tanto nos EUA quanto na União Européia afetam a percepção dos riscos e dos benefícios dos cultivos GM nos países em desenvolvimento?

O objetivo do capítulo 5 foi em parte responder as estas questões. Os *stakeholders* brasileiros são sensíveis aos riscos comerciais oriundos de políticas regulatórias adotadas pelos países importadores? Ou eles são mais sensíveis aos benefícios dos cultivos GM para a redução de custos de produção? Para responder estas questões foi realizada uma pesquisa empírica, através da aplicação de um questionário estruturado de acordo com a metodologia multicritério. O questionário foi estruturado de forma que permitisse identificar as preferências (pesos dos critérios e dos sub-critérios) dos *stakeholders* com relação a três perspectivas: a perspectiva dos riscos e dos benefícios; a perspectiva das dimensões

envolvidas no problema (econômica, ambiental, social e tecnológica); e a perspectiva temporal (curto e longo-prazo). Resumindo, o questionário permitiu analisar ao mesmo tempo o peso que os *stakeholders* dão para os riscos e para os benefícios, para as dimensões econômica, social, ambiente e tecnológica e para o curto-prazo e para o longo-prazo.

Os resultados da pesquisa empírica, apresentados no capítulo 5, contribuíram para um maior entendimento da percepção dos riscos e dos benefícios dos *stakeholders* brasileiros com relação aos cultivos GM e ao mesmo tempo ela confirmou algumas hipóteses que foram levantadas ao longo da tese.

A primeira conclusão é que no agregado as dimensões econômicas e as ambientais tiveram mais peso do que as dimensões sociais e tecnológicas. Este resultado é coerente com as especificidades do Brasil. Primeiro, o país é um grande exportador agrícola, portanto, o que pode explicar o fato da maioria dos *stakeholders* ter atribuído um peso maior para os benefícios econômicos observados. Segundo, o Brasil é um grande detentor de biodiversidade, o que pode explicar o fato de no longo-prazo a dimensão ambiental ter a maior importância para *stakeholders*. No curto-prazo – benefícios observados – a dimensão econômica é mais importante. No longo-prazo – riscos e benefícios potenciais – a dimensão ambiental é a mais importante.

A segunda conclusão é que de fato a rejeição social aos cultivos GM e as políticas regulatórias restritivas nos países importadores podem aumentar a percepção de riscos dos *stakeholders* nos países exportadores. De acordo com os *stakeholders* entrevistados neste trabalho, as barreiras comerciais aos cultivos GM foram considerados como o principal risco econômico para o Brasil.

A terceira conclusão é que um grande peso para os benefícios potenciais está associado com um baixo peso para os riscos. O grupo dos *stakeholders* que representam os interesses econômicos (representantes de empresas privadas) deu um grande peso para os benefícios potenciais, sobretudo os benefícios ambientais, e um baixo peso para os riscos. Já o grupo dos *stakeholders* ligados aos interesses sociais e ambientais, atribuiu um baixo peso para os benefícios potenciais e um grande peso para os riscos.

Para finalizar, há três observações sobre os resultados da pesquisa empírica. A primeira é que muitos dos *stakeholders* ligados aos grupos de interesses sociais, como os

grupos de defesa do meio ambiente e dos direitos dos consumidores, se recusaram a responder o questionário. Alguns alegaram que participariam de uma pesquisa que considerava a existência de benefícios para os cultivos GM. Este comportamento é, segundo SALAMON (1994), característico dos grupos de interesses sociais, porque eles tem um sistema de crenças e de referências que tendem a ser baseadas em crenças normativas que não estão sujeitas às regras de provas científicas de evidências e de debates.

Uma segunda observação é que dos *stakeholders* que responderam o questionário, o grupo dos cientistas não formaram um grupo bem definido, porque a maioria deles deixou grande parte das questões sem respostas, o que pode ser uma evidência das dificuldades destes *stakeholders* de lidar com as questões que estão fora do seu escopo de pesquisa.

Uma terceira observação é que o grupo dos estrategistas – os profissionais que trabalham com políticas científicas e tecnológicas – foi o grupo mais numeroso dentro dos 65 entrevistados. Estes profissionais, talvez por valorizar o debate, por reconhecer a importância estratégica do problema e por apresentar mais facilidade para lidar com as diferentes dimensões do problema, foram o que mais participaram da pesquisa.

7 BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, J. (2009) Risco. São Paulo: Editora Senac São Paulo.
- ADI, B. (2006) Intellectual property rights in biotechnology and the fate of poor farmers' agriculture. *The Journal of World Intellectual Property*, Vol. 9, Nº 1, pp. 91-112.
- AERNI, P.; BERNAUER, T. (2006) Stakeholder attitudes toward GMOs in the Philippines, Mexico and South-Africa: the issue of public trust. *World Development*, 34 (3), p. 557-575.
- AERNI, P. (2002) Stakeholder attitudes towards the risk and benefits of agricultural biotechnology in developing countries: a comparison between Mexico and the Philippines. *Risk Analysis*, 26 (6), 1123-1137.
- AERNI, P. (2005) Stakeholder attitudes towards GMOs in South Africa. *Environmental Science & Policy*, 8 (5), 464-476.
- AGBIOS (2009) GM Database. Disponível em <http://www.agbios.com/dbase.php>
- ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. (2006) Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? *Revista de Economia*, vol. 33, p. 31-53.
- ALHAKAMI, A. S.; SLOVIC, P. (1994) A psychological study of the inverse relationship between perceived risk and perceived benefit. *Risk Analysis*, vol. 14, n. 6.
- ALTIERI, M. A. (2001) The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health. *Ecosystem Health*, 6: 13-23.
- AMIN, L.; JAHI, J. M.; NOR, A. R.; OSMAN, M.; MAHADI, N. M. (2007) Public acceptance of modern biotechnology. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, vol. 15, n. 2, p. 39-51.
- ANDERSON, K.; JACKSON, L. A. (2003) Why are US and EU policies toward GMOs so different? *AgBioForum*, vol. 6, n. 3, p. 95-100.

