

# CADERNOS DO CEIS20

CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO SÉCULO XX  
GMO

N.15, 2009

VICTORIA BELL VILARINHO

CENTRO DE ESTUDOS INTERDISCIPLINARES DO SÉCULO XX

CADERNOS DO CEIS 20



VICTORIA BELL VILARINHO

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO SÉCULO XX GMO

COIMBRA

2009

Os Cadernos do CEIS20 são publicados pelo Centro de Estudos Interdisciplinares do Século XX da Universidade de Coimbra-CEIS20. Esta publicação, de pequena dimensão, tem por objectivo dar a conhecer resultados parciais ou finais de pesquisas realizadas no âmbito deste Centro e reflectem, por isso, a actividade de investigação efectuada. Os trabalhos publicados têm que ser inéditos e devem incentivar o debate de temas e de problemas do século XX.

Os Cadernos do CEIS20 são sujeitos a arbitragem científica

Coordenação Científica: João Rui Pita

Coordenação Editorial: Isabel Maria Luciano

*Ciência e Tecnologia no século XX — GMO*

Autor: Victoria Bell Vilarinho

Edição: CEIS20, Coimbra

Telefone: 239 708870 | Fax. 239 708871

E-Mail: [ceis20@ci.uc.pt](mailto:ceis20@ci.uc.pt)

URL: [www.ceis20.uc.pt](http://www.ceis20.uc.pt)

Capa: Gonçalo Luciano

Impressão e acabamento: Imprensa de Coimbra, L.da

Depósito legal: 297715/09

ISBN: 978-972-8627-14-0

**Victoria Bell Vilarinho** – Licenciada em Ciências Farmacêuticas. Pós-Graduada em “Cuidados Farmacêuticos” e em “Medicamentos e Produtos de Saúde à Base de Plantas”. Colaboradora em projectos de investigação no Grupo de História e Sociologia da Ciência do CEIS20.



## 1. Introdução

Um dos grandes motivos de controvérsia na actualidade é o recurso à biotecnologia, em particular à engenharia genética, na agricultura e na produção de alimentos. Os inúmeros interesses e impactos em torno deste tema tem gerado discussões científicas, éticas, económicas e políticas em todo o mundo.

Se por um lado os apoiantes alegam ser a solução para acabar com os problemas da fome no mundo os opositores defendem que o recurso a estas tecnologias só irá piorar a situação levando a uma catástrofe ambiental e tornando a agricultura dependente de multinacionais [1].

O século XXI irá trazer novos desafios à agricultura. Por um lado o crescimento da população mundial e a necessidade de a alimentar, por outro a exigência cada vez maior dos consumidores relativamente à qualidade dos produtos e aos métodos utilizados na sua produção. A biotecnologia pode ajudar a ultrapassar muitos dos problemas relacionados com a produtividade diminuindo o tempo necessário para produzir novas culturas, criando culturas resistentes a pragas e doenças, substituindo o recurso a substâncias tóxicas que prejudicam o ambiente e a saúde humana bem como melhorar a qualidade nutricional de alguns alimentos.

Nenhuma tecnologia é completamente isenta de riscos, isto é, em ciência não se pode falar de risco zero. É necessário criar estruturas que permitam avaliar de forma isenta e imparcial a segurança dos organismos geneticamente modificados (GMOs). Estas devem ter em especial atenção poten-



ciais riscos para a saúde humana, animal e ambiental, dentro do moderno conceito de “One Health”, embora também não devam desprezar assuntos relacionados com a ética, etiquetagem, livre escolha do consumidor e as necessidades dos países pobres e em desenvolvimento.

Organismos transgênicos são aqueles que contêm moléculas de DNA exógeno, introduzidas por intervenção humana intencional, com o objectivo de serem expressas novas características.

## 2. Biotecnologia – Uma Perspectiva Histórica

Certas praticas actualmente classificadas como aplicações da biotecnologia têm sido usadas desde o início da humanidade [23]. Antes do termo “biotecnologia” ser alguma vez utilizado ou de se saber o que era um gene o homem utilizou técnicas que lhe permitiram manipular as células de modo a produzir alimentos, produtos químicos e a melhorar culturas. Estas técnicas foram as antecessoras de biotecnologia moderna [24].

