

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GENÉTICA PARA  
PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO

YURIE WATANABE

**ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

VOTORANTIM

2011

YURIE WATANABE

## **ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio do Departamento de Genética da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Genética.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Kava Cordeiro.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GENÉTICA PARA  
PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO

YURIE WATANABE

**ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ para obtenção do  
Grau de Especialista em Genética

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Professor Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Kava Cordeiro.

\_\_\_\_\_  
Nome do Professor (a) de Monografia

\_\_\_\_\_  
Nome do Professor (a) Convidado (a)

*Dedico este trabalho minha mãe Nitatori Emília Watanabe e as minhas duas filhas Karina Watanabe Ramacciotti e Camila das Graças Watanabe Ramacciotti, por se constituírem diferentemente enquanto pessoas, igualmente belas e admiráveis em essência, estímulos que me impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, meus agradecimentos por terem aceito se privar de minha companhia pelos estudos, concedendo a mim a oportunidade de me realizar ainda mais.*

*Agradeço primeiramente a DEUS fonte de toda sabedoria, pela oportunidade e pelo privilégio que me foi dado em compartilhar tamanha experiência e, ao frequentar este curso, perceber e atentar para a relevância de temas que não faziam parte em profundidade, da minha vida.*

*Agradeço a minha professora Orientadora Dr<sup>a</sup>. Vanessa Kava Cordeiro, pelo incentivo, simpatia e presteza no auxílio às atividades e discussões sobre o andamento e normatização desta Monografia de Conclusão de Curso.*

*" É muito difícil evoluir alterando o profundo trama da vida: qualquer mudança que haja é profundamente letal. Transformações fundamentais podem, no entretanto, ser realizadas pelo acréscimo de novos sistemas sobre as estruturas antigas."*

*(Carl Sagan)*

## RESUMO

Organismos transgênicos ou organismos geneticamente modificados são plantas, animais ou micro-organismos que têm seu código genético alterado, com o objetivo de alcançar melhoria em algum índice de desempenho. Sabe-se que hoje as plantas geneticamente modificadas oferecem variedades melhoradas e mais produtivas, traduzidas por plantas com menor custo de produção, resistentes a doenças e de maior valor nutricional. Os organismos geneticamente modificados (OGM) têm trazido muito temor à opinião pública e conseqüentemente, por falta de conhecimento, tem sido condenado seu consumo. Assim sendo, esse trabalho procura mostrar a importância dessa nova metodologia, como forma arrojada de auxiliar a agricultura na obtenção de alimentos mais completos e saudáveis ao homem. O objetivo desse trabalho também é o de ressaltar as vantagens dos alimentos transgênicos, capazes de surpreender a todos pela sua alta aplicabilidade.

**Palavra-Chave:** Transgênicos. DNA. Organismos geneticamente modificados.

## **ABSTRACT**

GMOs or genetically modified organisms are plants, animals or micro-organisms that have changed their genetic code, in order to achieve some improvement in performance index. It is known that genetically modified plants now offer improved varieties and more productive, translated by plants with lower production cost, disease resistant and high nutritional value. Genetically modified organisms (GMOs) has brought much fear of public opinion and consequently, for lack of knowledge, its use has been condemned. Thus, this work seeks to show the importance of this new methodology, as boldly to help agriculture in obtaining more complete and healthy food to man. The aim of this study is also to highlight the advantages of GM foods can surprise everyone by its high applicability.

**Keyword:** Transgenic. DNA. Genetically modified organisms.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
1 ENGENHARIA GENÉTICA .....	13
1.1 Plantas transgenicas .....	14
1.2 Métodos para a inserção do Transgene na Célula.....	14
2 DNA RECOMBINANTE .....	19
2.1 AND/DNA .....	19
2.2 Organismo Geneticamente Modificado (OGM) .....	19
2.3 Tecnologia do AND/DNA Recombinante.....	20
3 PRINCIPAIS FERRAMENTAS E ETAPAS PARA SE CLONAR UM GENE EXÓGENO (OU TRANSGENE) EM UMA CÉLULA HOSPEDEIRA.....	22
3.1 Enzimas de Restrição.....	22
3.2 Os Vetores de Clonagem .....	23
3.3 Ligação, transformação e clonagem .....	24
3.4 Seleção dos clones .....	25
4 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS .....	28
4.1 O que são alimentos transgênicos .....	28
4.2 Evolução Histórica dos Transgênicos .....	29
4.3 Historico dos Transgênicos no mercado Mundial.....	34
5 LEGISLAÇÃO DA BIOSSEGURANÇA .....	37
5.1 Legislação Internacional.....	37
5.2 No Brasil – Lei n. 11.105, 24/03/05 .....	38
5.2.1 Normas de Segurança no Brasil.....	40
6 ROTULAGEM DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS .....	42
6.1 Rotulagem dos Alimentos no Brasil.....	43
7 A PROBLEMÁTICA DOS TRANSGÊNICOS NA ATUALIDADE .....	45
7.1 Aspectos Positivos .....	45
7.2 Aspectos Negativos.....	46
8 APLICAÇÃO DA MANIPULAÇÃO GENÉTICA NOS ALIMENTOS .....	50
8.1 Soja .....	50
8.2 Tomate .....	51
8.2.1 Tomate FLAVR SAVR.....	51

8.2.2 Tomate Cereja.....	52
8.3 Milho.....	53
8.4 Arroz.....	54
8.5 Leite .....	54
8.6 Outros alimentos geneticamente modificados que vem sendo pesquisados	55
CONCLUSÃO.....	56
REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## INTRODUÇÃO

Há tempos que o ser humano, ao abandonar sua característica nômade, seleciona os alimentos que lhe são úteis à sobrevivência. Por milhares de anos, durante o processo de domesticação, as plantas têm sido selecionadas para o desenvolvimento de variedades mais produtivas ou mais adequadas para o consumo humano.

Foi a partir desse processo de triagem natural que muitos organismos, frutos de mutações resultantes de cruzamento de espécies, surgiram, dando origem a uma série de alimentos que hoje compõem nossa dieta alimentar.

Até o início deste século, o melhoramento de plantas era realizado ao acaso como uma arte, e não como ciência. Somente após o redescobrimiento das leis de Mendel é que os princípios da genética foram reconhecidos e aplicados ao melhoramento de plantas.

A maioria das variedades modernas, utilizadas para cultivo, originou-se da transferência de genes dentro da mesma espécie ou entre espécies relacionadas, através da hibridação sexual e posterior seleção. Algumas vezes, a espécie a ser melhorada não contém variabilidade genética suficiente para permitir o melhoramento desejado e conseqüentemente tem levado o a buscar novas tecnologias.

A esta técnica, atribuímos a terminologia "*Transgenia*", definida como ato de recombinação genética que anexa a um organismo genes que, biologicamente, não lhes pertenciam, a fim de produzir em suas descendentes características adicionais às que compunham seu código genético natural. Nesse sentido, entende-se por "*Transgene*" o gene adicional, e por "*Transgênico*" o organismo resultante desse processo de reestruturação genética.

Um dos pontos críticos do melhoramento convencional é a dependência da compatibilidade sexual entre a espécie que se pretende melhorar e a espécie doadora do gene que controla o caráter de interesse. Com os avanços obtidos na técnica do DNA recombinante e nos métodos de transformação genética de plantas, tornou-se possível introduzir no genoma de um determinado organismo genes de organismos filogeneticamente distantes, ampliando o "pool" gênico da espécie a ser melhorada, ultrapassando os limites impostos pela incompatibilidade sexual.

Apesar de haver um forte investimento em estudos, por parte do governo e do setor privado, com vistas à possibilidade de obter novas descobertas de valor científico e econômico, ainda são desconhecidos os caminhos pelos quais o atual modelo de desenvolvimento agrícola seguirá, bem como os efeitos da alteração genética de plantas e alimentos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

As plantas geneticamente modificadas, conhecidas como plantas transgênicas, têm sido utilizadas como uma ferramenta no melhoramento de vegetais e possuem grande aplicabilidade. No entanto, atualmente, essas têm sido alvo de muitas discussões na comunidade em geral, especialmente a científica.

A polêmica acerca dos produtos transgênicos, em especial no que se refere à sua aplicação na agricultura, fundamenta-se, principalmente, na falta de informações corretas, baseadas em trabalhos de pesquisa que esclareçam as principais dúvidas do público leigo quanto aos riscos da inserção desses organismos em sua dieta alimentícia.

## 1 ENGENHARIA GENÉTICA

Há séculos a humanidade vem fazendo o cruzamento de plantas e animais com a finalidade de melhorá-los para sua utilização e consumo. No fundo trata-se de experiências genéticas feitas de maneira rudimentar e empírica, mas atualmente com o desenvolvimento da biotecnologia, a melhora genética passou a ser feita de forma científica, através de técnicas desenvolvidas por uma nova ciência integrante da biotecnologia conhecida como engenharia genética.

A Engenharia Genética pode ser definida como o conjunto de técnicas capazes de permitir a identificação, manipulação e multiplicação de genes dos organismos vivos.

Através desta nova ciência é possível a manipulação do DNA, ou seja, do ácido desoxirribonuclético que existe nas células dos seres vivos e assim recombinar genes, alterando-os, trocando-os ou adicionando genes de diferentes origens criando novas formas de vida.

A engenharia genética possibilita mapear o sequenciamento do genoma das espécies animais, incluindo o ser humano (Genoma Humano) e dos vegetais, além da criação de seres clonados (copiados), desenvolvimento da terapia genética e produção de seres transgênicos.

Um dos experimentos e resultados da engenharia genética que têm trazido mais polêmica é a questão da produção de transgênicos na agricultura com a finalidade de se evitar pragas, maior resistência às intempéries para aumentar a produção.

Estes produtos geneticamente modificados e conhecidos pela sigla GM (geneticamente modificados) estão levando os cientistas, ambientalistas, produtores, juristas entre outros, a muita discussão sobre a sua real utilização e conveniência.

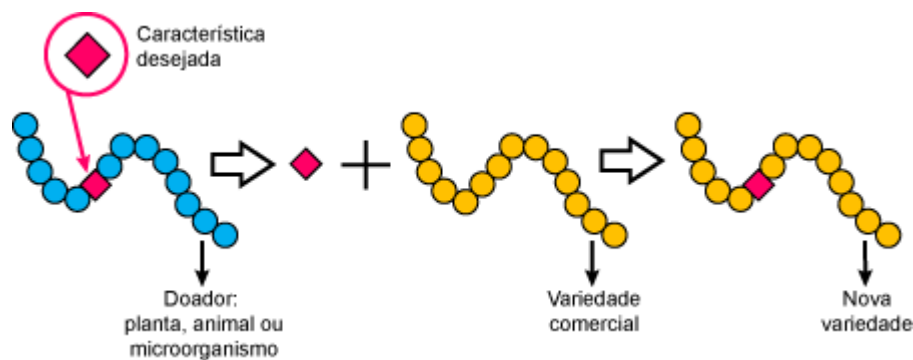
A identificação e a localização de genes para características importantes na agricultura geralmente é o passo de maior limitação na obtenção de transgênicos. Ainda se conhece pouco sobre os genes que são requeridos para melhorar as características de uma planta com o objetivo de torná-la resistente ao estresse ou a algum pesticida ou ainda melhorar suas características nutricionais.

## 1.1 Plantas transgênicas

Para a obtenção de plantas transgênicas deve-se extrair o DNA do organismo que possui o gene de interesse. A seguir o gene de interesse é isolado e inserido em bactérias para a obtenção de várias cópias deste gene. O gene de interesse, antes de ser inserido no genoma da célula vegetal, sofre transformação, com a associação de um promotor, de uma seqüência terminadora e ainda de um gene marcado com seu respectivo promotor, originando o transgene.

O transgene (gene modificado) é então inserido em massas de células indiferenciadas, o tecido caloso da planta, visto que é impossível a inserção do transgene em cada uma das células da planta. Essas massas apresentam a propriedade de originar diferentes órgãos de uma planta, como raiz, caule e folha, gerando uma planta completa e fértil. A fig. 1 mostra o princípio básico da obtenção de plantas transgênicas (TUTIDA; FOGAÇA, 2009).

Figura 1: Obtenção de plantas transgênicas.



Fonte: Artigo como funcionam os Alimentos Transgênicos (TUTIDA; FOGAÇA, 2009).