- ANTLE, J. M. (1999) The new economics of agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 81, 5.
- ARENDIS-KUENNING, M.; MAKUNDI, F. (2000) Agricultural biotechnology for developing countries: prospects and policies. *American Behavioral Scientist*, vol. 44, n. 3, p. 318-349.
- ASSOULINE, G.; JOLY, P.; LEMARIE, S. (2001) *Interactions between public policies and company innovation strategies: overview of the company monographs*. Comissão Européia /PITA Project/ Policy Influences on Technology for Agriculture: Chemicals, Biotechnology and Seeds.
- BALDWIN, ROBERT; CAVE, MARTIN (1999) *Understanding Regulation: theory, strategy, and practice*. New York: Oxford University Press Inc.
- BARHAM, B. L. (1996) Adoption of a politicized technology: bST and Wisconsin Dairy Farmers. *American Journal of Agricultural Economic*, 78: 1056-1063.
- BARLING, D.; VRIEND, H.; CORNELESE, J. A.; EKSTAND, B.; HECKER, E. F. F.; HOWLETT, J. (1999) The social aspects of food biotechnology: a European view. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 7, 85-93.
- BARNETT, J.; COOPER, H.; SENIOR, V. (2007) Belief in public efficacy, trust, and attitudes toward modern genetic science. *Risk Analysis*, vol. 27, n. 4.
- BAUER, M. W. (2005) Public perception and mass media in the biotechnology controversy. *International Journal of Public Opinion Research*, 17.
- BEINTEMA, N.; ELLIOTT, H. (2009) Setting meaningful investment targets in agricultural research and development: challenges, opportunities and fiscal realities. Expert Meeting on How to feed the World in 2050, FAO.
- BELSON, N. A. (2000) US regulation of agricultural biotechnology: an overview. *AgBioforum*, Vol. 3, n. 4, p. 268-280.
- BENNETT, R.; KAMBHAMPATI, U.; MORSE, S.; ISMAEL, Y. (2006) Farm-level economic performance of genetically modified cotton in Maharashtra, India. *Review of Agricultural Economics*, 28, 59-71.

-
- BERNAUER, T. (2002) Agricultural biotechnology why do regulations in the European Union, the United States, and Japan differ? Center for International Studies, Working Paper 5-2002.
- BERNAUER, T.; MEINS, E. (2001) *Scientific Revolution meets policy and the market: explaining cross-national differences in agricultural biotechnology regulation*. Adelaide University, Centre for International Economic Studies: Discussion Paper 0144.
- BERNAUER, T. (2003) *Genes, trade and regulation: the seeds of conflict in food biotechnology*. Princeton: Princeton University Press.
- BERNAUER, T. (2004) In whose interest? Pressure group politics, economic competition and environmental regulation. *Journal of Public Policy*, 24, 1, 99-126.
- BEYERS, L.; THIRTLE, C.; ISMAEL, Y.; PIESSE, J. (2003). Can GM-technologies help the poor? The impact of Bt cotton in Makhathini Flats, Kwazulu-Natal. *World Development*, vol. 31, n. 4, pp. 717-732.
- BIO-BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION (2010) Biotechnology makes agricultural production more earth-friendly. Disponível em: http://www.bio.org/news/pressreleases/newsitem.asp?id=2010_0422_01
- BIRNER, R.; LINACRE, N. (2008) Regional Biotechnology Regulations. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Discussion Paper 00753.
- BLAINE, K.; KAMALDEEN, S.; POWELL, D. (2002) Public perceptions of biotechnology. *Journal of Food Science*, Vol. 67, Nº 9.
- BONNY, S. (2003) Why are most Europeans opposed to GMOs? Factors explaining rejection in France and Europe. *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 6, N. 1.
- BORCH, K.; RASMUSSEN, B. (2002) Commercial use of GM crop technology: identifying the drivers using life cycle methodology in a technology foresight framework. *Technological Forecasting & Social Change*, 69, p. 765-780.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. (2005) *Melhoramentos de Plantas*. Viçosa: Editora UFV.
- BORLAUG, N. E. (2000) The Green Revolution revisited and the road ahead. Special 30th Anniversary Lecture, The Norwegian Nobel Institute, Oslo, September 8, 2000.

- BORLAUG, N. E; DOWSWELL, C. R. (2003) Feeding a world of ten billion people: a 21st century challenge. Proceedings of the International Congress “In the Wake of the Double Helix: From the Green Revolution to the Gene Revolution”, 27-31 May, Bologna, Italy.
- BOSCHERT, K.; GILL, B. (2005) Germany’s agri-biotechnology policy: precaution for choice and alternatives. *Science and Public Policy*, vol. 32, n. 4, p. 285-392.
- BOT, A. J.; NACHTERGAELE, F. O.; YOUNG, A. (2000) *Land resource potential and constraints at regional and country levels*. Roma: FAO/Land and Water Development Division.
- BROOKES, G. & BARFOOT, P. (2006) GM crops: the first ten years: global socio-economic and environmental impacts. *ISAAA Brief* n. 36. ISAAA: Ithaca, NY.
- BROOKES, G, & BARFOOT, P. (2006a) Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects in the First Ten Years of Commercial Use, *AgBioForum*, vol, 9, n, 3, pp, 139-151.
- BROOKS, S. (2005) Biotechnology and the politics of truth: from the Green Revolution to an Evergreen Revolution. *Sociologia Ruralis*, Vol. 45, No. 4.
- BOXENBAUM, E. (2004) Institutional innovation: the emergence of a proto-institution. Paper presented at the DRUID summer conference on Industrial Dynamics, Innovation and Development, Denmark, June 14-16, 2004.
- BOXENBAUM, E. (2005) Global diffusion: micro-dynamic mechanisms of translation. Paper presented at the DRUID Summer Conference on Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems, Copenhagen, Denmark, June 27-29, 2005.
- BRADFORD L. B. (1996) Adoption of a politicized technology: bST and Wisconsin Dairy Farmers. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 78, Nº 4, pp. 1056-1063.
- BUAINAIN, A. M. (2007) Modelo e principais instrumentos de regulação setorial: uma note didática. In: RAMOS, P. (Org) *Dimensões do agronegócio brasileiro: políticas, instituições e perspectivas*. Brasília: MDA.