A descoberta que sumos de fruta fermentavam em vinho, ou que o leite podia ser convertido em queijo ou iogurte, ou que se podia fazer cerveja utilizando soluções de fermentação de malte e lúpulo permitiu aos nossos antepassados produzir novos alimentos utilizando microorganismos. Ao manipular as condições em que ocorre a fermentação concluíram que podiam melhorar produção e a qualidade desses alimentos iniciando-se assim o estudo da biotecnologia [25].

Técnicas para melhorar da produção animal e vegetal têm sido usadas ao longo da história da humanidade. Quando o homem passou de nómada a sedentário a agricultura tornou-se fundamental à sua sobrevivência. Os agricultores primitivos embora alheios às causas, descobriram que podiam melhorar a produtividade e qualidade das suas culturas através da selecção de sementes das suas melhores plantas. Os primeiros produtores animais verificaram que certas características físicas podiam ser melhoradas ou perdidas cruzando os animais mais apropriados.

Técnicas utilizadas ao longo dos tempos:

– *Fermentação para produzir alimentos* – a fermentação é provavelmente a mais antiga descoberta biotecnológica. Durante 10 000 anos o homem produziu vinho, cerveja, vinagre e pão utilizando microorganismos, principalmente leveduras. O iogurte foi produzido por bactérias no leite e fungos foram utilizados para produzir queijo. Estes processos ainda são usados hoje no fabrico de alimentos, no entanto as culturas utilizadas são purificadas e refinadas de modo a manter as características mais desejáveis e a melhor qualidade dos produtos.

– *Fermentação industrial* – a descoberta em 1897 que enzimas de leveduras podiam converter açúcares em álcool levou à produção industrial de químicos como o butanol, acetona e o glicerol. Actualmente os processos de fermentação ainda são usados pela indústria moderna na produção de enzimas para serem usadas em processos farmacêuticos, ambientais e outros processos industriais.

– *Preservação de alimentos* – a secagem, a salmoura e o congelamento de alimentos para impedir a sua deterioração por microorganismos foram utilizados muito antes de alguém perceber como funcionavam ou de entenderem o que levava a que os alimentos se estragassem.

– *Quarentena* – a pratica de medidas de quarentena para prevenir o alastramento de doenças foi usada muito antes de se conhecer a origem da própria doença. Isto demonstra a aceitação que a doença poderia ser transmitida de um indivíduo doente para um são.

– *Seleção de culturas* – o melhoramento das culturas por seleção de sementes das plantas melhores e mais saudáveis constitui uma forma inicial de tecnologia. Os agricultores constataram que utilizando sementes das melhores plantas obteriam culturas subsequentes com as características mais desejáveis. Em 1860, os estudos de Gregor Mendel sobre a transmissão hereditária de características em ervilhas melhorou os conhecimentos sobre a genética.

Através da biotecnologia moderna os cientistas compreendem e utilizam o que a natureza tem feito desde o início dos tempos [26].

Com o avanço da ciência aprendemos muito sobre os diferentes organismos que os nossos antepassados utilizavam tão eficazmente. O maior conhecimento destes organismos permitiu que tivéssemos capacidade de controlar diversas funções. Recorrendo a técnicas de DNA recombinante podemos actualmente juntar genes de espécies diferentes obtendo características e produtos de grande interesse para a humanidade.

### 3. Biotecnologia

A biotecnologia agrupa um conjunto de técnicas e tecnologias que utilizam organismos vivos ou substâncias desses organismos para criar ou modificar um produto para fins práticos.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD) define biotecnologia como “qualquer aplicação tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fazer ou modificar produtos com um fim específico” [2]. Esta definição inclui aplicações médicas e industriais assim como a maioria das ferramentas e técnicas utilizadas na agricultura e na produção de alimentos.