## 1.2 Métodos para a Inserção do Transgene na Célula

Existem vários métodos para a inserção do transgene na célula, os mais utilizados são: sistema *Agrobacterium tumefaciens*, bombardeamento com

micropartículas revestidas de DNA, transferência por electroporação de protoplastos e microinjeção de DNA. Citados abaixo:

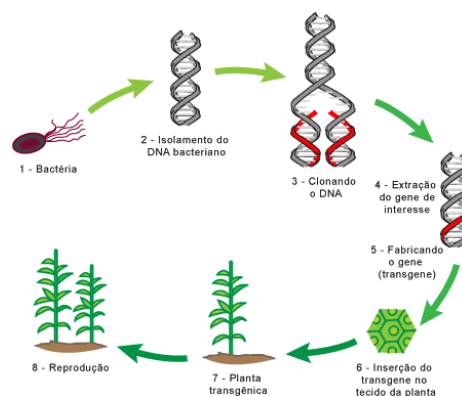
Sistema *Agrobacterium tumefaciens* - método biológico, pelo qual é inserido um gene de característica desejada, no genótipo de uma bactéria de solo, que ao se associar a uma planta retransmite a mesma característica.

A *Agrobacterium tumefaciens* é responsável pela formação de tumores (*galls*) num largo número de dicotiledóneas. Esta doença toma o nome de *crown gall*. Durante a infecção a bactéria transfere parte do seu DNA para a planta, DNA este que é integrado no genoma da hospedeira, causando a produção de tumores e mudanças associadas ao metabolismo da planta. O modo peculiar de atuação desta bactéria permite que esta seja usada como forma de construção de plantas (*plant breeding*).

Qualquer gene desejado, como por exemplo: genes inseticidas, ou genes que causam resistência a herbicidas, podem ser colocados no DNA bacteriano e, através deste, inseridos no genoma da planta. O uso desta técnica não só encurta o convencional processo de *plant breeding*, como também permite a incorporação de genes completamente novos nas culturas (HANDEL; MILACH, 2009)

A *A. tumefaciens* é uma bactéria gram negativa, que não produz esporos, dotada de mobilidade, estreitamente relacionada com a *Rhizobium* (a qual forma nódulos fixadores de azoto nas leguminosas). Encontra-se geralmente nas e à volta das superfícies das raízes numa região chamada de rizosfera – onde sobrevive usando nutrientes que escapam dos tecidos radiculares. Porém, ela infecta as plantas apenas em locais onde estas estejam lesionadas (NOGUEIRA, 2004/2005). A figura abaixo mostra o processo pelo método *Agrobacterium tumefaciens* (Fig. 2).

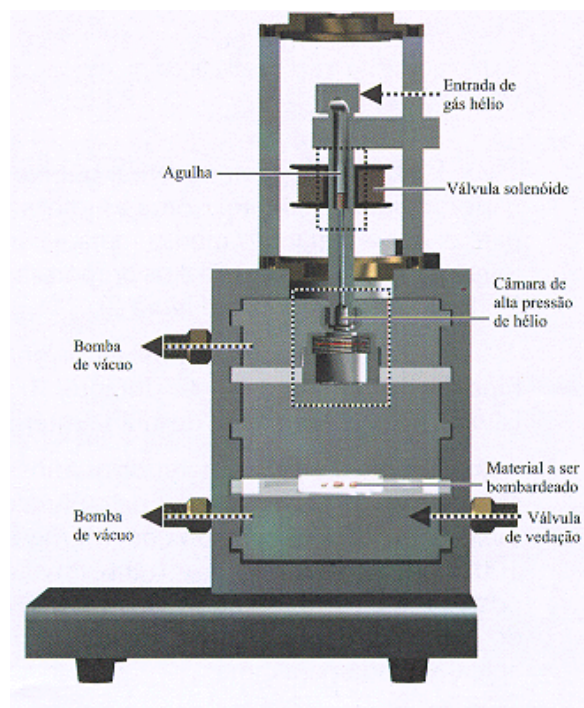
Figura 2: Obtenção de plantas transgênicas pelo método *Agrobacterium tumefaciens*.



Fonte: Artigo como funcionam os Alimentos Transgênicos (TUTIDA; FOGAÇA, 2009).

Bombardeamento com micropartículas revestidas de DNA: método físico, conhecido como biolística ou biobalística, nesse sistema o DNA é revestido em micro esferas de tungstênio, sob altas pressões de gás hélio, e transferido para dentro do tecido da planta. Ou seja, o gene é como um fio que pode ser quimicamente enrolado nas micropartículas e que, com pressão de gás hélio, é bombardeado para dentro da célula e o novo gene é incorporado (Fig 3).

Figura 3: Esquema de um aparelho de biobalística sob alta pressão com suas partes constituintes.



Fonte: Artigo como funcionam os Alimentos Transgênicos (TUTIDA; FOGAÇA, 2009).

Transferência por electroporação de protoplastos - introdução de DNA em células expostas a um campo elétrico. Nesta técnica, retira-se a parede celular das células vegetais, tornando-as mais permeáveis (estas células, desprovidas de parede celular, são designadas de protoplastos). Posteriormente, os protoplastos são incubados em soluções que contêm os genes que irão ser transferidos e, em seguida, um choque elétrico de alta voltagem é aplicado por curtíssimo tempo. O choque causa uma alteração da membrana celular, promovendo a abertura temporária de poros o que permite a penetração e eventual integração dos genes de interesse no genoma do protoplasto. O mesmo princípio também pode ser aplicado

para células vegetais, porém, a taxa de transformação é mais baixa (NOGUEIRA, 2004/2005).

Microinjeção de DNA - consiste numa injeção de DNA na célula em questão através de uma micropipeta (NOGUEIRA, 2004/2005).

Cada um desses métodos objetiva introduzir o transgene no núcleo da célula, local onde se encontra o material genético, sem lesionar a célula. A planta, então, se desenvolve e suas células apresentarão o transgene de interesse podendo transmiti-lo à sua descendência. O método de inserção preferivelmente utilizado é o sistema *Agrobacterium tumefaciens*.

Seguindo o processo de inserção do(s) gene (s) de interesse, os tecidos das plantas são transferidos para um meio específico contendo antibiótico ou herbicida, dependendo do marcador utilizado. Apenas as plantas que expressarem o gene marcador favorável ao meio irão sobreviver. Assume-se que as plantas que sobreviverem neste meio irá expressar o transgene de interesse. Todos os passos seguintes irão utilizar apenas as plantas sobreviventes.

Para a obtenção de plantas completas a partir dos tecidos transgênicos, estes devem ser submetidos a condições ambientais favoráveis ao seu crescimento e colocados em uma série de meios, contendo hormônios e nutrientes, em um processo chamado de cultivo celular. Uma vez que as plantas são geradas e estejam produzindo sementes, começa a avaliação da progênie.

Um processo de avaliação rigoroso deve estar aliado às técnicas de produção de transgênicos para verificar se o gene inserido está incorporado com estabilidade para não causar efeitos deletérios a outras funções da planta, à qualidade do produto ou ao ecossistema agrícola.

A avaliação inicial do processo inclui: verificação da atividade do gene, da estabilidade do gene nas gerações seguintes e não exercer efeitos no crescimento, produção e qualidade da planta.

Se a planta passar por estes testes, ela não será usada diretamente na produção, mas antes será cruzada com variedades melhoradas da cultura. O objetivo é incorporar a maior quantidade do genoma melhorado e adicionar o transgene na variedade da cultura.

O próximo passo do processo é realizar avaliações experimentais a campo e em estufa, em vários locais e durante vários anos, para analisar os efeitos do

transgene e o seu desempenho por completo. Esta fase inclui também avaliação dos efeitos no ambiente e da segurança alimentar (TUTIDA; FOGAÇA, 2009).

Existem dois tipos de teste para a identificação da presença de OGMs. Um deles, conhecido como teste da fita, é simples e rápido. Realizado em folhas, indica se elas são transgênicas em poucos minutos, mas não especifica variedade e quantidade dos organismos que contêm e, portanto, não satisfaz os requisitos firmados no Protocolo. O segundo exige trabalho em laboratório, combina análise de DNA com uma série de ensaios de reação que indicam a quantidade e os tipos de OGM presentes numa amostra (de folhas, grãos ou produtos industrializados) (VASCONCELOS, 2006).

## **2 DNA RECOMBINANTE**

### **2.1 ADN/DNA**

Afinal de contas, o que vem a ser o DNA (em inglês) ou chamado de ADN (na língua portuguesa), que nos últimos tempos atrai tanto o noticiário quanto a curiosidade popular?

A “grife” DNA ganhou tamanha abrangência, que virou moda de publicidade de novos produtos, tais como: “este shampoo contém DNA vegetal”, “carne vegetal orgânica - não contém DNA animal”, e tantos outros que vêm citando a palavra DNA, que, aliás, embora já seja de domínio público é de origem inglesa.

Todos os seres vivos apresentam, no interior de suas células, moléculas de DNA e/ou de RNA, chamadas de ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos são as biomoléculas celulares mais importantes, pois contém o material genético do organismo, composto por uma seqüência de genes (genoma). Os ácidos nucleicos são responsáveis pelo armazenamento e pela transmissão do material genético e pela sua tradução, que resulta na síntese das proteínas.

As proteínas fazem parte da estrutura de um ser vivo e estão relacionadas ao funcionamento do organismo deste ser, ajudando na produção de enzimas e hormônios. Os milhares de organismos existentes na natureza são determinados pelas diferenças protéicas, pois são as proteínas que determinam as características de um organismo, ou seja, o seu fenótipo.

### **2.2 Organismo Geneticamente Modificado (OGM)**

Quando o genoma de uma planta, de um animal ou de um microorganismo é modificado, alterando-se os genes existentes ou incorporando-se genes de outro organismo, as características ou fenótipo desse organismo também se alteram, resultando em um Organismo Transgênico ou Organismo Geneticamente Modificado (OGM). Se estes genes forem herdáveis, a descendência também será alterada.

O organismo GM ou transgênico é “qualquer organismo, com exceção do ser humano, cujo material genético tenha sido modificado de uma forma que não ocorre naturalmente por meio de cruzamentos e/ou recombinação natural” (Artigo 2º da Diretiva 2001/18/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 12 de março de 2001).

O avanço da engenharia genética, utilizando técnicas de DNA recombinante, permitiu que genes responsáveis por uma determinada característica favorável fossem identificados, modificados e incorporados a outro organismo de espécie igual ou diferente. Isso resultou em um enorme avanço nos processos naturais de melhoramento de plantas, animais e microorganismos.

### **2.3 Tecnologia do ADN/DNA Recombinante**

A tecnologia do DNA Recombinante foi desenvolvida em 1973 e permite a transferência do material genético de um organismo para o outro de forma efetiva e eficiente.

Ao invés de promover o cruzamento entre organismos relacionados para obter uma característica desejada, os cientistas podem identificar e inserir, no genoma de um determinado organismo, um único gene responsável pela característica em particular. O gene inserido artificial ou intencionalmente no genoma de um organismo é denominado transgene. Desta forma, tem-se uma alteração precisa e previsível.

Antes do desenvolvimento da tecnologia do DNA Recombinante, a técnica utilizada era a do Melhoramento Clássico, na qual a transferência de genes se dava por meio de cruzamentos (reprodução sexuada), misturando todo o conjunto de genes dos dois organismos em combinações aleatórias. A técnica exigia um enorme gasto de tempo e não era precisa.

Com a tecnologia do DNA recombinante pode-se, de forma rápida, modificar a função de um gene pré-existente numa planta ou incorporar nesta um único gene diferente, correspondente a uma determinada característica que se deseja melhorar.

A transferência de genes pode ocorrer entre diferentes espécies, de forma que, por exemplo, uma qualidade presente numa leguminosa pode ser transferida

para um cereal, transferência impraticável sem essa tecnologia.

Para os seus defensores, a tecnologia do DNA recombinante é, portanto, uma tecnologia moderna com grande potencial para aumentar a produtividade agrícola, reduzir o impacto ambiental da agricultura, minimizando o uso de pesticidas e melhorar a qualidade nutricional e tecnológica dos alimentos.

Os alimentos que ela produz não são, necessariamente, menos seguros para a saúde. Assim como toda tecnologia, a transgenia deve ser avaliada e acompanhada por grupos científicos, órgãos governamentais e de segurança alimentar e organizações de defesa do consumidor.

A Tecnologia ADN é fundamental para o avanço das modernas ciências biológicas, definindo fronteiras bioquímicas presentes e futuras, ilustrando muitos princípios importantes.

O esclarecimento do funcionamento da catalise<sup>1</sup> enzimática, das estruturas macromoleculares e do metabolismo<sup>2</sup> celular permitiu a abertura das portas para os pesquisadores terem acesso a um dos mais complexos processos bioquímicos, os que envolvem as informações gênicas.

Os métodos usados para realizar esse processo ou quaisquer outros relacionados são referidos à tecnologia do ADNr, ou como chamados popularmente, a engenharia genética.