-
- BULLOCK, D.; NITSI, E. I. (2001) GMO Adoption and private cost savings: GR soybeans and Bt corn. IN: NELSON, G. (Ed.) Genetically modified organisms in agriculture: economics and politics. San Diego, CA: Academic Press.
- BURT, R. S. (1987) Social contagion and innovation: cohesion versus structural equivalence. *The American Journal of Sociology*, Vol. 92, N° 6, pp. 1287-1335.
- BYERLEE, D. (1996) Modern varieties, productivity and sustainability: recent experience and emerging challenges. *World Development*, vol. 24, n. 4, pp. 697-718.
- CARPENTER, J. E. (2001) Case studies in benefits and risks of agricultural biotechnology: Roundup Ready soybean and Bt Field corn. Washington DC: National Center for Food and Agricultural Policy.
- CASTRO, L. A. B. (2003) Social benefits from the gene revolution: a strategy at hand. Proceedings of the International Congress “In the Wake of the Double Helix: from the Green Revolution to the Gene Revolution”, 27-31 may, Bologna, Italy.
- COBB, M. D.; MACOUBRIE, J. (2004) Public perceptions about nanotechnology: risks, benefits and trust. *Journal of Nanoparticle Research*, 6, 395-405.
- CONKO, G. (2003) The benefits of biotech. *Regulation*, vol. 26, n. 1, p. 20.
- CONWAY, G. (2003) Produção de Alimentos no Século XXI: Biotecnologia e Meio Ambiente. São Paulo: Estação Liberdade.
- COSTA, C. C.; FREITAS, R. E. (2006) Contribuição Do melhoramento genético para a redução de preço dos alimentos. Brasília: IPEA (Texto para Discussão 1199).
- COYLE, F. J.; MASLIN, C.; FAIRWEATHER, J. R.; HUNT, L. M. (2003) Public understandings of biotechnology in New Zealand: nature, clean green image and spirituality. Canterbury, NZ: Lincoln University, Agribusiness and Economics Research Unit (Research Report n. 265).
- CURTIS, K. T.; MOELTNER, K. (2006) Genetically modified food market participation and consumer risk perceptions: a cross-country comparison. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 54, p. 289-310.

- DAL POZ, M. E.; SILVEIRA, J. M. F. J.; FONSECA, M. G. D. (2004) Direitos de propriedade intelectual em biotecnologia: um processo em construção. In: SILVEIRA, J. M. F. J.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. L. Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil. Campinas: Instituto de Economia/FINEP.
- DAL POZ, M. E.; BARBOSA, D. B. (2007) Incertezas e riscos no patenteamento de biotecnologias: a situação brasileira corrente. In: IACOMINI, V. (Coord.) Propriedade Intelectual e Biotecnologia. Curitiba: Juruá.
- DEWAR, R. D.; DUTTON, J. E. (1986) The adoption and incremental innovations: an empirical analysis. *Management Science*, Vol. 32, Nº 11, pp. 1422-1433.
- DESIERTO, D. (2005) The co-evolution of institutions and technology. Faculty of Economics, University of Cambridge: Cambridge Working Papers in Economics Nº 0558.
- DONALDSON, T.; PRESTO, L. E. (1995) The stakeholder theory of the corporation: concepts, evidence and implications. *The Academy of Management Review*, Vol. 20, Nº 1, pp. 65-91.
- DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. La economía del cambio técnico y el comercio internacional. México, D. F.: CONAYT, 1993.
- EFB – EUROPEAN FEDERATION OF BIOTECHNOLOGY (1996) Patentes em biotecnologia. Boletim Informativo, n. 1, 2º Edição, Setembro/1996.
- EINSEIDEL, E. F. (2000) Consumer concerns about biotechnology: international perspectives. New Jersey: Food Policy Institute, The State University of New Jersey.
- ELBEHRI, A.; MACDONALD, S. Estimating the Impact of Transgenic *Bt* Cotton on West and Central Africa: A General Equilibrium Approach. *World Development* [forthcoming, 2005]
- EUROPEAN COMMISSION (1997) Eurobarometer 46.1: The Europeans and modern biotechnology. Bruxelas: European Commission, Directorate General XII Science, Research and Development.

-
- EVENSON, R. E. (2004) Besting Malthus: the Green Revolution. *Proceedings of The American Philosophical Society*, vol. 149, n. 4.
- EVENSON, R. E. (2004) Consumer acceptance of genetically modified foods. Cambridge, MA: CABI Publishing.
- EVENSON, R. E.; GOLLIN, D. (2003) Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300, (2 may): 758-762.
- FANG-FANG L., GONG-YIN, Y. , QIONG W. , YU-FA P., XUE-XIN C. (2007) Arthropod Abundance and Diversity in *Bt* and Non-*Bt* Rice Fields. *Environmental Entomology* 36:3, 646-654
- FAO (2000) World food and agriculture: lessons from the past 50 years (The State of Food and Agriculture). Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofa/en/>
- FAO (2004) Agricultural Biotechnology: meeting the needs of the poor? (The State of Food and Agriculture) Disponível em <http://www.fao.org/publications/sofa/en/>
- FAO (2008) Dados sobre Produção Agrícola de vários anos. In FAO, disponível em <http://faostat.fao.org>
- FAO (2008b) Biofuels: prospects, risks and oportunities. (The State of Food and Agriculture) Disponível em <http://www.fao.org/publications/sofa/en/>
- FAO (2009) How to feed the World in 2050. High-Level Expert Forum, Roma, 12 e 13 de Outubro de 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>
- FALCK-ZEPEDA, J.; HORNA, D.; SMALE, M. (2007) The economic impact and the distribution of benefits and risk from the adoption of insect resistant (Bt) cotton in West África. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Discussion Paper 00718.
- FEDERICO, G. (2006) Feeding the world: na economic history of agriculture, 1800-2000. Princeton: Princeton University Press.
- FERMENT, G.; ZANONI, M. (2007) Plantas geneticamente modificadas: riscos e incertezas. Brasília: MDA.
- FERMENT, G. (2008) Biossegurança e Princípio da Precaução. Brasília: MDA.