O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança define “biotecnologia moderna” como a aplicação de:

1 - Técnicas *in vitro* de ácidos nucleicos, incluindo ácido desoxirribonucleico recombinante (DNAr) e injeção directa de ácidos nucleicos em células ou organismos

ou

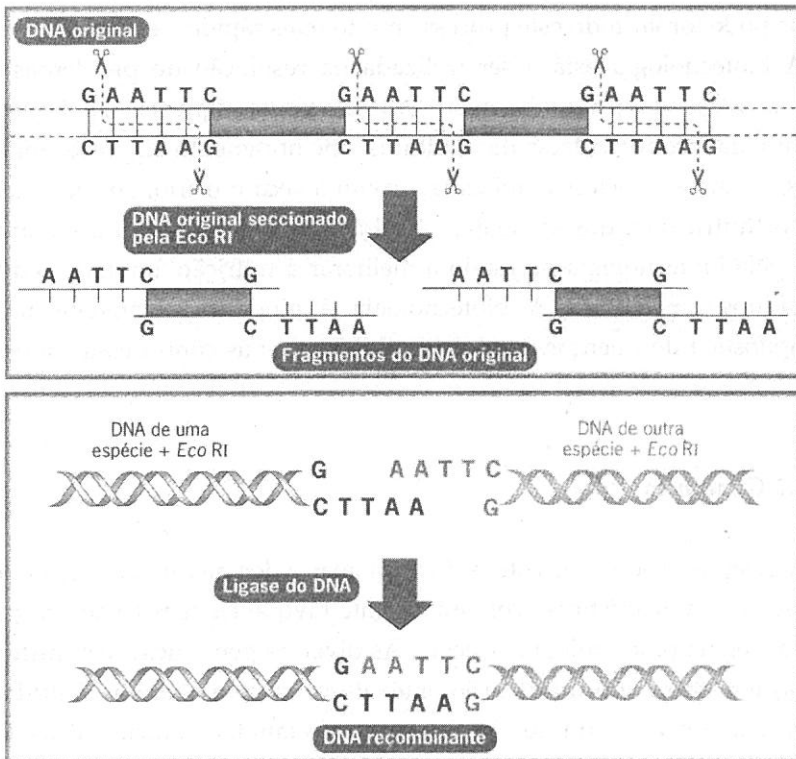
2 - Fusões de células para além da família taxonómica, que ultrapassem as barreiras de recombinação ou de reprodução natural fisiológica e que não sejam técnicas utilizadas na selecção e reprodução tradicional. [3]

O Glossário de Biotecnologia da FAO apresenta uma definição mais ampla de biotecnologia conforme a CBD e uma mais estreita como “um

leque de tecnologias moleculares diferentes tais como manipulação genética e transferência de genes, DNA e clonagem de animais e plantas” [4].

### 3.1 Caracterização dos Recursos Genéticos

Técnicas de DNA recombinante, também conhecidas como engenharia genética ou modificação genética, referem-se a modificações no património genético de um organismo por transgénese, a partir das quais o DNA de um organismo ou de uma célula (o transgene) é transferido para outro sem reprodução sexuada.



52 “Ferramentas” da engenharia genética.

Organismos Genéticamente Modificados (GMOs) são organismos (bactérias, plantas, fungos ou animais) cujo património genético foi alterado por técnicas de DNA recombinante, com o objectivo de lhes promover novas características.

Algumas aplicações da biotecnologia, não necessariamente usando GMOs, como a fermentação e o fabrico de bebidas e iogurtes, são utilizadas há milénios.

A utilização de princípios clássicos de genética baseados no fenótipo ou nas características físicas de um determinado organismo têm sido muito bem sucedidos no apuramento de espécies. Através deste processo cada progenitor doa metade do património genético à descendência podendo levar várias gerações até que se atinjam os resultados desejados. A biotecnologia pode tornar todo este processo muito mais rápido e eficiente.

A biotecnologia está a ser utilizada na resolução de problemas em todas as áreas da produção e do processamento agrícola [1]. Desde o aumento da produtividade das culturas, melhoramento da resistência a pragas, doenças e factores ambientais como a seca e o frio, ao incremento do valor nutricional dos alimentos. A alimentação animal está a ser modificada pela biotecnologia de modo a melhorar a nutrição animal e reduzir os resíduos ambientais. A biotecnologia é ainda extensamente usada no diagnóstico de doenças e na produção de vacinas contra essas doenças [1].

### 3.2 Genómica

A pesquisa sobre a estrutura dos genomas e dos mecanismos genéticos associados a características economicamente favoráveis tem levado a grandes avanços na biotecnologia agrícola. As diversas genómicas (e.g. nutrigenómica) têm fornecido informação antes desconhecida sobre a identidade, localização, impacto e função dos genes que afectam tais características. Este conhecimento alargará a aplicação da biotecnologia a todos os sectores da agricultura [1].