A técnica foi utilizada pioneiramente com a bactéria *Escherichia coli*, pois possui vantagens, tais como: processos bioquímicos exaustivamente estudados, o metabolismo do seu ADN conhecido e muitos vetores de clonagens que ocorrem naturalmente. Como exemplo os plasmídios e os vírus bacteriófagos associados com esta bactéria (também apresentam as vantagens acima citadas), tornando assim as técnicas disponíveis para transferir o ADN exógeno (ou transgene) para uma bactéria.

---

<sup>1</sup> Pode ser definido como “quebra”.

<sup>2</sup> Conjunto de reações que acontecem em um organismo, pode ser considerado a nível celular.

### 3 PRINCIPAIS FERRAMENTAS E ETAPAS PARA SE CLONAR UM GENE EXÓGENO (OU TRANSGENE) EM UMA CÉLULA HOSPEDEIRA.

#### 3.1. Enzimas de Restrição

O desafio do bioquímico em estudar detalhadamente este processo começa na própria forma do ADN. Isso se deve pelo seu tamanho bastante pequeno em comparação a quantidade de informações que traz. Outro desafio, foi se concentrar apenas em uma região do ADN, como por exemplo, um único gene determinado, em meio a outros cerca de 100.000 genes espalhados no meio de milhões de pares bases<sup>3</sup> no genoma humano.

Tais desafios só foram vencidos a partir da década de 70, onde um estudo muito aprofundado sobre o complexo sistema de enzimas (as endonucleases ou enzimas de restrição) foi capaz de possibilitar a análise molecular de genes separados dos outros milhares. Estas enzimas compõem uma classe enzimática encontrada em bactérias, que cortam o ADN em seqüências nucleotídicas específicas.

As endonucleases de restrição são encontradas em larga escala em espécies bacterianas, e sua função *in vivo* é o reconhecimento de fragmentos de ADN estranhos (bacteriófagos, por exemplo), protegendo a célula de genes que possam estar ligados à reprodução de parasitos que estejam utilizando os “aparatos bioquímicos” da bactéria.

Devido esse motivo, quando o ADNr está na célula hospedeira ele está sujeito à ação da endonuclease de restrição, mas para que a enzima não o reconheça como segmento estranho, por tanto para não clivá-lo, é feita a metilação. Esse processo é baseado na inclusão de radicais metil (CH<sub>3</sub>) no segmento desejado pela enzima ADN metilase.

Os pesquisadores que descreveram a técnica de clivagem enzimática específica de ADN em laboratório foram Paul Berg, Hebert Boyer e Stanley Cohen. Trata-se de uma metodologia muito eficiente de localizar, isolar e preparar pequenos

---

<sup>3</sup> Nucleotídeos, as unidades que formam o ADN. São estes: Guanina, Timina, Citosina, Alamina

seguimentos de ADN oriundos de cromossomos muito maiores.

Técnicas de clonagem de material genético possibilitaram ainda mais a abertura de novos caminhos para a identificação de processos biológicos conhecidos. Atualmente, são produzidas em laboratórios de Biotecnologia enzimas de restrição recombinantes específicas para clivagem de diversas seqüências.

Assim a possibilidade de interferência no funcionamento dos organismos tem tomado proporções inimagináveis. Talvez, o mais importante fato foi a quebra de uma imensa barreira biológica, a de transferência de genes entre seres de espécies diferentes: a transgenia.

### 3.2 Os vetores de clonagem

Após todo o processo de separação de um determinado segmento, o mesmo deve ser “conduzido” a uma célula hospedeira que possa replicá-lo. Para isso utilizam-se vetores tais como: bacteriófagos, plasmídios e cromossomos artificiais de bactéria ou levedura.

Os plasmídios (figura 4) são pequenas moléculas de ADN circulares muito eficientes nesse processo, mas têm suas limitações. Para o melhor resultado de clonagem com plasmídios, deve-se utilizar pequenos genes ou fragmentos, pois à medida que é aumentado o tamanho (quantidade de pares de base) torna-se mais difícil o processo.

Outro exemplo de vetor para essa técnica são os bacteriófagos, que são capazes de inserir ao todo 48502 pares de base em uma bactéria, ou seja, ele é capaz de introduzir uma enorme quantidade de ADNr na bactéria (*Escherichia coli*).

Características importantes são: cerca de um terço do seu genoma não é necessário e pode ser substituído por ADNr, o material será empacotado em partículas infecciosas do fago apenas se contiverem entre 40000 e 53000 pares bases de comprimento, limitação que pode ser usada somente para o ADN estranho.

Além dos plasmídios e dos bacteriófagos, ainda há outro vetor, o cromossomo artificial de bactéria (CAB), que consiste em moléculas de ADN designadas para clonagem de insertos muito grandes. Para inserir o CAB na célula utiliza-se a técnica de eletroporação. A bactéria utilizada para esse vetor deve ser de uma linhagem

mutante, a qual tenha certo comprometimento na membrana para facilitar a entrada de moléculas grandes de ADN.

As setas indicam os plasmídios. A molécula central é o cromossomo único da bactéria.

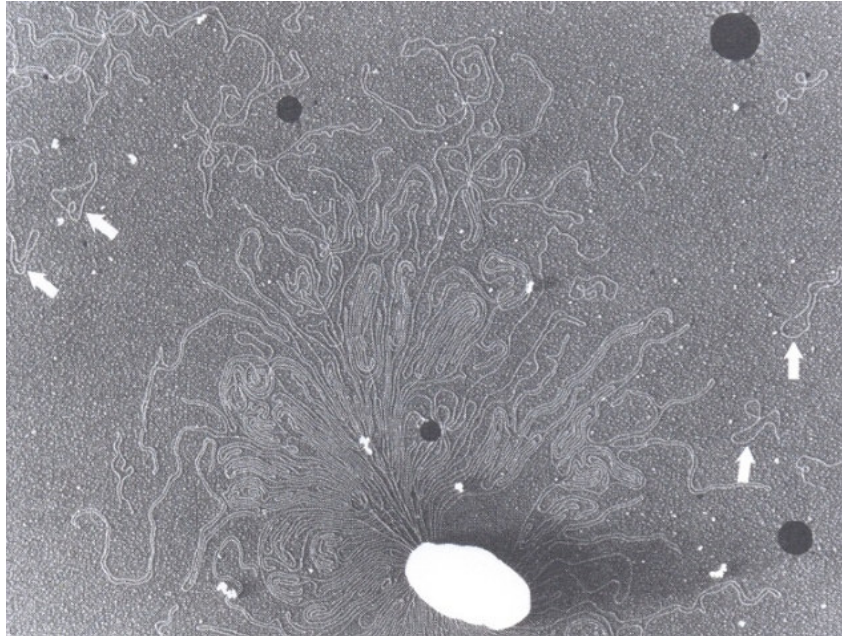


Figura 4

Fonte: Lehninger Princípios de Bioquímica

### 3.3 Ligação, transformação e clonagem

Após separação do gene específico a partir do genoma, o mesmo deve ser produzido em larga escala para possibilitar seu estudo ou ainda para que seja expresso dentro de outro sistema. A amplificação deste gene é feita pela clonagem em bactérias ou leveduras, o que significa criar uma população de células idênticas que contenha o material genético de interesse.

Primeiramente, o gene isolado é ligado (ligação) a uma pequena molécula de ADN transportadora (ou vetora), a ser inserido dentro da célula receptora, processo chamado de transformação. Existem alguns métodos alternativos para a transformação, entre eles a incubação do ADNr juntamente com as células hospedeiras, sendo em seguida submetidos a um choque térmico, de modo que desestabilize a parede celular bacteriana para entrada do vetor. Outra forma comum

é a utilização de um impulso de alta voltagem nas células incubadas, processo chamado de eletroporação.

### **3.4 Seleção dos clones**

Nem todas as células absorvem o vetor. Existe também a possibilidade de que algumas células absorvam vetores que não estejam recombinados ao gene de interesse (inserto). Para selecionar as colônias provindas de clones que receberam os vetores ligados aos insertos, portanto, é preciso que os vetores recombinantes inseridos nas células hospedeiras contenham marcadores (ou repórteres). É comum a utilização de dois genes repórteres: uma para indicar que as células receberam o vetor, e outro indicando que o vetor recebido contém o gene de interesse.

Para selecionar apenas as células que foram transformadas com o vetor, utiliza-se geralmente vetores que contenham um gene que dê resistência a antibióticos, como a tetraciclina. Para informar ainda quais células receberam o vetor recombinante, além do gene para resistência, o mesmo deve conter um gene forneça uma coloração específica à colônia. O sítio de clivagem da enzima recombinante que vai “abrir” o vetor (e que isolou o inserto) deve estar no meio do gene que fornece cor. Deste modo, após a transformação, as células serão cultivadas em um meio contendo antibiótico e substrato para coloração.

Somente crescerão clones que receberam o vetor, pois serão resistentes ao antibiótico. Existirão ainda dois tipos de colônias: um com coloração, provenientes dos clones com vetor que não recebeu o inserto, uma vez o gene “da cor” intacta, e outro sem coloração, proveniente dos clones que receberam o inserto, portanto interrompendo o gene “da cor”. Após a visualização das mesmas no meio, as colônias são escolhidas e novamente cultivadas, dando então certeza que todas as células possuem o material desejado.

O processo de clonagem é resumido abaixo e pode ser acompanhado nas figuras 5 e 6.

1. Clivagem (“corte”) do ADN em locais muito específicos, utilizando endonucleases (enzimas de restrição) específicas. A mesma enzima utilizada clivam também os vetores.

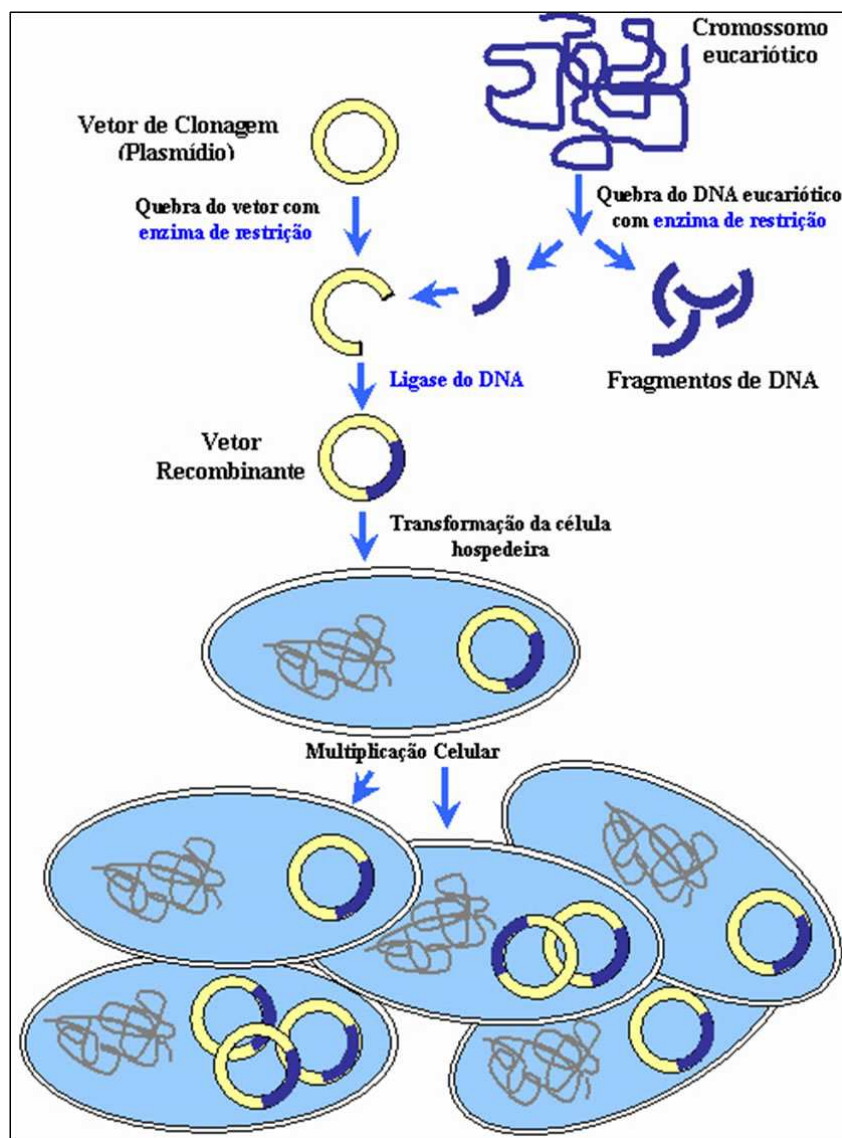
2. União dos seguimentos covalentes com a enzima ADN ligasse (enzima que une trechos do ADN). Deste modo, os genes isolados se ligam aos vetores (formando os ADNr's, ou ADN recombinates).