- FERNANDEZ-CORNEJO, J.; CASWELL, M. (2006) The first decade of genetically engineered crops in the United States. United States Department of Agriculture, Economic Research Service, Economic Information: Bulletin n. 11.
- FERNANDEZ-CORNEJO, J.; ALEXANDER, C.; GOODHUE, R. E. (2002) Dynamic diffusion with disadoption: the case of crop biotechnology in the USA. *Agricultural and Resource Economic Review*, 31/1, 112-126.
- FERNANDES, G. B. (2007) Chega de Manipulação. In.: VEIGA, J. E. (Org.) Transgênicos: Sementes da discórdia. São Paulo: Editora Senac.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Org.) Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York: Springer, 2005.
- FLYNN, J.; BURNS, W.; MERTZ, C. K.; SLOVIC, P. (1992) Trust as a determinant of opposition to a high-level radioactive waste repository: analysis of a structural model. *Risk Analysis*, 12, 417-429.
- FREWER, L. J.; HOWARD, C.; SHEPHERD, R. (1998) Understanding public attitudes to technology. *Journal of Risk Research*, 1, 221-235.
- FREWER, L. J.; MILES, S.; MARSH, R. (2002) The media and genetically modified foods: evidence in support of social amplification of risk. *Risk Analysis*, vol. 22, n. 4.
- FRIEDMAN, A. L. (2002) Developing Stakeholder Theory. *Journal of Management Studies*, Vol. 39, Nº 1.
- GAIVORONSKAIA, G.; HVINDEN, B. (2006) Consumer with allergic reaction to food: perception of and response to food risk in general and genetically modified food in particular. *Science, Technology & Human Values*, 31 (6), 702-730.
- GASKELL, G. (2000) Agricultural biotechnology and public attitudes in the European Union. *AgBioForum*, Vol. 3, N. 2&3, p. 87-96.
- GASKELL, G.; ALLUM, N.; WAGNER, W.; KRONBERGER, N.; TORGERSEN, H.; HAMPEL, J.; BARDES, J. (2004) Gm foods and the misperception of risk perception. *Risk Analysis*, Vol. 24, N. 1.

-
- GASKELL, G. et al (2003) Climate change for biotechnology? UK public opinion 1991-2002. *AgBioForum*, 6 (1&2), 55-67.
- GASKELL, G. et al (2006) Europeans and Biotechnology in 2005: patterns and trends. Comissão Europeia: Final Report on Eurobarometer 64.3.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. (2008) Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. In: NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Ed.) Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil. Brasília: IPEA.
- GIANESSI, L.P. *et al.* Plant Biotechnology: Current and Potential Impact for Improving Pest Management in US Agriculture. An Analysis of 40 Case Studies. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington, DC, 2002.
- GIANESSI, L. P. (2005) Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*, vol. 61, p. 241-245.
- GIANESSI, L. P.; CARPENTER, J. E. (1999) Agricultural biotechnology: insect control benefits. Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy.
- GIANESSI, L. P.; CARPENTER, J. E. (2000) Agricultural biotechnology: benefits of transgenic soybeans. Washington, DC: National Center for Food and Agricultural Policy.
- GLIESSMAN, S. R. (2005) Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- GRILICHES, Z.(1957) Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, 25:501-22.
- GMO COMPASS (2009) GM Database. Disponível em <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>
- GOMES-BARBERO, M.; RODRIGUEZ-CEREZO, E. (2006) *Economic impact of dominant GM crops worldwide: a review*. Institute for Prospective Technological Studies: Technical Report Series.

- GOMES-CARNEIRO, M. R.; RIBEIRO-PINTO, L. F.; PAUMGARTTEN, F. J. R. (1997) Fatores de risco ambientais para o câncer gástrico: a visão do toxicologista. *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 12, sup. 1.
- GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de Decisões em Cenários Complexos. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2004.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. São Paulo: Atlas, 2006.
- GONZÁLEZ, C.; GARCIA, J.; JOHNSON, N. (2009) Stakeholder positions toward GM food: the case of vitamin A biofortified cassava in Brazil. *AgBioForum*, 12 (3&4), 382-393.
- GOODMAN, D.; REDCLIFT, M. (1991) *Refashioning Nature: Food, Ecology and Culture*, London: Routledge.
- GOUSE, M.; PRAY, C.; SCHIMMELPFENNIG, D.; KIRSTEN, J. (2006) Three seasons of subsistence insect-resistant maize in South-Africa: have smallholders benefited? *AgBioForum*, 9 (1), 12-22.
- GRAFF, G. D.; HOCHMAN, G.; ZILBERMAN, D. (2009) The political economy of agricultural biotechnology policies. *AgBioForum*, vol. 12 n. 1, p. 24-46.
- GREENGRASS, B. (2000) Plant variety protection and the protection of traditional knowledge. Geneva: UNCTAD – Expert Meeting on Systems and National Experiences for Protecting Traditional Knowledge, Innovations and Practices, 30 October – 1 November, 2000.
- GROBE, D.; DOUTHITT, R.; ZEPEDA, L. (1999) A model of consumers risk perceptions toward recombinant bovine growth hormone (rbGH): the impact of risk characteristics. *Risk Analysis*, 19(4).
- GRUERE, G. P. (2006) An analysis of trade related international regulations of genetically modified food and their effects on developing countries. Washington DC: IFPRI (EPT Discussion Paper 147).

-
- GRUNERT, K. G. (2005) Food quality and safety: consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 32, n. 3, p. 369-391.
- GURUDASANI, R.; SHETH, M. (2009) Food safety knowledge and attitude of consumers of various food service establishments. *Journal of Food Safety*, 29, 364-380.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, W. C.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. (2006) *Multivariate Data Analysis*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson.
- HALL, J. K.; MARTIN, M. J. C. (2005) Disruptive technologies, stakeholders and the innovation value-added chain: a framework for evaluating radical technology. *R&D Management*, Vol. 35, N° 3.
- HALLMAN, W.; HEBDEN, C.; AQUINO, H.; CUIE, C.; LANG, J. (2003) Public perceptions of genetically modified foods: a national study of American knowledge and opinion. New Jersey: Food Policy Institute, Cook College, Rutgers.
- HAN, J. H.; HARRISON, R. W. (2007) Factors influencing urban consumers' acceptance of genetically modified foos. *Review of Agricultura. Economics*, Vol. 29, N° 4, pp.700-719.
- HANIOTIS, T. (2000) Regulating agri-food production in the US and the EU. *AgBioForum*, vol. 3, n. 2&3, p. 84-86.
- HENSON, S.; ANNOU, M.; CRANFIELD, J.; RYKS, J. (2008) Understanding consumer attitudes toward food technologies in Canada. *Risk Analysis*, vol. 28, n. 6.
- HOBAN, T. J. (1998) Food industry innovation: efficient consumer response. *Agribusiness*, vol. 14, n. 3, 235-245.
- HOFFMANN, S. A. (2005) Getting to risk-based food safety regulatory management: lessons from Federal Environmental Policy. In: HOFFMANN, S. A.; TAYLOR, M. R. *Toward safer food: perspectives on risk and priority setting*. Washington DC: RFF Press.
- HOHENEMSER, R.; KATES, R. W.; SLOVIC, P. (1983) The nature of technological hazard. *Science*, vol. 20, n. 4595, p. 378-384.
- HOHN, T.; LEISINGER, K. M. (1999) *Biotechnology of food crops in developing countries*. New York: Springer-Verlag.