### 3.3 Marcadores Moleculares

Informação fiável sobre a distribuição da variação genética é um dos principais pré-requisitos para programas de selecção, reprodução e conservação de qualidade. Marcadores moleculares são sequências de DNA identificáveis, existentes em locais específicos do genoma e associados à herança de uma característica ou ligada ao gene. Os marcadores moleculares podem ser utilizados para:

**Reprodução assistida por marcadores:** Mapas de ligação genética podem ser utilizados para localizar e seleccionar genes responsáveis por características economicamente importantes em animais e plantas. Também podem ser utilizados para tornar mais rápida e eficiente a introdução de novos genes numa população a partir de outra.

**Compreender e conservar recursos genéticos:** Os marcadores moleculares podem ser utilizados para medir a extensão da variação a nível genético nas populações em que são de grande importância actividades de conservação genética e no desenvolvimento da reprodução de culturas vegetais, animais terrestres e peixes. Os marcadores moleculares estão a ser cada vez mais utilizados para estudar a distribuição e os padrões de diversidade genética.

**Verificação do genótipo:** Identificação do genótipo de organismos.

Estas actividades são fundamentais para o melhoramento genético de culturas, árvores e animais [1].

## 4. Biotecnologia Vegetal

Existem vários tipos de biotecnologias que são usados na reprodução e propagação de espécies vegetais.

### 4.1 Micropropagação e Cultura de Tecidos e Células

O micro propagação consiste em retirar pequenas porções de tecidos vegetais ou estruturas inteiras como bolbos e cultivá-las sob condições arti-

ficiais para regenerar plantas inteiras. A micro propagação é especialmente útil na manutenção de plantas de elevado valor económico, cultivo de plantas difíceis, aceleração dos processos de cultivo e fornecimento de material biológico para investigação.

## 4.2 Selecção In Vitro

Selecção *in vitro* refere-se à selecção de germoplasma aplicando aos tecidos, em condições laboratoriais, técnicas específicas de selecção.

## 4.3 Engenharia Genética

Quando existe uma característica geneticamente favorável num organismo que não é sexualmente compatível com outra, esta pode ser transferida utilizando a engenharia genética. Nas plantas um dos métodos mais comuns de engenharia genética utiliza a bactéria *Agrobacterium tumefaciens* como vector. Os investigadores inserem o gene ou genes desejados na bactéria e depois infectam a planta hospedeira. Os genes desejados são transmitidos ao hospedeiro com o processo de infecção.

Outros processos utilizados para a transferência de genes são a biolística, em que o gene desejado é revestido de partículas de ouro ou tungsténio e bombardeado a alta velocidade no material hospedeiro e a técnica de eletroporação em que as células vegetais são colocadas numa solução tampão com o DNA que se pretende inserir fazendo depois passar uma corrente eléctrica por um tempo reduzido, os poros da célula abrem-se e o DNA que se pretende inserir penetra.

Existem três tipos distintos de culturas geneticamente modificadas [1]:

**De “transferência distante”** – em que o gene é transferido entre duas espécies de reinos diferentes (e.g. de uma bactéria para uma planta)

**De “transferência próxima”** – em que o gene é transferido entre duas espécies do mesmo reino (e.g. entre duas plantas)

**Alteração da expressão do gene** – em que o gene já está presente no genoma do organismo mas é manipulado de modo a alterar o nível e o padrão da sua expressão.

Depois da transferência do gene a cultura tem que ser testada de modo a garantir que o gene é expressado correctamente e que é estável ao longo de várias gerações.

A maioria das plantas transgénicas cultivadas até então tem incorporado um número limitado de genes destinado a conferir-lhe maior resistência a insectos e condições ambientais adversas assim como uma melhor tolerância a herbicidas.

A biofortificação [1] (desenvolvimento de alimentos nutricionalmente enriquecidos) tem avançado através da aplicação combinada de várias biotecnologias, podendo contribuir para a redução da malnutrição por carência em micronutrientes nos países em desenvolvimento.

Alimentos habitualmente alergénicos podem ser manipulados de modo a diminuir os níveis de compostos alergénicos.

## 5. Biotecnologia Animal

A biotecnologia é actualmente uma das ferramentas mais importantes para o desenvolvimento da pecuária e piscícola.