3. Transformação de células hospedeiras com os vetores ligados ao gene de interesse, a fim de que seja fornecida “a maquinaria enzimática” necessária para a replicação.

4. Seleção de colônias formadas por clones com os ADNr's de interesse.

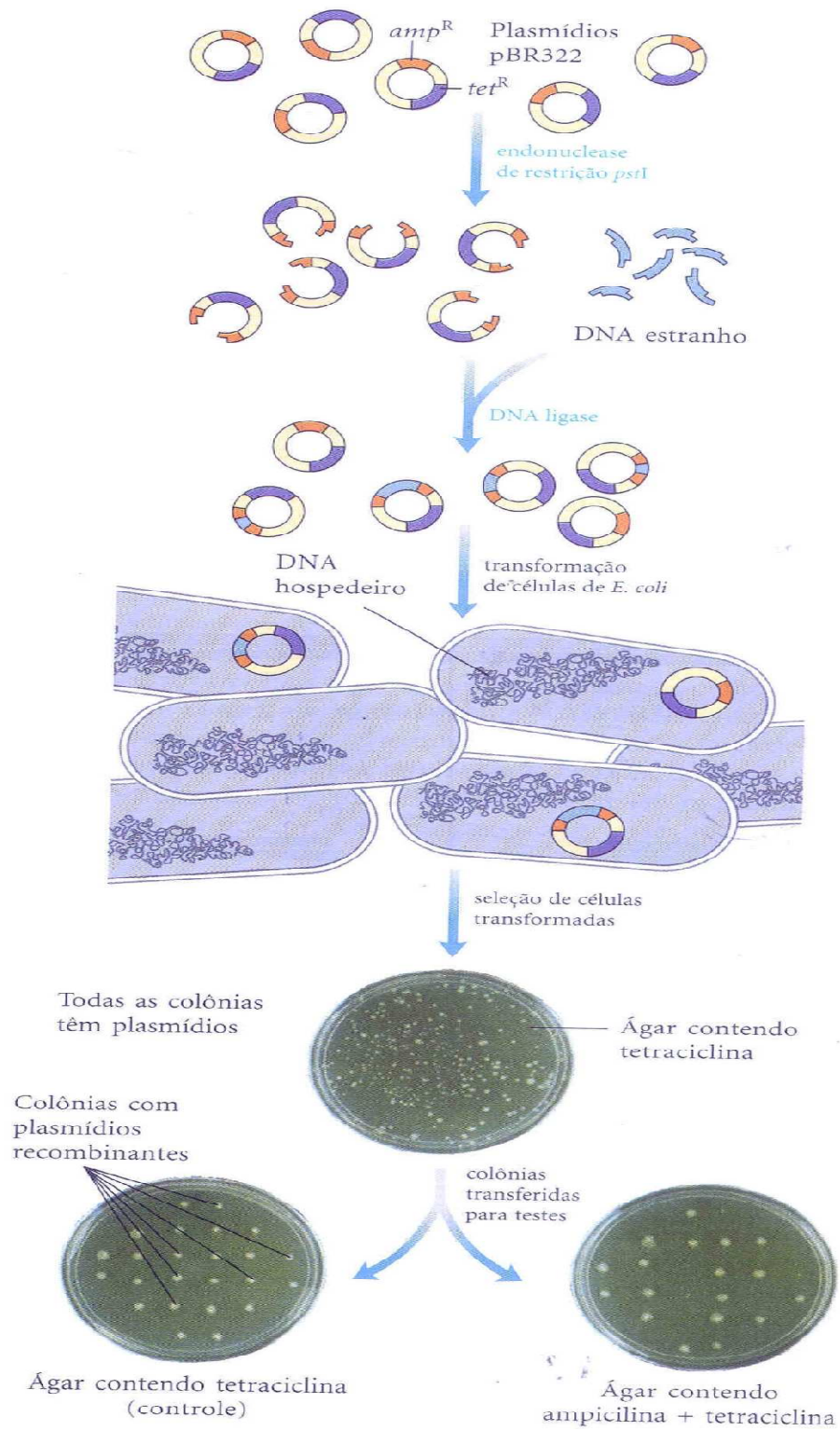
Figura 5

Esquema representando a formação de um vetor recombinante e a transformação de bactérias.



Fonte: <http://www.engenhariageneticabioq.page.tl/Clonagem-In-Vivo.htm>

Figura 6 - Esquema representando processo de clonagem e seleção das colônias de interesse.



Fonte: Lehninger Princípios de Bioquímica

## 4 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS

### 4.1. O que são alimentos Transgênicos

Em termos simples, são alimentos que foram modificados geneticamente em laboratório ou que receberam um ou mais genes de outros organismos.

Qualquer alimento que tenha sofrido alterações em sua estrutura genética, através da manipulação do homem, se enquadraria na categoria de transgênico.

A Lei n. 11.105, de 24 de março de 2005<sup>4</sup>, que regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal do Brasil, estabelecendo normas para o uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados, define os alimentos transgênicos da seguinte forma:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

[...]

**V – organismo geneticamente modificado – OGM: organismo cujo material genético – ADN/ARN tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética;** (grifo nosso)

Hoje, podem-se produzir alimentos geneticamente modificados introduzindo-se genes, inclusive de outros organismos vegetais e animais para o cultivo da soja, milho, cana de açúcar, dentre outros como canola, feijão e batatas.

É o que afirma SCHEP, em reportagem especial na revista VEJA (Edição 1826, 2003, p. 100):

Do ponto de vista científico, a transgenia impressiona, pois os cientistas encontraram uma forma de alterar a estrutura molecular das plantas e de enriquecê-las com genes de outras plantas ou até mesmo de bactérias em busca de um alimento com maior concentração de nutrientes ou mais resistente à ação das pragas. Pesquisadores indianos chegaram a um tipo de batata enriquecida com proteína. Nos Estados Unidos testam-se misturas de vegetais que podem, além de alimentar, combater doenças como hepatite B, cólera e diabetes. Como os produtos são desenvolvidos em laboratório, onde todos usam avental, é como se estivesse em curso uma "revolução branca".

<sup>4</sup> Lei 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências.

Este tipo de alimento já é uma realidade cotidiana, sendo usado no preparo de bolachas, cereais, óleo de soja, pães, massas, maionese, mostarda e papinhas para crianças, ocupando prateleiras de supermercados e disponíveis em nossas mesas para o consumo.

Apesar dessa proximidade na vida diária das pessoas, às vezes assustadora, é preciso analisar suas consequências na vida humana, na fauna, flora, ou seja, consequências naturais, sociais, políticas, econômicas e jurídicas, pois resta ainda uma boa sombra de dúvidas e incertezas sobre o tema.

#### **4.2. Evolução Histórica Dos Transgênicos.**

Sempre foi da natureza humana manipular e até mesmo controlar a natureza, e nessa ânsia a ciência tem realizado uma verdadeira revolução até mesmo social, pois na medida em que evolui trazendo novidade, vai lançando sobre a sociedade questões como, onde vai parar? Pode ser feito isso? E as consequências?

Mal a sociedade acaba de se acomodar em seus conceitos, algo novo surge para por em dúvida o que já estava posto ou modificar o que aparentemente nunca seria mudado.

Quem imaginou que um dia poderiam ser modificados nossos alimentos?

Mas muitas vezes nos esquecemos de acompanhar nossa própria história ou nossa evolução, pois assim verifica-se, fazendo o caminho inverso, o porquê dos acontecimentos.

Os primeiros experimentos referentes ao que posteriormente se chamou de Engenharia Genética foram realizados em 1860 pelo monge austríaco Gregor Mendel<sup>5</sup>, que promoveu o cruzamento de diferentes tipos de ervilhas para avaliar como as características de cada planta eram herdadas pelas gerações seguintes, trabalhos esses cruciais para o desenvolvimento e embasamento do que hoje se

---

<sup>5</sup> Gregor Johann Mendel (20 de julho de 1822 - 06 de janeiro de 1884) foi um tcheco-alemão agostiniano frade e cientista, que ganhou fama póstuma como a figura de proa da nova ciência da genética para o seu estudo sobre a herança de certas características em ervilha plantas. Mendel mostrou que a herança dessas características particulares segue as leis, que foram posteriormente nomeados após ele. A importância do trabalho de Mendel não foi reconhecido até a virada do século 20. A redescoberta independente dessas leis formou a base da moderna ciência da genética.

conhece como biotecnologia.

Segundo reportagem veiculada na revista *Scientific American Brasil*, as primeiras idéias quanto aos transgênicos, surgiram em 1972, no Havaí, quando dois cientistas americanos, Cohen e Boyer<sup>6</sup>, decidiram se engajar em uma nova pesquisa sobre genética.

Ambos estavam na cidade participando de um congresso sobre bactérias que tinham material genético<sup>7</sup> resistente a alguns antibióticos, e podiam ser transmitidos de uma bactéria para outra através da troca de plasmídios<sup>8</sup>. Como Cohen participava do estudo sobre essas bactérias resistentes e já havia estudado intensamente o material genético das mesmas, ficou interessado ao ler o trabalho de Boyer, que envolvia enzimas de restrição<sup>9</sup>, estando ligado, de certa forma, com o seu próprio estudo (dos plasmídios bacterianos).

Após uma “união de conhecimentos” Cohen e Boyer chegaram à conclusão que se um gene<sup>10</sup> que “expressa uma determinada proteína”, seja de qualquer genoma (humano, vegetal, bacteriano, entre outros), poderia ser inserido em um indivíduo que não o tivesse, sinalizando para que o mesmo fosse expresso de modo temporal e localmente controlado, sem causar grandes alterações em suas características gerais. Assim os pesquisadores perceberam que estavam prestes a quebrar uma barreira biológica, transferindo genes específicos de uma espécie para outra de forma artificial.

As pesquisas, de fato, tiveram seus primeiros resultados no ano de 1973, onde Cohen e Boyer, que lideravam uma equipe de pesquisa em Stanford e na University of California, respectivamente, conseguiram fazer a transferência de um gene de uma rã para uma bactéria com a técnica do ADN recombinante. A partir de

---

<sup>6</sup> Stanley Cohen, da Universidade de Stanford, e Herbert Boyer, da Universidade da Califórnia, em São Francisco, foram os primeiros, de acordo com Leite (2000), a recombinar trechos do DNA de uma bactéria após terem incluídos na seqüência um gene de rã, demonstrando, assim, que o código genético era, de fato, universal. Tal técnica foi intitulada de “DNA recombinante”.

<sup>7</sup> Conjunto de informações genéticas, ADN.

<sup>8</sup> Ocorre nas bactérias. É uma partícula de ADN circular, se encontra livre no citoplasma ou aderida no grande ADN. Podem corresponder a algumas características transmissíveis, ou seja, podendo ser transferido de uma bactéria a outra.

<sup>9</sup> são enzimas capazes de clivar o ADN entre seqüências específicas de nucleotídeo. Conhecendo-se a particularidade de cada enzima, é possível usa-las como ferramentas moleculares. São por isso também conhecidas como “tesouras moleculares”.

<sup>10</sup> são denominados genes as regiões do ADN que contém o código para a expressão de uma proteína

então a engenharia genética<sup>11</sup> começou a ganhar muita importância no cenário científico mundial aos poucos, chegando ao público como uma idéia de revolução nos conhecimentos do homem, assim como a domesticação do fogo e a fissão nuclear.

Muitos outros cientistas percorrem esse caminho, entre os quais o americano James Watson<sup>12</sup> e o inglês Francis Crick<sup>13</sup>, que em 1962 receberam o prêmio Nobel da Medicina pela descoberta da molécula de DNA, possibilitando o aprimoramento da clonagem molecular.

Assim, em 1986 iniciaram-se os primeiros experimentos com alimentos, modificando sua genética para fins de melhoria de sua qualidade, durabilidade e resistência, com início de sua comercialização em 1997. A partir dessa data são produzidos em diversos países do mundo, inclusive no Brasil.

Ilustrando, traz-se trecho de reportagem extraída da revista CUIDADOS PELA VIDA, que narra o histórico do cultivo dos alimentos transgênicos no mundo e no Brasil:

No mundo as experiências com cultivo de alimentos transgênicos começaram em 1986 e em 1997 cerca de 25 mil experimentos foram conduzidos em 45 países. A liberação para a comercialização de produtos geneticamente modificados deu-se a partir de 1997. No Brasil a discussão sobre os transgênicos começou a mobilizar a sociedade em 1995, depois que a Monsanto – uma das maiores empresas multinacionais da área de sementes – mostrou interesse em comercializar no país o seu novo produto, chamado de Roundup Ready – uma semente de soja transgênica. (Ano V, n.19, 2002, p.08)

Também a revista VEJA em reportagem especial, traz de forma clara o histórico do cultivo da soja transgênica em nosso país:

Nos últimos sete anos, os transgênicos vêm sendo cultivados em mais de quinze países. O Brasil é um deles. Planta-se soja modificada, no Rio Grande do Sul. O Brasil vai na contramão e se mantém em impávido silêncio. Mesmo sendo o país o segundo maior produtor mundial de soja, o governo não diz se plantar transgênicos é legal ou ilegal. Cansados de esperar, os agricultores gaúchos decidiram cuidar da vida. Atravessaram a fronteira com a Argentina e voltaram de lá com sementes transgênicas.