- HERRMANN, R.; ROEDES, C (1998) Some neglected issues in food demand analysis: retail-level demand, health information and product quality. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 42, N. 4 , pp. 341-367.
- HOSSAIN, F.; ONYANGO, B.; SCHILLING, B.; HALLMAN, W.; ADELAJA, A. (2003) Product attributes, consumer benefits and public approval of genetically modified foods. *International Journal of Consumer Studies*, 27, 353-365.
- HOUSE, L.; LUSK, J.; JAEGER, S.; TRAILL, W. B.; MOORE, M.; VALLI, C. (2004) Objective and subjective knowledge: impacts on consumer demand for genetically modified foods in the United States and the European Union. *AgBioForum*, 7 (3), 113-123.
- HUANG, J.; HU, R.; PRAY, C.; QIAO, F.; ROZELLE, S. (2003) Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of Bt cotton in China, *Agricultural Economics*, 29, p.55-67.
- HUANG, J.; HU, R.; ROZELLE, S.; PRAY, C. (2005) Insect-resistant GM rice in farmers fields: assessing productivity and health effects in China. *Science*, 308, 688-690.
- HWANG, Y. J.; ROE, B.; TEISL, M. F. (2005) An empirical analysis of United States consumer's concerns about eight food production and processing technologies. *AgBioForum*, 8, 40-49.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2007) World Energy Outlook: China e Índia. França: IEA.
- ISAAC, G.E., (2002) *Agricultural Biotechnology and Transatlantic Trade: Regulatory Barriers to GM Crops*. CABI Publishing Inc.: Oxon, UK.
- ISAAC, G. E.; PHILLIPS, P.W.B. (2001) Regulating domestic markets. In: PHILLIPS, P.W.B.; KACHATOURIANS, G. G. (Ed.) *The Biotechnology Revolution in global agriculture: invention, innovation and investment in the canola sector*. Wallingford, UK: CAB International.
- JACKSON, L. A. (2000) Agricultural biotechnology and the privatization of genetic information: implications for innovation and equity. *The Journal of World Intellectual Property*, Vol. 3, N° 6, pp. 825-848.

-
- JAFFE, G. (2006) Comparative Analysis of the National Biosafety Regulatory Systems in East Africa. International Food Policy Research Institute: EPT Discussion Paper, N° 146.
- JAMES, C. (2008) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006, *ISAAA Brief n, 35*, ISAAA: Ithaca, NY.
- JAMES, C.; & KRATTIGER, A. F. (1996) *Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology*. ISAAA Briefs No. 1. ISAAA: Ithaca, NY. pp. 31.
- KHACHATOURIANS, G. G.; McHUGHEN, A.; SCORZA, R.; WAI-KIT, N.; HUI, Y. H. (2002) *Transgenic plants and crops*. New York: CRC Press.
- KASPERSON, R. E. (1983) Acceptability of human risk. *Environmental Health Perspectives*, vol. 52, pp. 15-20.
- KIESEL, K.; BUSCHENA, D.; SMITH, V. (2005) Do voluntary biotechnology labels matter to the consumer? Evidence from the fluid milk market. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 87, N° 2, pp.378-392.
- KIRSTEN J.; GOUSE, M. (2002) Bt cotton in South Africa: adoption and impact on farm incomes amongst small- and large-scale farmers. Disponível em: croplife.intraspin.com/Biotech/papers/22article.pdf
- KITANOVIC, J. (2004) National innovation systems in transition countries: the impact of institutional organization and change. Paper presented at the DRUID Summer Conference on Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems, Copenhagen, Denmark, June 27-29, 2005.
- KNOX, B. (2000) Consumer perception and understanding of risk from food. *British Medical Bulletin*, vol. 56, n. 1, p. 97-109.
- KOBERG, C. S.; DETIENNE, D. R.; HEPPARD, K. A. (2003) An empirical test of environmental, organizational, and process factors affecting incremental and radical innovation. *Journal of High Technology Management Research*, Vol. 14, pp. 21-45.

- KOWALSKI, S. P.; EBORA, R. V.; KRYDER, R. D.; POTTER, R. H. (2002) Transgenic crops, biotechnology and ownership rights: what scientists need to know. *The Plant Journal*, Vol. 31, N° 4, pp. 407-421.
- KRATTIGER, A. (1998) The importance of ag-biotech to global prosperity. Ithaca, NY: ISAAA (ISAAA Briefs n. 6).
- KRAUS, N.; MALMFORS, T.; SLOVIC, P. (1992) Intuitive toxicology: expert and lay judgements of chemical risks. *Risk Analysis*, 12(2).
- KRIMSKY, S. (2005) From Asilomar to industrial biotechnology: risks, reductionism and regulation. *Science as Culture*, vol. 14, n. 4, 309-323.
- KASPERSON, R. E. (1983) Acceptability of human risk. *Environmental Health Perspectives*, vol. 52, pp. 15-20.
- KINCHY, A. J.; KLEINMAN, D. L.; AUTRY, R. (2008) Against free markets, against science? Regulating the socio-economic effects of biotechnology. *Rural Sociology*, 73 (2), pp. 147-179.
- KUNREUTHER, H.; SLOVIC, P. (1996) Science, values and risk. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 545, p. 116-125.
- LAPAN, H. E.; MOSCHINI, G. (2000) Incomplete adoption of a superior innovation. *Economica*, Vol. 67, N° 268, pp. 525-542.
- LAWSON, M. E.; STOVER, R.; HIRAI, S. (2006) A descriptive analysis of producers' attitudes toward biotechnology: a five-state comparison. *Journal of Foodservice*, Vol. 17, pp. 152-158.
- LHEUREUX, K. et al (2003) *Review of GMOS under Research and Development and in the pipeline in Europe*. European Commission: Institute of Prospective Technological Studies, Technical Report Series.
- LETTL, C. (2007) User involvement competence for radical innovation. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 27, pp. 53-75.