A selecção genética de animais foi feita durante muito tempo mas sem o conhecimento dos genes responsáveis pela determinação das características pretendidas. Tecnologias como a genómica e dos marcadores moleculares são fundamentais no conhecimento e na caracterização dos genes responsáveis pela manifestação dos fenótipos de interesse.

O objectivo principal das biotecnologias reprodutivas na pecuária é a selecção de animais superiores em relação às características de produção e o aumento da eficiência reprodutiva. A biotecnologia abre novas oportunidades na melhoria dos animais pelo aumento da qualidade da carcaça, maior desenvolvimento ponderal, maiores índices reprodutivos e melhoramento da nutrição e utilização dos alimentos [5].

Toda a biotecnologia animal tem que ter em consideração, além dos aspectos económicos e ambientais, os aspectos éticos. Aspectos éticos a serem considerados [6]:



**Bem-estar animal** – inclui saúde física e comportamento no ambiente natural.

**Direitos dos animais** – ausência de tortura e dor nas técnicas utilizadas.

**Integridade animal** – integridade do genoma; qualquer alteração radical no genoma reduz o animal a um mero instrumento de interesse humano.

### 5.1 Inseminação Artificial e Ovulação Múltipla / Transferência de Embriões

A inseminação artificial e a ovulação múltipla com transferência de embriões (implantar fêmeas receptoras com embriões produzidos por fêmeas dadoras) têm tido um grande impacto no melhoramento da pecuária pois permite acelerar os processos de melhoramento genético, reduzir o risco de transmissão de doenças e expandir o número de animais que pode ser gerado a partir de um progenitor de qualidade superior (macho no caso da inseminação artificial e fêmea com a ovulação múltipla com transferência de embriões) [1].



## 5.2 Engenharia Genética

Animais geneticamente modificados são aqueles que contêm moléculas de DNA exógeno introduzido por técnicas de engenharia genética com o objectivo de expressar novas características ou em que foram eliminados certos genes seleccionados. O objectivo desta área é produção de animais que apresentem características de importância comercial.

A clonagem é um processo no qual são obtidos indivíduos geneticamente iguais a partir de uma célula-mãe, permitindo a multiplicação de animais geneticamente superiores em larga escala.

As primeiras experiências da engenharia genética foram realizadas em suínos e visavam o aumento da taxa de crescimento e o melhoramento da qualidade da carcaça (i.e. mais magras). Actualmente estas técnicas estão direccionadas para a produção de animais resistentes a doenças e possibilidade de alteração da composição do leite, aumentando, por exemplo, a quantidade de proteínas como a caseína.

Hoje são bem conhecidas pelos média os casos da ovelha “Dolly” e outras. As glândulas mamárias de diversas ovelhas têm sido verdadeiras biofábricas na produção de imensas proteínas do tipo Factor IX (que após separação e processos diversos podem servir milhares de doentes hemofílicos) e na produção de leite sem lactose (para intolerantes a este açúcar).

## 6. Razões e Impacto da Revolução Genética

Durante o século XXI a humanidade será confrontada com inúmeros desafios. Estima-se que em 2030 a população mundial seja de 8 biliões, um aumento de 2 biliões de pessoas relativamente à actualidade. Problemas como a fome e a pobreza têm que ser enfrentados enquanto os recursos naturais mundiais têm que ser mantidos. O confronto com estes desafios vai requerer novos conhecimentos baseados em avanços científicos, desenvolvimento de novas tecnologias e o seu alargamento e capacidade de utiliza-

ção, em todo o mundo. Também irá ser necessária a implementação de políticas correctas por parte dos governos de cada nação [7] e criar adequadas vias de fluxo dos produtos para as áreas mais necessitadas.

Muitas decisões feitas por multinacionais, governos e indivíduos na área da biotecnologia durante este século irão afectar de forma crucial o futuro da humanidade e a disponibilidade dos recursos naturais do planeta. Essas decisões deverão ser baseadas na melhor informação científica possível de modo a permitirem escolhas efectivas das opções apresentadas [7].

### 6.1 Necessidade da Tecnologia GM

Actualmente, devido à pobreza e ao desemprego, cerca de 800 milhões de pessoas não têm acesso a alimentos suficientes para satisfazer as suas necessidades. A desnutrição tem um papel significativo em metade das 12 milhões de mortes anuais em crianças com menos de 5 anos em países em desenvolvimento. Associada à falta de alimentos, são comuns as deficiências em micronutrientes (especialmente vitamina A, ferro, carotenos, selénio, iodo e zinco). As alterações climáticas e a utilização dos solos irão aumentar os problemas de produção e necessidade de alimentos. Serão necessários avanços dramáticos na produção, distribuição e acesso aos alimentos de modo a suplantar estes desafios [7].