<sup>11</sup> A técnica do ADNr foi batizada, pela imprensa, de engenharia genética na década de 70, quando foi feita a primeira transferência de gene entre uma rã e uma bactéria. A mídia da época comparou esse importante avanço com situações, que no passado, trouxeram relevantes mudanças para sociedade, como a domesticação do fogo e a fissão nuclear.

<sup>12</sup> James Dewey Watson (Chicago, 6 de Abril de 1928) é um biólogo molecular, geneticista e zoologista estadunidense. É um dos autores do "modelo de dupla hélice" para a estrutura da molécula de DNA. O trabalho publicado em 1953 na revista Nature valeu-lhe o Nobel de Fisiologia/Medicina de 1962, juntamente com Francis Crick e Maurice Wilkins.

<sup>13</sup> Francis Harry Compton Crick OM FRS (8 de junho de 1916 - 28 de Julho de 2004) foi um Inglês biólogo molecular, biofísico e neurocientista, e mais conhecido por ser um dos dois codescobridores da estrutura do DNA molécula em 1953, juntamente com James D. Watson.

Resultado: calcula-se que 80% da soja plantada no Estado já sejam geneticamente modificadas. A realidade nacional ficou exótica. Os fazendeiros plantam e colhem a safra antes mesmo de haver legislação definitiva. Tornaram-se a versão rural dos sacoleiros, que contrariam as leis de forma descarada. (Edição 1826, 2003, p. 94)

Tanta “euforia” com a descoberta dos transgênicos não foi em vão, hoje sabemos que, por exemplo, a insulina é produzida por bactérias modificadas (antes a técnica que se utilizava para isolar insulina era complexa e demorada de mais, pois usava animais de grande porte: os suínos), como também alguns medicamentos produzidos no combate ao câncer e o hormônio do crescimento.

Mesmo assim ainda são grandes as perspectivas sobre os OGM's<sup>14</sup>.

Há várias especulações que começam desde a introdução de novos alimentos, roupas e até a um possível aumento da expectativa da vida humana, com a manipulação de genes ligados ao envelhecimento e na manutenção de genes que tornam as pessoas imunes contra doenças (exemplo: AIDS).

Sim, os transgênicos representam uma grande esperança para humanidade, visto o motivo de como e por que eles “surgiram”. Mas sabemos que o impacto dessa descoberta trouxe certo receio contraditório pelos OGM's no geral. Podemos até certo ponto, comparar o comportamento social em relação aos transgênicos com a clonagem, por ambos esbarram em questões éticas; científicas, sociais e religiosas.

Além de toda questão social acerca dos transgênicos, o meio científico não tem demonstrado muitas certezas acerca dos transgênicos, há ainda hoje pesquisadores que afirmam que eles já foram testados suficientemente para serem expostos ao público, ao passo que há outros que afirmam que se deve ter mais cautela ao se tratar desse assunto, pois não há comprovação convincente acerca da veracidade dos benefícios ou malefícios destes OGM's, gerando ainda mais polêmica. Somam-se a estes os argumentos, baseados na teoria de Darwin, que afirmam que os seres vivos se constituem como hoje são, devido ao processo lento e gradual da Seleção Natural, sendo assim imprevisível em curto prazo a introdução

---

<sup>14</sup> OGM é definido por todo e qualquer organismo que sofre alguma interferência humana em seu genoma. Seja pelo simples melhoramento genético (técnica que consiste em cruzar os organismos até que se tenha o melhor genoma selecionado), seja pela manipulação direta dos genes a partir da Engenharia Genética. A primeira ainda é comumente utilizada na pecuária e na agricultura, entre outros, desde que a humanidade passou a cultivar plantas e animais. Por tanto, nestes casos, não é necessário que haja a manipulação direta dos genes, como no caso do gado que tem seu sêmen valorizado pela técnica genética acima explicitada. Na verdade é um erro conceitual classificar OGM como transgênico, embora todos sejam OGM's. Contudo nem todos OGM's são transgênicos.

de um organismo geneticamente modificado no meio ambiente.

Para citar um exemplo de como a comunidade científica tomou precauções sobre os transgênicos, em junho de 1974, um grupo de renomados geneticistas publicou na *Science* (vol. 185, p. 303) uma proposta de “uma pausa” nas pesquisas de engenharia genética até que se tenha uma auto-regulamentação gerando regras para esse gênero de pesquisa. Em decorrência a esta publicação foi organizada a Conferência Alsiomar<sup>15</sup>, na Califórnia, na qual se recomendou que os experimentos pudessem ser retomados, mas obedecendo alguns métodos de contenção para reduzir os riscos, ainda presumidos, na manipulação genética.

Essas conclusões foram novamente publicadas na mesma revista, *Science* (vol. 188, p. 991) em junho de 1975.

O acontecimento desta conferência foi tão reconhecido que mesmo os pioneiros na técnica admitiram a necessidade das regulamentações, pois, segundo eles, “esse novo conhecimento” colocava as pesquisas de transgenia em uma área biológica com muitas incógnitas e incertezas.

As opiniões no meio eram tão divergentes que em Cambridge e uma região da Grande Boston reconhecida por abrigar a Universidade de Harvard e o Instituto Tecnológico de Massachusetts, foram palco de uma “briga”, onde cientistas da área e que compartilhavam os mesmos corredores dos laboratórios, deixaram de se falar por terem opiniões muito divergentes. Em consequência dessas desavenças o público dessa região se engajou em parte da discussão, onde foi feito até barricadas para impedir o acesso aos laboratórios de biologia molecular, conforme relato de Marcelo Leite em artigo publicado na Folha Explica em 2000.

Embora a discussão sobre a engenharia genética estivesse bastante “acalorada”, alguns anos depois quando a técnica possibilitou a produção de insulina, de hormônio do crescimento e de interferon através de bactérias transgênicas, não houve nenhuma manifestação de dúvida ou desacordo com a sua aplicação, pois essas substâncias têm uma grande relevância para a Medicina e antes da técnica eram difíceis e muito mais caras de serem produzidas.

Assim, nos parece bastante claro um paradoxo: se da mesma maneira que os alimentos OGM's tiveram seus genomas modificados, as bactérias que produziram essas substâncias também o tiveram, logo toda a crítica relacionada aos alimentos

---

<sup>15</sup> Alsiomar é o nome da cidade onde foi realizada a conferência

serviria para essas bactérias “produtoras de medicamentos”, entretanto a discussão atual parece estar focada diretamente nos animais e vegetais modificados.

### 4.3 Histórico dos Transgênicos no mercado Mundial

Após a criação de bactérias geneticamente modificadas por transgenia<sup>16</sup> capazes de sintetizar em escala industrial proteínas humanas em biorreatores<sup>17</sup>, a lucratividade com as empresas que possuíam a tecnologia se tornou altamente promissora. Por exemplo, a Genentech<sup>18</sup> teve disparado no valor dos seus papéis em Wall Street: apenas trinta minutos foram necessários para suas ações subirem mais de 254% por unidade.

Para expressar como era grande o entusiasmo com essa nova tecnologia, essa mesma empresa fechou o dia do pregão com US \$ 36 milhões, mesmo sem ter vendido ainda nenhum produto, de acordo com Marcelo Leite em artigo publicado na Folha Explica em 2000.

Para garantir que os produtos fizessem definitivamente parte do mercado, foi aceito a primeira patente de um ser vivo, em 1980, a uma bactéria capaz de digerir petróleo derramado em acidentes. Esta foi uma importante vitória para que os transgênicos pudessem, aos poucos, chegar até o consumo comum.

No cenário nacional os transgênicos começaram a ter possibilidade de chegar diretamente ao consumidor somente a partir do segundo semestre de 1998, onde a opinião pública brasileira deu início às discussões sobre o assunto.

Nos jornais, revistas e canais de televisão os OGM's estavam sendo assuntos obrigatórios e estimulavam a população a fluir todo seu imaginário que, ligado à ignorância no assunto, entendiam os transgênicos como formas de vidas estranhas, a exemplo de algumas charges e quadrinhos (figura 7).

---

<sup>16</sup> Foi utilizada a bactéria *Escherichia coli* para a introdução de genes que produzem essas substâncias em escala industrial, pois elas são bem estudadas e estão presentes em grande quantidade no intestino humano.

<sup>17</sup> São espécies de tanques que comportam a substância produzida, podem ser também animais produtores.

<sup>18</sup> Genentech Inc., ou Genetic Engineering Technology, Inc., é uma biotecnologia empresa, fundada em 1976 pelo capitalista de risco Robert A. Swanson e bioquímico Dr. Herbert Boyer. É considerado ter fundado a biotecnologia indústria. Um dos seus fundadores, Boyer, é considerado um pioneiro no campo de DNA recombinante tecnologia.

Figura 7 – Exemplo de charges veiculadas sobre produtos de consumo de origem transgênica



Já no ano de 1998, a CTNBio<sup>19</sup> recebeu o primeiro pedido de liberação da empresa Monsanto<sup>20</sup> para o comércio da soja OGM *Roundup Ready*, resistente ao herbicida *Roundup*<sup>21</sup>, fabricado pela mesma empresa. O pedido foi aceito, pois segundo a Comissão Técnica, não havia nenhum problema de biossegurança. Mas em setembro do mesmo ano o Idec<sup>22</sup> e o Greenpeace<sup>23</sup> conseguiram uma liminar que sustava o plantio.

A partir dessa primeira liberação, várias liminares e recursos sobre os transgênicos começaram a ser concedidas, mas enquanto o comércio da soja era proibido, sementes eram contrabandeadas para ao Sul do Brasil, provavelmente da Argentina. Com aquela indefinição nas leis e o contrabando de sementes, várias manobras políticas foram tomadas no país, como a do ministério da Ciência e Tecnologia, sendo substituído o ministro Luis Carlos Bresser Pereira (favorável aos transgênicos,) por Ronaldo Sardenberg (mais moderado).

O segundo adiamento do plantio de soja transgênica no Brasil mostrou que o país queria evitar o exemplo da Argentina, que aceitou a novidade biotecnológica, que já constavam no ano de 1997 com 80% de sua plantação transgênica contra os então 55% dos EUA e 10% do Canadá.

No âmbito internacional, a região onde a reação aos alimentos transgênicos estava mais intensa foi na Europa e Ásia, onde haviam ocorrido dois graves e

<sup>19</sup> Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

<sup>20</sup> A Companhia Monsanto é uma indústria multinacional de agricultura e biotecnologia. É a líder mundial na produção do herbicida glifosato, vendido sob a marca *Roundup*. Também é, de longe, o produtor líder de sementes geneticamente modificadas (transgênicos), respondendo por 70% a 100% do *market share* para variadas culturas. A Agracetus, subsidiária da Monsanto, se concentra na produção de soja *Roundup Ready* para o mercado. No Brasil, sua sede está instalada na cidade de São Paulo, e compreende também a indústria de sementes *Agrocetes*. Em setembro de 2007 a companhia comprou a Agroeste Sementes, uma empresa brasileira de sementes de milho, além de já possuir a brasileira Monsoy desde 1997. A Agroeste produz sementes para agricultores de todo o Brasil.

<sup>21</sup> Nome genérico: glifosato

<sup>22</sup> Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor

<sup>23</sup> Organização ambientalista é uma ONG

recentes problemas (em relação a chegada dos transgênicos) de saúde envolvendo os alimentos: a Dioxina<sup>24</sup> e a BSE<sup>25</sup>.

Em razão disso, o Reino Unido, país onde ocorreu a BSE, teve o maior destaque na reação contra os OGM's, pois se entendeu que a maior parte de seus alimentos (industrializados) era composta por soja importada de sua ex-colônia, provocando assim certo pânico nos consumidores.

Embora, na década de 90, os Estados Unidos tivessem 55% (atualmente por volta de 80 e 90%) da sua plantação sendo transgênicas, estas culturas já haviam sido autorizadas desde 1995 sem nenhuma restrição de rotulação especial. O debate sobre eles só começou a ter relevância no país no ano 2000, relativamente mais tardio que o Brasil.

Assim, os transgênicos entraram de fato no cenário mundial, onde encontrou oposição principalmente de ambientalistas e incentivos de alguns setores da sociedade científica que pregavam o *laissez-faire*<sup>26</sup> das novas tecnologias.