-
- LIEBERMAN, S.; GRAY, T. (2008) The World Trade Organization's report on the EU's moratorium on biotech products: the wisdom of the US challenge to the EU in the WTO. *Global Environmental Politics*, 8, p. 33-53.
- LIEBESKIND, J. P., *et al.* Social networks, learning and flexibility: sourcing scientific knowledge in new biotechnology firms. Cambridge: NBER, 1995. (Working Paper 5320)
- LOUREIRO, M. L.; BUGBEE, M. (2005) Enhanced GM foods: are consumers ready to pay for the potential benefits of biotechnology? *The Journal of Consumer Affairs*, Vol. 39, N° 1.
- LUHMANN, N. (1989) Trust: a mechanism for the reduction of social complexity. Stuttgart, Germany: Enke.
- McNAMARA, K. T.; WETZSTEIN, M. E.; DOUCE, G. K. (1991) Factors affecting peanut producer adoption of integrated pest management. *Review of Agricultural Economics*, Vol. 13, N° 1, pp. 129-139.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (2001) Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: towards a history friendly model. Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID): Working Paper N° 234.
- MANSFIELD, E. (1961) Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, 29, p. 741-746.
- McCANN-HILTZ, D.; VEEMAN, M.; ADAMOWICZ, W.; HU, W. (2004) Agricultural biotechnology: a comparison of consumers' preference for selected policy options. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 52, pp. 333-350.
- McCLUSKEY, J. J.; GRIMSRUD, K. M.; WAHL, T. I. (2006) Comparison of Consumer Responses to Genetically Modified Foods in Asia, North America and Europe. In: JUST, R. E.; ALSTON, J. M.; ZILERMAN, D. (Ed.) *Regulating Agricultural Biotechnology: Economics and Policy*. New York, NY: Springer.
- McCLUSKEY, J. J.; SWINNEN, J. F. M. (2004) Political economy of the media and consumer perceptions of biotechnology. *American Journal Agricultural Economic*, 86 (5), 1230-1237.

- MILSTIEN, J. B. (2004) Regulation of vaccines: strengthening the science base. *Journal of Public Health Policy*, Vol. 25, N° 2, pp. 173-189.
- MOON, W.; BALASUBRAMANIAN, S. K. (2004) *Review of Agricultural Economics*, Vol. 26, N° 2, pp.186-208.
- MONTPETIT, E.; ROUILLARD, C. (2008) Culture and the democratization of risk management: the widening biotechnology gap between Canada and France. *Administration and Society*, 39, 907-930.
- MORSE, S.; BENNETT, R. M.; ISMAEL, Y. (2005) Genetically modified insect resistance in cotton: some farm level economic impacts in India. *Crop Protection*, 24, p. 433-440.
- MOSCHINI, G.; BULUT, H.; CEMBALO, L. (2005) On the segregation of genetically modified, conventional, and organic products in European agriculture: a multi-market equilibrium analysis. Iowa State University, Center for Agricultural and Rural Development: Working Paper 05-wp 411.
- MUNDA, G. (2003) Avaliação social multicritério: fundamentos metodológicos e consequências operacionais. *Notas Econômicas*, 17, p. 6-34.
- NELSON, R. What is commercial and what is public about technology, and what should be? In. ROSENBERG, N. *et al.* *Technology and the wealth of nations*. Stanford: Stanford University Press, 1992.
- NELSON, G. (2001) Traits and techniques of GMOs. IN: NELSON, G. *Genetically Modified Organisms in Agriculture: economics and politics*. New York: Academic Press.
- NELSON, G.; BULLOCK, D. (2001) The economics of technology adoption. IN: NELSON, G. *Genetically Modified Organisms in Agriculture: economics and politics*. New York: Academic Press.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. (2001) Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, vol. 18, n.1, p. 81-116.

-
- NYGAARD, S. (2008) Co-Evolution of technology, markets and institutions: the case of fuel cells and hydrogen technology in Europe. Lund University, Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy.
- O'CONNOR, G. C.; McDERMOTT, C. M. (2004) The human side of radical innovation. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 21, pp. 11-30.
- OLSON, M. (1965) The logic of collective action: public goods and the theory of groups. Harvard University Press.
- ONYANGO, B.; GOVINDASAMY, R.; HALLMAN, W.; JANG, H.; PUDURI, V. S. (2004) Consumer acceptance of genetically modified foods in Korea: factor and cluster analysis. Paper at Northeast Agricultural and Resource Economics Association and Canadian Agricultural Economics Society annual meeting, 20-23 June 2004, Halifax, Nova Scotia.
- OTTERSEN, O. (2002) The institutional evolution of a new technological regime: conflicts, a dynamic factor for creation of variation and selection? DRUID Academy Winter PhD Conference. Aalborg, Denmark, January 17-19, 2002.
- OZEKI, H.; SUGAI, Y.; TEIXEIRA FILHO, A. R. (2001) *O papel da soja com referência à oferta de alimento e demanda global*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. (Texto para Discussão n.8).
- PAARLBERG, ROBERT L. (2001) *The Politics of Precaution: Genetically Modified Crops in Developing Countries*.
- PAARLBERG, R. L. (2008) Starved for Science: how biotechnology is being kept out of Africa. EUA: Harvard University Press.
- PARDEY, P. G.; ALSTON, J.; JAMES, J.; GLEWWE, P.; BINENBAUM, E.; HURLEY, T.; WOOD, S. (2007) Science, technology and skills. Background paper for the WDR 2008.
- PELAEZ, V.; SBICCA, A. (2002) Organismos geneticamente modificados: a face não revelada pela ciência. Curitiba: Departamento de Economia-UFPR (Texto para discussão n. 08/02).