Em nosso entender, estes aspectos não se limitam à produção, como é muitas vezes referido, mas são ainda mais limitantes distribuição, armazenagem, na comercialização e oferta na criação de mercados e cooperativas de produtores para que os produtos que os camponeses desenvolvem acima do nível de subsistência possam criar “riqueza” na venda de excedentes.

O recurso a tecnologias GM vai permitir incrementar a produtividade sem aumentar as áreas já cultivadas e melhorar a resistência das culturas a insectos e herbicidas. Permite também aumentar o valor nutricional dos alimentos e a sua qualidade facilitando os processos de distribuição e a acessibilidade a quem deles necessita.

As preocupações referentes ao impacto na saúde humana e no ambiente bem como as preocupações acerca do monopólio da tecnologia por parte de multinacionais privadas têm que ser consideradas para podermos retirar todos os potenciais benefícios desta nova tecnologia [7].

## 6.2 Exemplos de Tecnologia GM que podem beneficiar a Agricultura Mundial

Os exemplos que se seguem demonstram como a tecnologia GM pode ser aplicada a alguns problemas específicos da agricultura indicando os seus potenciais benefícios.

**Resistência a insectos** – existem claros benefícios para os agricultores se as culturas transgênicas forem resistentes a insectos específicos. Também existem benefícios para o ambiente com a diminuição do recurso a insecticidas. Culturas transgênicas contendo o gene do *Bacillus thuringiensis* tornaram possível uma diminuição significativa na quantidade de insecticida aplicada nas culturas de algodão nos EUA. Diminuição de cerca de 1 milhão de quilogramas de insecticidas em 1999 comparativamente a 1998 [8].

**Aumento da produtividade** – a introdução de genes responsáveis pela diminuição da altura das plantas (genes anões) permitiu aumentar a produtividade pois ao reduzir o alongamento celular nas partes vegetativas da planta permite que esta invista mais nas partes reprodutivas que são comestíveis.

**Tolerância a stress biótico e abiótico** – o desenvolvimento de culturas resistentes ao stress biótico e abiótico pode ajudar a estabilizar a produção anual. A utilização de técnicas que permitam às culturas transgênicas imitar a “imunização genética” vai possibilitar que estas se tornem resistentes a infecções por parte de bactérias e vírus impedindo que estas as destruam. Relativamente ao stress abiótico plantas têm sido modificadas de modo a aumentar a produção de ácido cítrico nas raízes tornando-as mais resistentes ao alumínio nos solos ácidos.

**Utilização de terras marginais** – vastas áreas de terra tanto costeira como terrestre têm sido marginalizadas devido ao excesso de alcalinidade e salinidade. O gene responsável pela resistência à salinidade do mangal (*Avicennia marina*) já foi identificado, clonado e transferido para outras plantas. As plantas transgênicas produzidas são resistentes a concentrações superiores de sal. O gene *gutD* da *Escherichia coli* também tem sido utilizado para produzir plantas de milho transgênico tolerante ao sal. Estes genes são uma fonte potencial para o desenvolvimento de sistemas de culturas em terras marginais.

**Benefícios nutricionais** – a deficiência em vitamina A/carotenos causa cegueira total ou parcial a meio milhão de crianças todos os anos. Os métodos de agricultura tradicionais não têm sido bem sucedidos na produção de culturas contendo concentrações mais elevadas de vitamina A e muitas das autoridades nacionais dependem de programas complexos e dispendiosos para a resolução deste problema. Investigadores introduziram três novos genes no arroz, dois da flor de narcisos e um de um microorganismo. Este arroz transgênico revelou um aumento na produção de  $\beta$ -caroteno como precursor da vitamina A e uma coloração amarela. O arroz dourado pode ajudar a suprimir as carências em vitamina A nas crianças mais necessitadas.