---

<sup>24</sup> Substância altamente perigosa para o organismo humano.

<sup>25</sup> Conhecida como Doença da Vaca Louca, é transmitida pela ração com carcaça de animal contaminado (ovelhas).

<sup>26</sup> Política de negligência, não interferindo na ação.

## 5 LEGISLAÇÃO DA BIOSSEGURANÇA

### 5.1 Legislação internacional

A regulamentação dos transgênicos na União Européia foi feita de modo comunitário no início de 1990, visando proteção à saúde de seus cidadãos e ao meio ambiente perante o mercado da biotecnologia que começava a se desenvolver. A normatização européia é composta por: Regulamento nº 1.829/2003; Regulamento nº 1.830/2003; Regulamento nº 18/2001; Regulamento nº 178/2002; Diretiva nº 18/2001; e Regulamento nº 172/2002 (ANES, 2005).

Segundo esta regulamentação, antes da colocação no mercado os produtos que contenham OGMs é necessária uma notificação à autoridade competente do Estado-membro, onde o OGMs foi inserido pela primeira vez. É necessária também a autorização da autoridade estatal. No seu artigo 21, afirma que os estados membros devem tomar as devidas medidas para assegurar a rotulagem de OGMs e de produtos que os contenham.

Objetivando elevar o nível de proteção da vida e da saúde dos seres humanos e proteger os interesses dos consumidores, através da garantia de boas práticas comerciais no setor de alimentos, criou a Autoridade Européia para a segurança dos alimentos e estabeleceu as diretrizes gerais que regem a legislação alimentar no âmbito europeu.

Para alcançar seus objetivos, a autoridade emitira pareceres científicos que serão elaborados por seus painéis e comitês, dentre os quais se encontra o painel dos OGMs que tem competência para se manifestar sobre o assunto no âmbito da União Européia. Portanto, encontra-se vinculada á aprovação e a liberação dos OGMs (ANES, 2005).

Nos Estados Unidos da América, a legislação e regulamentação da utilização de técnicas para a elaboração de OGMs e o consumo destes produtos é a mais flexível que existe no mundo. Os componentes transgênicos em alimentos são considerados neste país como aditivos, não precisando passar sequer pela aprovação do FDA (*Food and Drug Administration*), órgão responsável pela

realização de testes de segurança em produtos geneticamente modificados a serem colocados no mercado de consumo (ANES, 2005).

As empresas norte americanas de biotecnologia persuadiram a FDA a considerar que os alimentos transgênicos não passam de substâncias equivalentes aos alimentos tradicionais, o que exime os produtores de alimentos de submeter seus produtos aos testes normais da FDA e da Agencia de Proteção Ambiental (EPA) e deixa a critério das empresas rotularem ou não seus produtos como transgênicos. Assim, a população não é informada sobre a rápida disseminação de alimentos transgênicos e os cientistas têm muito mais dificuldade para identificar os possíveis efeitos nocivos.

## **5.2 No Brasil - Lei Nº 11.105, 24/03/05**

Estas novas possibilidades no campo da genética passaram a preocupar governos e grande parte das sociedades envolvidas, pois se o processo for mal direcionado poderá prejudicar o patrimônio genético, inclusive irremediavelmente. Por este motivo já há previsão legal tutelando as atividades desta nova ciência.

No Brasil o controle legal da engenharia genética está previsto no art. 225, §1º, II, da Constituição Federal, onde diz que é dever do Poder Público preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético.

Assim, o Poder Público tem o dever de preservar a diversidade e integridade do patrimônio genético, bem como o dever de fiscalizar os pesquisadores que manipulam material genético e ainda são obrigados a controlar os métodos, atividades e comercialização de produtos ou substâncias que possam causar danos ao meio ambiente, incluindo aí os relacionados à manipulação genética.

Posteriormente, a Lei 8.974, de 5 de janeiro de 1995 (Lei da Biossegurança) veio regulamentar os incisos II e V do parágrafo 1º do citado artigo constitucional, estabelecendo normas para uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados.

A Lei de Biossegurança (Lei 11.105/05) foi aprovada pelo Congresso e sancionada com sete vetos pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva no dia 24 de

março de 2005. O decreto que regulamenta dispositivos dessa lei (nº 5.591/05) foi assinado por Lula no dia 22 de novembro do mesmo ano.

A legislação disciplina o plantio e a comercialização de organismos geneticamente modificados (OGM), também conhecidos como produtos transgênicos, e autoriza o uso de células-tronco de embriões humanos para pesquisas.

A legislação proíbe engenharia genética em organismo vivo ou manejo *in vitro*, natural ou recombinante, de ácido desoxirribonucléico (ADN) e ácido ribonucléico (ARN) - materiais genéticos que contêm informações determinantes dos caracteres hereditários transmissíveis à descendência. É proibida ainda a engenharia genética em célula germinal humana, zigoto humano e embrião humano, bem como a clonagem humana.

Por essa legislação, é obrigatória a investigação de acidentes ocorridos no curso de pesquisas e projetos na área de engenharia genética, bem como o envio de relatório sobre o caso às autoridades de saúde pública no prazo máximo de cinco dias a contar da data do evento.

A Lei 11.105/05 também criou o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), vinculado à Presidência da República, para formular e implementar a Política Nacional de Biossegurança (PNB), e reestruturou a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Compete ao CNBS fixar princípios e diretrizes para a ação administrativa dos órgãos e entidades federais com competências sobre a matéria; analisar, a pedido da CTNBio, a conveniência e oportunidade de pedidos de liberação para uso comercial de OGM e seus derivados; e decidir, em última e definitiva instância, a respeito de processos relativos a atividades que envolvam o uso comercial de OGM e seus derivados. A lei define como OGM os organismos cujo material genético tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética.

A CTNBio, que integra o Ministério da Ciência e Tecnologia, deverá acompanhar, de acordo com a lei, o desenvolvimento e o progresso técnico e científico nas áreas de biossegurança, biotecnologia, bioética e afins, com objetivo de aumentar sua capacitação para a proteção da saúde humana, dos animais, das plantas e do meio ambiente. Cabe também ao órgão estabelecer normas técnicas de segurança para atividades que envolvam pesquisa e uso comercial de OGM e seus derivados.

A legislação também institui normas de segurança e mecanismos de fiscalização para construção, cultivo, produção, manipulação, transporte, importação, exportação, armazenamento, comercialização e consumo de OGM, bem como penas de multa e detenção para quem descumprir as regras gerais estabelecidas, que podem chegar a cinco anos com acréscimos, dependendo da infração cometida.

A maior pena - reclusão de dois a cinco anos e multa - é aplicada para quem realizar clonagem humana e também utilizar, comercializar, registrar, patentear e licenciar tecnologias genéticas de restrição de uso. As penas podem ser dobradas caso resultem na morte de alguém.

### **5.2.1. Normas de Segurança no Brasil**

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) foi criada através da Lei n 8.974, de janeiro de 1995, que foi modificada pela MP n 2.291-9 de 23 de agosto de 2001.

Criada no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia, a CTNBio é uma instância colegiada multidisciplinar, com a finalidade de prestar apoio técnico consultivo e de assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa à OGM, bem como no estabelecimento de normas técnicas de segurança e pareceres técnicos conclusivos referentes à proteção da saúde humana, dos organismos vivos e do meio ambiente, para atividades que envolvam a construção, experimentação, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, armazenamento, liberação e descarte de OGM e derivados. (CTNBio)

É importante ressaltar que todas as etapas de desenvolvimento de um OGM, desde a obtenção da planta geneticamente modificada até os testes com animais, quando efetuados em território nacional, devem ser realizados em estabelecimento que possuam o CQB (Certificado de Qualidade em Biossegurança) e o CIBio (Comitê Interno de Biossegurança), estabelecidos pela Instrução Normativa n 1 da CTNBio.

O Brasil está no mesmo patamar dos países da União Européia, Austrália, Nova Zelândia e Japão, que exigem rigorosa avaliação de segurança alimentar de

plantas geneticamente modificadas e seus derivados, antes mesmo que os mesmos possam ser cultivados, comercializados e importados.

Tal afirmação baseia-se na Instrução Normativa n 20 da CTNBio, que é específica quanto à segurança alimentar de plantas geneticamente modificadas ou suas partes, destinadas ao consumo humano ou animal, sejam elas produzidas, importadas ou comercializadas no nosso país.

Estabelece as questões a serem respondidas pelos proponentes do produto e apresenta um fluxograma que estabelece os procedimentos de avaliação de segurança alimentar, podendo a CNTBio ainda solicitar informações adicionais.

## 6 ROTULAGEM DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS

À medida que o comércio internacional de alimentos geneticamente modificados se intensifica, observa-se a crescente necessidade de se distinguir alimentos GM daqueles que não o foram.

Em vários países, a legislação para a rotulagem de alimentos estabelece limites permissíveis de OGM'S. Assim, alimentos que contêm ingredientes GM em níveis acima do permitido devem ser rotulados como "geneticamente modificados".

Na União Europeia, alimentos que contêm uma porcentagem superior a 1% de soja ou milho geneticamente modificado devem ser rotulados.

No Japão, foi estabelecido o nível de 5% para a soja e, no caso do milho, devido a potencial polinização cruzada, nenhuma porcentagem foi estabelecida.

Na Austrália e na Nova Zelândia, para que não seja necessária a rotulagem, definiu-se em 1% o limite da presença de qualquer alimento geneticamente modificado já aprovado para o consumo; acima desse limite a rotulagem é obrigatória.

Nos EUA, não existe nenhum requerimento obrigatório para a rotulagem de alimentos geneticamente modificados.

A FDA<sup>27</sup> mantém a posição de que, se alimentos GM são substancialmente equivalentes aos seus análogos convencionais, nenhum tipo de rotulagem é requerido, a não ser nos casos em que o conteúdo nutricional tenha sido alterado ou quando o produto contém alergênicos conhecidos. (NUTTI Mr; WATANABE E, 2004).

Se olharmos com atenção para as prateleiras de nossos supermercados, veremos inúmeros alimentos que utilizam a biotecnologia em seus processos de produção. Nos queijos industrializados, a transgenia é feita há mais de 20 anos, quando se introduziu a proteína quimosina.

---

<sup>27</sup> FDA (Food and Drug Administration) é o órgão governamental dos Estados Unidos da América que faz o controle dos alimentos (tanto humano como animal), suplementos alimentares, medicamentos (humano e animal), cosméticos, equipamentos médicos, materiais biológicos e produtos derivados do sangue humano. Qualquer novo alimento, medicamento, suplemento alimentar, cosméticos e demais substâncias sob a sua supervisão, é minuciosamente testado e estudado antes de ter a sua comercialização aprovada. Foi criada em 15 de maio de 1862 como a Divisão de Química do Departamento da Agricultura. Tem a actual designação desde 27 de maio de 1930.

Cervejas, vinhos, iogurtes, complexos vitamínicos, biscoitos, embutidos cárneos, todos podem conter algum ingrediente transgênico.

Além da soja e do milho que plantamos no Brasil, também importamos derivados de milho e canola da Argentina e dos EUA, onde a maioria desses plantios é transgênica.

Assim, é de se esperar que nossos supermercados ofereçam bem mais alimentos transgênicos do que podemos perceber.

## **6.1 Rotulagem dos Alimentos no Brasil**

Sobre a rotulagem dos alimentos nos supermercados, existe uma obrigação legal no Brasil de que eles sejam rotulados se contiverem mais de 1% de ingredientes transgênicos.

O Decreto 4.680, de 24 de abril de 2003, estabelece que tanto os produtos embalados como os vendidos a granel ou in natura, que contenham, ou seja, produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, com presença acima do limite de 1% do produto, deverão ser rotulados e o consumidor deverá ser informado sobre a espécie doadora do gene no local reservado para a identificação de ingredientes.

O decreto também estabelece que os alimentos e ingredientes produzidos a partir de animais alimentados com ração contendo ingredientes transgênicos deverão ser rotulados com a seguinte expressão: “(nome do animal) alimentado com ração contendo ingrediente transgênico” ou “(nome do ingrediente) produzido a partir de animal alimentado com ração contendo ingrediente transgênico”.

Estabelece ainda que as expressões “podem conter soja transgênica” e “pode conter ingrediente produzido a partir de soja transgênica” deverão constar do rótulo, independentemente do percentual da presença de soja transgênica, exceto se a soja ou ingrediente a partir dela produzido seja oriundo de região excluída pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do regime da MP N 113, de 26 de março de 2003, ou de produtores e fornecedores de soja que obtenham a certificação estabelecida por essa mesma MP.