- PERES, J. R. R. (2001) Transgênicos: os benefícios para um agronegócio sustentável. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, vol. 18, n. 1, p. 13-26.
- PETERS, H. P.; LANG, J. T.; SAWICKA, M.; HALLMAN, W. H. (2007) Culture and technological innovation: impact of institutional trust and appreciation of nature on attitudes towards food biotechnology in the USA and Germany. *International Journal of Public Opinion Research*, Vol. 19, Nº 2.
- PEW INITIATIVE ON FOOD AND BIOTECHNOLOGY (2005) Public sentiment about genetically modified food. Disponível em: <http://pewagbiotech.org/research/2005update/2.php>
- PHILLIPS, P. W. B.; ISAAC, G. (1998) GMO labeling: threat or opportunity: *AgBioForum*, vol. 1, n. 1, p. 25-30.
- PINAZZA, L. A. (2007) *Cadeia Produtiva da Soja*. Brasília: IICA, MAPA/SPA, 116p.
- PINAZZA, L. A. (2007) *Cadeia Produtiva do Milho*. Brasília: IICA, MAPA/SPA, 108p.
- PINGALI, P. L.; MARQUEZ, C. B.; PALIS, F. G. (1994) Pesticides and Philippine Rice farmer health: a medical and economic analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 76, n. 3, pp. 587-592.
- POHLMANN, M. C. (2007) Análise de Conglomerados. In.: CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Coord.) Análise Multivariada. São Paulo: Editora Atlas.
- PRIEST, S. H.; BONFADELLI, H.; RUSANEN, M. (2003) The “Trust Gap” hypothesis: predicting support for biotechnology across national cultures as a function of trust in actors. *Risk Analysis*, vol. 23, n. 4.
- QAIM, M.; SUBRAMANIAN, A.; NAIK, G.; ZILBERMAN, D. (2006) Adoption of Bt cotton and impact variability: insights from India. *Review of Agricultural Economics*, Vol. 28, Nº 1, pp.48-58.
- QAIM, M.; TRAXLER, G. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. *Agricultural Economics*, 2004.
- QAIM, M.; ZILBERMAN, D. (2003) Yield effects of genetically modified crops in Developing Countries. *Science*, 299, p. 765-960.

-
- RAO, T. V. S. R. (2007) *Economics of Biotechnology*. New Delhi: New Age International Limited, Publishers.
- RAY, D. (1998) *Development Economics*. Princeton: Princeton University Press.
- RICE, M. P.; KELLEY, D.; PETERS, L.; O'CONNOR, G. C. (2001) Radical innovation: triggering initiation of opportunity recognition and evaluation. *R&D Management*, 31, 4.
- RIMMER, M. (2008) *Intellectual property and biotechnology*. Edward Elgar Publishing.
- RISSLER, J.; MELLON, M. (1996) *The ecological risks of engineered crops*. Cambridge, MA: MIT Press.
- ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. (2002) *World water and food to 2005: dealing with scarcity*. Washington, D. C.: International Food Policy Research Institute.
- ROY, B. Paradigms and Challenges. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Org.) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York: Springer, 2005.
- ROYAL SOCIETY (1992) *Risk: analysis, perception and management*. London: The Royal Society.
- ROUSU, M.; HUFFMAN, W. E.; SHOGREN, J. F.; TEGENE, A. (2004) Are United States consumers tolerant of genetically modified foods? *Review of Agricultural Economics*, Vol. 26, N° 1, pp.19-31.
- RUNGE, C, FORD; RYAN, BARRY (2004) *The Global Diffusion of Plant Biotechnology: international Adoption and Research in 2004*. A report prepared for the Council on Biotechnology Information, Washington, D,C, Versão digital disponível em: <http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04.pdf>
- RUCKELSAUS, W. D. (1983) Science, risk, and public policy. *Science*, vol. 221, n. 4615, p. 1026-1028.
- SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.
- SANDMAN, P. M. (1994) Mass media and environmental risk: seven principles. Disponível em: <http://www.piercelaw.edu/risk/vol5/summer/sandman.htm>

- SANDMAN, P. M. (1987) Risk communication: facing public outrage. *U. S. Environmental Protection Agency Journal*, nov. 1987, pp. 21-22.
- SANTERRE, C. R.; MACHTMES, K. L. (2002) The impact of consumer food biotechnology training on knowledge and attitude. *Journal of the American College of Nutrition*, vol. 21, p. 174-177.
- SAVADORI, L.; SABIO, S.; NICOTRA, E.; RUMIATI, R.; FINUCANE, M.; SLOVIC, P. (2004) Expert and public perception of risk from biotechnology. *Risk Analysis*, Vol. 24, N° 5.
- SCHEITL, C. P. (2005) In God we trust: religion and optimism toward biotechnology. *Social Science Quarterly*, vol. 86, n. 4.
- SCHMIDT, M. R.; WEI, W. (2006) Loss of agro-biodiversity, uncertainty and perceived control: a comparative risk perception study in Austria and China. *Risk Analysis*, vol. 26, n. 2.
- SCHRODER, M. J. A. (2003) Food quality and consumer value. Berlin: Springer.
- SEHGAL, S. (1999) IPR Controversy and the India seed industry. In: SHANTHARAM, S.; MONTGOMERY, J. F. (Ed.) *Biotechnology, biosafety, and biodiversity: Scientific and ethical issues for sustainable development*. N. H., USA: Science Publishers, Inc.
- SHELDON, I. M. (2002) Regulation of biotechnology: will we ever freely trade GMOs? *European Review of Agricultural Economics*, vol. 29 (1), p. 155-176.
- SHIVA, V. (2001) GMOs: A Miracle? In: NELSON, G. (Ed.) *Genetically Modified Organisms in Agriculture: Economics and Politics*. San Diego, California: Academic Press.
- SIEGRIST, M. (2000) The influence of trust and perceptions of risks and benefits on the acceptance of gene technology. *Risk Analysis*, vol. 20, n. 2.
- SIEGRIST, M.; CVETKOVICH, G. (2000) Perception of hazards: the role of social trust and knowledge. *Risk Analysis*, vol. 20, n. 5.

-
- SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, I. C. (2007) Brazil: confronting the challenges of global competition and protecting biodiversity. In: FUKUDA-PARR, S. (Ed.) *The Gene Revolution: GM crops and unequal development*. London: Earthscan.
- SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, I. C. (2009)
- SILVEIRA, J. M. F. J.; BUAINAIN, A. M. (2007) Aceitar riscos controlados para inovar e vencer desafios. In: VEIGA, J. E. (Org.) *Transgênicos: Sementes da discórdia*. São Paulo: Editora Senac.
- SJOBERG, L. (1999) Risk perception by the public and by experts: a dilemma in risk management. *Human Ecology Review*, vol. 6, n. 2.
- SJOBERG, L. (2004) Principles of risk perception applied to gene technology. *European Molecular Biology Organization, EMBO Reports*, Vol. 5, Special Issue.
- SJOBERG, L. (2000) Factors in risk perception. *Risk Analysis*, vol. 20, n. 1.
- SLOVIC, P.; FISCHHOFF, B.; LICHTENSTEIN, S. (1981) Perceived risk: psychological factors and social implications. *Proceedings of Royal Society*, 376, 17-34.
- SLOVIC, P. (1987) Perception of Risk. *Science*, New Series, vol. 236, n. 4799.
- SLOVIC, P.; FLYNN, J. H. Perceived Risk, Trust, and the Politics of Nuclear Waste. *Science*, New Series, Vol. 254, No. 5038 (Dec. 13, 1991), pp. 1603-1607
- SMEDSHAUG, C. A. (2010) *Feeding the World in the 21st Century: a historical analysis of agriculture and society*. London: Anthem Press.
- SMITH, V. K.; DESVOUSGES, W. H.; JOHNSON, F. R.; FISHER, A. (1990) Can public information programs affect risk perceptions? *Journal of Policy and Analysis and Management*, vol. 9, n. 1, p. 41-49.
- SMITH, H. L. (2005) Regulating science and technology: the case of the UK biotechnology industry. *Law & Policy*, Vol. 27, Nº 1.
- SOLLEIRO, J. L. Propiedad intelectual y su impacto en la difusión de la biotecnología. *Global Biotechnology Forum – Bioindustries in Development*, Brasília, 22-25 julho, 2003.

- SPERS, E. E. (1993) A segurança ao longo da cadeia agroalimentar. *Conjuntura Alimentos*, v. 5.
- STARR, C. (1969) Social benefit versus technological risk. *Science*, New Series, vol. 165, n. 3899.
- STETTER, J. (1993) Trends in the future development of pest and weed control: a industrial point view. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 17, p. 346-370.
- STURGIS, P.; COOPER, H.; FIFE-SCHAW, C. (2005) Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed public. *New Genetics and Society*, vol. 24, n. 1.
- STEWART, P. A.; KNIGHT, A. J. (2005) Trends affecting the next generation of U.S. agricultural biotechnology: politics, policy and plant-made pharmaceuticals. *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 521-534.
- STIGLES, G. (1971) The theory of economic regulation. *Bell Journal of Economics and Management Science*, n. 3, p. 3-18.
- TANAKA, Y. (2004) Major psychological factors affecting acceptance of gene-rebomination technology. *Risk Analysis*, vol. 24, n. 6.
- THOMAS, Z. (2005) Agricultural biotechnology and proprietary rights: challenges and policy options. *The Journal of World Intellectual Property*, Vol. 8, Nº 6, pp. 711-734.
- TIROLE, J. (1988) *The theory of industrial organization*. Cambridge: MIT Press.
- TRAIL, W. B. et AL (2004) Categories of GM risk-benefit perceptions and their antecedents. *AgBioForum*, 7(4), p. 176-186.
- TRIGO, E. J.; CAP, E. J. (2003) The impact of the introduction of transgenic crops in Argentinean agricultura. *AgBioForum*, 6, p. 87-94.
- TRIGO, E. J.; CAP, E. J. (2006) *Diez Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina*. Buenos Aires: Argen-Bio.
- UNCTAD (2007) *Handbook of Statistics*. Disponível em: www.unctad.org
- VEYRET, Y. (2007) *Os riscos*. São Paulo: Contexto.

-
- VERSPAGEN, B.; WERKER, C. (2003) The invisible college of the economics of innovation and technological change. Paper presented at the DRUID Summer Conference 2003 on Creating, Sharing and Transferring Knowledge. Copenhagen June 12-14, 2003.
- VIEIRA, M. L. C.; CARNEIRO, M. S.; SILVA FILHO, M. C. (2004) Genética e melhoramento vegetal. In: MIR, L. (Org.) Genômica. São Paulo: Atheneu.
- VITALE, J.; GLICK, H.; GREENPLATE, J.; TRAORE, O. (2008) The economic impacts of second generation Br cotton in West Africa: empirical evidence from Burkina Faso. *International Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 2-3, p. 167-183.
- YUDELMAN, M.; RATTA, A.; NYGAARD, D. (1998) *Pest management and food production: looking to the future*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- WADMAN, W. M. () Variable Quality in Consumer Theory: Toward a dynamic microeconomic theory of the consumer.
- WEICK, C. W.; WALCHLI, S. B. (2002) Genetically engineered crops and foods: back to the basic of technology diffusion. *Technology in Society*, 24, 265-283.
- WIEDEMANN, P. M.; SCHUTZ, H. (2005) The precautionary principle and risk perception: experimental studies in the EMF area. *Environmental Health Perspectives*, vol. 113, n. 4, p. 402-405.
- WIENER, J.; ROGERS, M. D. (2002) Comparing precaution in the United States and Europe. Duke Law Faculty Scholarship, Paper 1191. Disponível em http://scholarship.law.duke.edu/faculty_scholarship/1191
- WILLIAMS, R.; EDGE, D. (1996) The social shaping of technology. *Research Policy*, vol. 25, p. 856-899.
- WILSON, W. W.; DAHL, B. L. (2005) Costs and risks of testing and segregating genetically modified wheat. *Review of Agricultural Economics*, Vol. 27, Nº 2, pp. 212-228.

- WOOD, S.; EHUI, S. (2005) Food. In. HASSAN, R.; SCHOLE, R.; ASH, N. Ecosystems and human well-being: current state and trends. Washington: Island Press, Volume I.
- WRIGHT, B. D.; PARDEY, P. G. (2006) The evolving rights to intellectual property protection in the agricultural biosciences. *International Journal of Technology and Globalisation*, vol. 2, n.1/2.
- WU, F.; BUTZ, W. (2004) *The future of genetically modified crops: lessons from the Green Revolution*. Santa Monica, CA, EUA: RAND Corporation.
- WU, F. (2004) Explaining public resistance to genetically modified corn: an analysis of the distribution of benefits and risks. *Risk Analysis*, vol. 24, n. 3.
- ZARRILLI, S. (2005) International trade in GMOs and GM products: national and multilateral legal frameworks. New York: UNCTAD, Division on International Trade in Goods and Services and Commodities.