Além destas informações, produtos transgênicos também devem conter em seu rótulo um selo amarelo, em forma de triângulo, com a letra T conforme demonstrado na figura 8:



Figura 8: Selo de alimentos transgênicos.

Os motivos alegados para a rotulagem baseiam-se no Artigo 31 do Código de Defesa do Consumidor que determina que produtos devam ter informações precisas sobre a possibilidade de causar riscos à saúde e segurança dos consumidores.

## 7 A PROBLEMÁTICA DOS TRANSGÊNICOS NA ATUALIDADE

São poucos os temas discutidos num clima de tanta paixão e irracionalidade quanto à transgenia, o que é totalmente compreensível e aceitável, pois estes representam uma ruptura cultural sem precedentes na história da humanidade, e um desafio à crença segundo a qual o homem pode pagar caro se mexer naquilo que Deus fez, e que o acerto de contas viria em forma de vingança da própria natureza.

Deve-se, portanto elencar quais os aspectos gerados pela transgenia, suas conseqüências, para que ao final se possa analisar melhor o tema com a imparcialidade que é exigida.

### 7.1 Aspectos Positivos

A questão dos transgênicos envolve aspectos positivos e defendidos por alguns grupos sociais como o enriquecimento e melhoramento genético dos alimentos.

Veja-se trecho de artigo publicado na revista Cuidados Pela Vida, 2002:

Um alimento modificado, por exemplo, poderá ser enriquecido com um componente nutricional essencial. No caso do feijão, é possível ser inserido o gene da castanha do Pará e, com isso, o alimento passa a produzir metionina, um aminoácidoessencial para a vida. O arroz, ao ser modificado geneticamente produz vitamina A. Um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) adicionado ao milho o torna resistente a insetos. A soja poderá sofrer alterações para ficar mais protéica. O tomate, um dos pioneiros entre os transgênicos, amadurece lentamente, dura mais tempo nas prateleiras e adquire melhor sabor. No caso das frutas, hortaliças e flores, podem ser inseridos genes que aumentam a sua durabilidade, permitindo o transporte a longas distâncias.

Refere-se ainda, sobre o aumento da resistência dos alimentos geneticamente modificados, redução de custos e aumento de produção, veja-se:

Outro aspecto importante refere-se ao fato de que as modificações genéticas aplicadas às plantas podem torná-las mais resistentes ao ataque de insetos e pragas e ainda, a

alterações climáticas como seca e geada. Isso garante uma produção estável de alimentos, reduzindo também os preços para o consumidor final e os custos de produção para o agricultor.

O atrativo é o aumento de lucratividade, onde as empresas oferecem aos fazendeiros lucro que pode ser de até 25% maior do que aquele que obteriam se cultivassem a lavoura com sementes comuns, por exigirem as lavouras transgênicas menos agrotóxicas e facilitação de seu trato.

A vantagem da transgenia, no caso da soja já comercializada com essa característica, é que ela é resistente a aplicação de um herbicida para exterminar as erva daninha, tornando assim a plantação mais produtiva para o agricultor.

Ter-se-ia, portanto a possibilidade de desenvolver espécies com características desejáveis, tais como, maior resistência dos alimentos ao armazenamento por períodos mais longos, frutas que permanecem com sua consistência e sabor inalterados por vários dias em temperatura ambiente, alteração do valor nutricional como, por exemplo, a produção de tomate com maior quantidade de licopeno.<sup>28</sup>

Em suma, as Vantagens dos Alimentos Transgênicos são:

- Aumento da produção;
- Maior resistência à pragas (vírus, fungos, bactérias e insetos);
- Resistência aos agrotóxicos;
- Aumento do conteúdo nutricional;
- Maior durabilidade e tempo de estocagem;
- Aumento da produção de alimentos;
- Melhoria do conteúdo nutricional, desenvolvimento de nutricênicos (alimentos que teriam fins terapêuticos);
- Maior resistência e durabilidade na estocagem e armazenamento

## 7.2 Aspectos negativos

---

<sup>28</sup> uma substância que exerce proteção contra o câncer de próstata e, maior produção agrícola.

Quanto à possibilidade do DNA inserido trazer malefícios ao homem, há a possibilidade, mas a chance estatística é a que tem uma pessoa de ser atingida por um raio ao atravessar um campo de futebol numa tarde de chuva.

Trata-se de hipótese cientificamente possível, mas estatisticamente improvável. Há a possibilidade de que seja incorporado de alguma forma pelo corpo humano e desenvolva alguma doença.

Quanto ao risco de o homem adquirir resistência a antibióticos, o que se sabe é que o antibiótico, se utilizada de forma incorreta ou descontrolada, pode aumentar a resistência de algumas dessas bactérias. Em caso de doença, reduz-se a gama de antibióticos que atuem de forma eficaz contra a bactéria causadora do mal.

É diferente com os transgênicos. Os grãos transgênicos possuem um gene resistente a um antibiótico, e não o antibiótico em si. Em sete anos de consumo em larga escala de alimentos transgênicos, principalmente soja, milho e canola, nunca foi registrado um só caso de doença relacionada ao produto geneticamente modificado.

Ainda, quanto à possibilidade de alteração na cadeia de DNA humana seria improvável, pois o DNA das plantas transgênicas em geral não é modificado de forma aleatória, mas controlada. No processo digestivo, o DNA do transgênico é fragmentado, da mesma forma que o DNA presente em pêlos de ratos e restos de baratas identificados em diversos alimentos convencionais, até mesmo em orgânicos.

Sobre a possibilidade de o vento espalhar as sementes contaminando outros lugares, facilitando o cruzamento com espécies naturais, originando uma mutação o que se constatou até o momento é que, em alguns casos, ervas daninhas se cruzam com as plantas transgênicas e adquire suas características, como a resistência a um inseticida ou a herbicidas.

Sobre os possíveis efeitos no solo, Diogo Schelp em seu artigo publicado na Revista Veja, assim afirma:

“a maior parte do DNA é destruída durante o processo de decomposição natural da planta, mas há uma pequena possibilidade de que seus genes sejam incorporados por microrganismos que vivam ao redor de sua raiz. Ou seja, as bactérias que habitam o solo podem adquirir os genes das plantas, sejam elas transgênicas ou não transgênicas. No caso dos alimentos modificados, que muitas vezes recebem o gene de uma bactéria, a dúvida é o que poderia acontecer se os genes adquiridos pela bactéria que mora no solo forem justamente aqueles que pertenciam a outra bactéria. Os estudos

realizados em lavouras sugerem que o efeito desse processo tende a ser insignificante para o microrganismo, mas os cientistas recomendam que o fenômeno deve ser analisado com mais profundidade”.

Arrematando, quanto ao prejuízo à fauna afirma o mesmo Jornalista:

“em algumas plantações de grãos modificados, a população de minhocas, mariposas e outros insetos registrou uma pequena redução. No que diz respeito a eventuais conseqüências em outros animais que se alimentaram de sementes transgênicas, não se descobriu até o momento nenhuma alteração no mapa genético original nem mesmo a ocorrência de alguma doença”.

Segundo Josefina B.R. Monteiro, em sua Obra Risco e Benefícios dos Alimentos (2003), as empresas de biotecnologia afirmam que fizeram testes suficientes para comprovar que tanto o cultivo quanto à ingestão de alimentos transgênicos são seguros. Ocorre que, a soja, de 100 a 200 mil genes foram estudados 20 genes, ou seja, 0,02%, sendo o certo mapear todos os genes, decifrando a função de cada um, para que pudesse fazer alterações controladas.

A autora chega a mencionar que os cientistas não sabem o que estão fazendo, modificando mais de uma característica do organismo vegetal. Exemplo disso teria ocorrido no Japão, que protagonizou a maior catástrofe decorrente da utilização de organismos geneticamente modificados. Em 1989, 5000 pessoas ficaram doentes, 1500 se tornaram permanentemente inválidas e 37 morreram devido ao consumo de um suplemento alimentar, o triptofano.

A empresa Showa Denko<sup>29</sup> alterou geneticamente uma bactéria natural visando à produção mais eficiente de triptofano. Conforme Josefina B.R. Monteiro, a manipulação fez a bactéria produzir uma substância altamente tóxica, que só foi detectada quando o produto já estava no mercado.

Traz mais ainda, afirmando que com relação à saúde humana, o aparecimento de alergias provocadas por alimentos geneticamente modificados; o aumento da resistência a antibióticos e o aparecimento de novos vírus, mediante a recombinação de vírus “engenheirados” com outros já existentes no meio ambiente.

Considerando os recentes resultados da pesquisa realizada em Londres por Arpad Pusztai, cientista então do Rowett Research Institute (Aberdeen, Escócia) na qual foi evidenciada a ocorrência do enfraquecimento do sistema imunológico, assim como danos em órgãos vitais de ratos alimentados com batatas geneticamente modificadas torna o tema no mínimo controverso.

---

<sup>29</sup> Showa Denko KK é uma empresa líder japonesa de engenharia química.

Assim, em breve resumo os pontos negativos dos alimentos transgênicos são:

- Aumento das reações alérgicas;
- As plantas que não sofreram modificação genética podem ser eliminadas pelo processo de seleção natural, pois, as transgênicas possuem maior resistência às pragas e pesticidas;
- Aumento da resistência aos pesticidas e gerando maior consumo deste tipo de produto;
- Apesar de eliminar pragas prejudiciais à plantação, o cultivo de plantas transgênicas pode, também, matar populações benéficas como abelhas, minhocas e outros animais e espécies de plantas.

## 8 APLICAÇÕES DA MANIPULAÇÃO GENÉTICA NOS ALIMENTOS

Em um primeiro momento os OGMs foram desenvolvidos com o objetivo principal de reduzir os custos de produção na agricultura e ampliar os ganhos na agroindústria mediante o desenvolvimento de vegetais resistentes a pragas ou tolerantes a agrotóxicos. Sua comercialização envolveu grandes polêmicas, principalmente na Europa, por parte de ambientalistas (preocupados com o impacto decorrente da introdução destes produtos no meio ambiente), agricultores e esquerdistas, que viam os OGMs como a concretização de interesses estritamente econômicos, pelo monopólio da produção de grãos.

Já em uma segunda fase, os laboratórios progrediram para genes que aumentam o valor nutricional dos alimentos programado para serem menos nocivos à saúde humana. Simultaneamente, uma terceira geração surge a fim de combater doenças infecciosas, com plantas que produzirão alimentos vacina, munidos de antígenos capazes de combater várias doenças.

Em geral os alimentos transgênicos visam à produção de novos alimentos, que sejam mais resistentes à variação de temperatura, a pragas e doenças, que tolerem agrotóxicos, estejam isentos de certas toxinas ou alergênicos, incorporem valor agregado (contendo modificação em proteínas, vitaminas, óleos, amido, entre outras), aumentem o rendimento e tenham custos menores na armazenagem e transporte.

Os que vêm sendo mais produzidos e mais polêmicos são: soja, milho, tomate, mamão, feijão, canola, batata entre outros (JORGE RIECHAMANN, 2002).

Abaixo alguns exemplos de alimentos geneticamente modificados comercializados:

### 8.1 Soja

A soja *Roundup Ready* é uma semente tolerante a herbicida, devido à substância glifosato (usado para dessecação pré e pós-plantio), a tolerância ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma

da *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, a qual codifica uma variante da EPSPs (CP4 EPSPs), especialmente tolerante à inibição pelo glifosato. Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto (SANTOS 2007).

Esta soja foi desenvolvida pela empresa norteamericana Monsanto nos primórdios da década de 80, facilitou a vida dos agricultores, proporcionando lucratividade com menores custos, pois reduz o número de aplicações do herbicida sobre a soja (MORAIS, 2000). Porém há relatos sobre possíveis efeitos do glifosato afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas de soja, para a qual esse produto é recomendado.

Esse efeito pode estar relacionado ao aumento demasiado da dose aplicada, à aplicação de outras formulações de glifosato não recomendadas para a cultura, ou ao efeito de outras substâncias químicas naturais ou sintéticas, como aleloquímicos ou surfactantes, respectivamente.

Atualmente são disponibilizadas no mercado diversas formulações de glifosato, que, apesar de apresentarem o mesmo mecanismo de ação, possuem na sua composição diferentes sais, sendo os principais: sal potássico, de isopropilamina e de amônio (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Os efeitos favoráveis ou desfavoráveis ainda não foram cientificamente comprovados.

## **8.2 Tomate**

### **8.2.1 Tomate FLAVR SAVR**

O tomate FLAVR SAVR (fig. 6), produzido pela empresa Calgene, EUA, foi modificado geneticamente para apresentar um processo de maturação mais lento (fig. 9). Assim, em vez de colher os frutos verdes, esses poderiam permanecer na planta para maturar até ficarem vermelhos. Isso melhoraria a qualidade dos frutos sem implicarem perdas na colheita, no transporte e no armazenamento, uma vez que os frutos vermelhos e firmes em sua consistência assemelham-se aos que são colhidos verdes. Variedades de tomate que produzam frutos firmes podem ser

obtidas também pelos métodos tradicionais de melhoramento. Porém, até o momento, não foi possível transferir o gene de plantas silvestres para a cultura sem que houvesse também a transferência de inúmeros caracteres indesejáveis (BINSFELD; PEDRO, 2004).

Figura 9: Tomate geneticamente modificado denominado FLAVR SAVR.



Fonte: OPEN SALON, 2009

A segurança do tomate transgênico, bem como sua equivalência com as variedades produzidas por métodos de melhoramento convencional, tem sido questionada. Na prática, no tomate transgênico tem-se somente o gene NPTII e o seu produto gênico, a enzima NPT II, como novo componente, pois o gene da enzima poligalacturonase (PG) foi isolado do próprio tomate e depois inserido novamente em sentido contrário. Mesmo assim, a transformação e a introdução de genes no genoma receptor podem provocar alterações genotípicas e fenotípicas inesperadas, pois podem ocorrer mutações pela integração de novos genes, já que a integração de genes pode ocorrer em regiões codificadoras, podendo-se esperar que genes da planta receptora sejam desativados (silenciados) ou outros ativados pela inativação de genes supressores.

Mutações e efeitos pleiotrópicos, causados pela integração gênica, podem ser esperados quando se usa o vetor *Agrobacterium*. No entanto, não são exclusivamente causados pelo evento da transformação, mas também são verificados em plantas criadas pelos métodos convencionais de melhoramento (KLEINMANN, 1998).

### 8.2.2 Tomate cereja

O professor Schuyler Korban, da Universidade de Illinois (EUA), desenvolveu o tomate cereja que tem a propriedade de produzir antígenos do vírus respiratório sincicial, agente de uma infecção fatal em crianças e idosos. A doença é causa da maioria das 2.000 mortes que ocorrem anualmente no Estado de São Paulo entre crianças com menos de 5 anos.

Korban inseriu no genoma do tomate cereja uma proteína encontrada na membrana do próprio vírus, obtendo a vacina para a enfermidade. Porém as pesquisas continuam em andamento e ainda não existem conclusões científicas comprovada sobre sua eficiência (MORAIS, 2000).

### 8.3 Milho

No milho Bt são introduzidos genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* que já haviam sido identificados como responsáveis pela capacidade dessa bactéria em controlar insetos. *Bacillus thuringiensis* possui diversas “famílias” de genes que produzem toxinas. Uma dessas famílias de genes é denominada de Cry, que está presente em um grande número de variedades de milho transgênico cultivadas no mundo.

Esse gene codifica uma proteína na planta que mata os insetos que consomem as folhas do milho. Existem variedades de milho Bt que produzem diferentes proteínas tóxicas. Algumas possuem ação contra lagartas que consomem as folhas da planta de milho. Outras são ativas contra larvas de besouros que atacam o caule da planta de milho.

Essas pragas são responsáveis por perdas enormes na produção do milho e praticamente obrigam os agricultores a usarem inseticidas, caso contrário eles perderiam toda sua produção. O milho Bt diminui, ou até elimina, a necessidade de uso de inseticidas. Isto significa menor gasto de recursos para os produtores, alimento de melhor qualidade para o consumidor, e o meio ambiente fica preservado da contaminação com inseticidas (SILVA, 2004).

As características nutricionais do milho convencional e do milho Bt são equivalentes, pois a única alteração que ocorre é a introdução do gene Bt. As variações nutricionais que ocorrem entre plantas de milho de uma mesma variedade

são muito mais frequentes em função da mudança de clima e do tipo de solo do que pela presença ou não de um determinado gene, como o Bt.

Foram realizados vários estudos sobre a segurança alimentar em termos de toxicidade e alergenicidade da proteína Bt. Os grãos do milho Bt também foram submetidos a uma rigorosa avaliação de seu uso como alimento; além disso, esse milho vem sendo consumido há 10 anos em diversos países sem registro de problemas. Somente após estudos rigorosos uma variedade de milho Bt é liberada para plantio e uso na alimentação (SILVA, 2004).

#### **8.4 Arroz**

O arroz dourado, ou *Golden rice*, desenvolvido através de uma parceria entre pesquisadores de instituições da Suíça e Alemanha, destaca-se entre os OGMs pelo elevado teor de beta-caroteno, que é convertido no organismo em vitamina A. Foi resultado da introdução de genes de uma planta ornamental (narciso), uma erva nativa do mediterrâneo e da bactéria *Erwinia sp*, no genoma do arroz (*Oryza sativa*).

A vitamina A fortalece o organismo humano contra doenças infecciosas e previne contra a cegueira noturna, mal que aflige atualmente mais de 350.000 crianças subnutridas do mundo. Prover vitamina A em abundância em um único cereal poderia ser o caminho mais curto para minimizar esta deficiência em famílias carentes da África, da Ásia e da América Latina em médio prazo. A importância deste fato reside em que o arroz representa entre 50% e 80% da ingestão diária de calorias no mundo e, entre todos os grãos comestíveis, são o que possui o código genético mais curto. Seu genoma é 37 vezes menor que o do trigo e seis vezes menor que o do milho – portanto, bem mais fácil de ser estudado, entendido e modificado (MORAIS, 2000).

#### **8.5 Leite**

O leite geneticamente modificado é o leite dietético, que apresenta 30% a menos de gordura e 10% a mais de proteína, qualidades proporcionadas pela inclusão na ração das vacas de moléculas modificadas de ácido linoléico conjugado (CLA), composto graxo que atua na formação de lipídios. A molécula transgênica altera a síntese de gordura na glândula mamária dos animais (JOMAR MORAIS, 2000).

### **8.5 Outros alimentos geneticamente modificados que vêm sendo pesquisados**

- Alface adicionada da proteína Lack 1, que dará à hortaliça a propriedade de imunizar contra a leishmaniose, doença que acomete cerca de 200 milhões de pessoas no mundo (Embrapa, 2000).
- Soja com insulina e o hormônio do crescimento humano (MORAIS, 2000).
- Tomate com mais licopeno, antioxidante que ajuda a prevenir o câncer de doenças do coração (FABIANA BERTOTTI, 2008).
- Grãos com mais vitamina E, antioxidante que fortalece o sistema imunológico.
- Alface enriquecida com um composto que ajuda a diminuir o LDL-colesterol e estimula o aumento do HDL-colesterol.
- Arroz, trigo e feijão com mais ferro, importante no combate à anemia.
- Frutas com maior teor de vitamina C.
- Alimentos com menor nível de micotoxinas, substâncias tóxicas produzidas por bolores que podem provocar doenças como câncer, diminuir a resistência do corpo e dar origem a hemorragias (FABIANA BERTOTTI, 2008)

## CONCLUSÃO

Com os fatos mencionados, se observa que os alimentos transgênicos já são realidade em todo o mundo. Esses alimentos, produzidos através de tecnologias de modificação genética, tem o objetivo de promover saúde e trazer benefícios para consumidores, tanto em países industrializadas quanto em desenvolvimento.

Porém, há hipóteses que eles possam trazer riscos para a saúde e para o meio ambiente. Não há como calcular as eventuais perdas em termos de biodiversidade, nem como controlar a degradação de recursos biológicos, muito menos de prever os efeitos adversos aos vários ecossistemas.

Os testes realizados antes de sua liberação não são rigorosos o suficiente para garantir sua segurança. Além disso, a utilização de OGMs na agricultura pode causar o aparecimento de plantas daninhas e pragas resistentes, cuja consequência está no aumento do uso de agrotóxicos, acarretando maior quantidade de resíduos que vão parar na alimentação diária.

Os riscos acarretam uma compreensível insegurança e inúmeras discussões econômicas, éticas e políticas. Por isso, é importante que os dados obtidos nos testes a campo com plantas modificadas estejam ao alcance de todas as nações, a fim de aumentar o conhecimento a respeito do comportamento das plantas em condições naturais de cultivo e permitir à sociedade o acesso aos dados científicos numa linguagem clara, didática e sem preconceitos acerca dos transgênicos, para que se forme uma opinião e as pessoas decidam conscientemente sobre o consumo ou não destes produtos.

Portanto, somente garantindo segurança dos materiais geneticamente modificados a uma população bem informada sobre esse assunto essa técnica poderá ter o sucesso que se espera, e auxiliar no aumento da produção mundial de alimentos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS

Alimentos Transgênicos: Você é contra ou a favor. **Revista Cuidados Pela Vida**, ano V, n.19, 2002,

ALMEIDA, L; RODRIGUES F. **Situação do mercado brasileiro de sementes e o potencial produtivo.** Disponível em: <http://www.coodetec.com.br/artigos.asp?id=124>. Acesso em: 14 de junho de 2011.

Batalla, Gerard. **"Transgênicos inviabilizam agricultura ecológica"**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/transg-nicos-inviabilizam-agr/>. Acesso em: 02 de junho de 2011.

BERTOTTI, F. Alimento transgênico: Vilão ou Herói. **Vida e saúde**. Tatuí, SP: Casa publicadora brasileira. N°11. Nov 2008. 8-15p.

BINSFELD, P, Análise diagnóstica de um produto transgênico: O caso do tomate. Flavr Savr, 1998. Disponível em: <http://pessoal.utfpr.edu.br/marlenesoares/arquivos/tomate.pdf>. Acesso em: 12 de julho de 2011.

BRASIL. **Decreto Nº 4.680** - Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4680.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4680.htm). Acesso em: 8 de julho de 2011.

BRASIL. **Lei Nº 11.105, 24/03/05** - Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/lei/L11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/lei/L11105.htm). Acesso em: 8 de julho de 2011.

BRASIL. **Lei 8.078/90**, de 11 de setembro de 1990 - Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm). Acesso em: 8 de julho de 2011.

CTNBio. **Comissão Técnica Nacional de Biossegurança**. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/2.html>. Acesso em: 8 de julho de 2011.

CTNBio. **Instrução Normativa n 1**. Dispõe sobre o requerimento e a emissão do Certificado de Qualidade em Biossegurança – CQB e a instalação e o funcionamento das Comissões Internas de Biossegurança – CIBio. Publicada no DOU de 6 de setembro de 1996, seção I, página 17.

CTNBio. **Instrução Normativa n 20**. Dispõe sobre as normas para avaliação da segurança alimentar de plantas geneticamente modificadas ou de suas partes e dá outras providências. Publicada no DOU de 17 de janeiro de 2002, seção I, página 1-2.

LEITE, Marcelo. **Os alimentos transgênicos**. São Paulo: Publifolha, 2000. 96p. (Folha Explica).

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 13 ed. São Paulo: Malheiros, 2005, p. 965.

MODA, Cirino. V. Plantas Transgênicas: perspectivas e uso. In: Anais do I Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Goiânia, 2001.

MONTEIRO, Josefina B. R. Riscos e Benefícios dos Alimentos GM. In **Alimentos Geneticamente Modificados**. BORÉM, Aluizio, et all (Organ.). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003. p. 221

MORAIS, J. Comida Frankenstein. **Revista Superinteressante**. Ano VI, nº 297. Ed. Nov. de 2000.

NUTTI, MR; WATANABE, E. Considerações sobre a segurança de alimentos geneticamente modificados. *Genomica*, pg 760. Ed. Atheneu, São Paulo, 2004.

PARIZZOTO, E.A.; De Luca, P.C.; Jungmann, L.; Kemper, E.L.; Silva, A.C; Leite, A. Plantas como biorreatores. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Ano III n.17, Nov-Dez, p. 12 – 17 2000.

RIECHMANN, Jorge. **Cultivos e Alimentos Transgênicos: um guia crítico**. Petrópolis: Vozes, 2002. 284p.

SCHELP, Diogo. As Verdades e Mentiras. **Revista Veja**. Editora Abril, edição 1826, ano 36, n.43, de 29 de outubro de 2003, p. 100 a 103.

SCHOLZE, Simone H.C. **Por que a pesquisa com transgênicos é importante para o Brasil: aspectos científicos, econômicos e jurídicos**. Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia. v. 18, no. 1, jan./abr. 2001, p. 55-80.

SCHOLZE, Simone H.C. **Por que a pesquisa com transgênicos é importante para o Brasil: aspectos científicos, econômicos e jurídicos.** Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia. v. 18, no. 1, jan./abr. 2001, p. 55-80.

VASCONCELOS, L. **Agricultura Quanto custa o rótulo - As vantagens e desvantagens da identificação de transgênicos.** Revista Desafios dos Desenvolvimentos, Brasília, DF. Ed. Janeiro, 2006.