Suplementação com ferro torna-se necessária pois os cereais são pobres em micronutrientes como o ferro. A deficiência em ferro causa anemia em crianças e grávidas. Cerca de 400 milhões de mulheres em idade fértil sofrem com este problema e tornam-se mais susceptíveis de terem filhos de baixo peso à nascença, nados-mortos ou aumento da mortalidade no parto. Tem sido produzido arroz transgênico com elevados níveis de ferro utilizando genes envolvidos na produção de uma proteína de ligação ao ferro e na produção de uma enzima que facilita a bio disponibilidade do ferro na dieta humana.

**Reduzido impacto ambiental** – a água e a sua utilização eficaz têm sido temas de abordagem global. Solos sujeitos a lavragens constantes para controlo de ervas daninhas e preparação para a sementeira estão sujeitos à

erosão e perda do conteúdo em água. Há necessidade de desenvolver culturas com raízes resistentes a doenças que habitualmente são controladas pela lavragem das terras.

**Outros benefícios das plantas transgênicas** – as primeiras gerações de transgênicos têm beneficiado os agricultores através da redução dos custos de produção, aumento da produtividade ou de ambos. Em muitos casos também têm sido benéficas para o ambiente devido à redução do recurso a pesticidas e providenciando modos de cultivo com menos lavragem dos solos. Os insectos são responsáveis por elevadas perdas de culturas nos campos e naquelas que se encontram em trânsito ou armazenadas. A introdução de genes que conferem resistência a pragas são uma alternativa ao uso de pesticidas, sendo benéficas tanto para os agricultores como para consumidores e paralelamente diminuem a contaminação das reservas alimentares por patogénios (e.g. fungo *Aspergillus niger*) ou seus produtos que podem causar problemas de segurança alimentar.

**Medicamentos e vacinas de plantas transgênicas** – vacinas estão disponíveis para muitas das doenças que causam morte ou desconforto humano em países em desenvolvimento, mas habitualmente o custo de produção e de utilização é elevado. A maioria tem que ser armazenada em condições de refrigeração e administradas por técnicos especializados o que contribui igualmente para o seu custo. Como resultado, as vacinas não chegam aos mais necessitados. Cientistas têm investigado o potencial da tecnologia GM para produzir vacinas e medicamentos em plantas. Vacinas contra doenças infecciosas gastro-intestinais têm sido produzidas em batatas e bananas. Arroz e trigo com anticorpos anti cancro que reconhecem células cancerígenas do pulmão, mama e cólon podem ser úteis no diagnóstico e em terapias de futuro. Tais tecnologias estão numa fase inicial de desenvolvimento e preocupações com a saúde humana e segurança ambiental têm que ser estudadas e avaliadas antes destas plantas poderem ser aprovadas para comercialização. Para isso existem nos países desenvolvidos estruturas científicas (e.g. EFSA - European Food Safety Authority; FDA - Food and Drug Administration nos USA) que avaliam e propõem a aceitação/reavaliação

ou travão à candidatura de novos produtos. Mas sem dúvida o desenvolvimento de plantas transgênicas para produzir agentes terapêuticos tem um enorme potencial para ajudar a resolver problemas com doenças nos países em desenvolvimento.

Cerca de um terço dos medicamentos utilizados actualmente provêm de plantas. Crê-se que menos de 10% das plantas medicinais foram identificadas e caracterizadas, existindo um grande potencial para o uso de tecnologias GM para aumentar a produção das substâncias medicinais uma vez identificadas [7].

**Nutrição animal** – culturas geneticamente modificadas, seus derivados e enzimas resultantes de microorganismos GM são largamente utilizados na alimentação animal e imensas indústrias. A biotecnologia tem sido empregue para melhorar a nutrição animal, quer modificando os alimentos tornando-os mais digeríveis quer modificando os sistemas digestivos e metabólicos dos animais permitindo-lhes fazer melhor uso dos alimentos disponíveis. Características moleculares, toxicológicas, nutricionais e da sua composição são analisadas e comparadas com alimentos convencionais. Também são tidos em consideração os efeitos nos animais que os consomem, nos consumidores que ingerem os produtos de derivados animais, bem como nos aspectos ambientais da utilização destes alimentos [1].

## 6.3 Riscos da Utilização de Tecnologias GM

### 6.3.1 *Saúde humana*

As culturas transgênicas e os alimentos delas resultantes, actualmente disponíveis, foram julgados seguros e os métodos utilizados para testar a sua segurança considerados apropriados. Até à data não foram verificados em nenhuma parte do mundo quaisquer efeitos tóxicos, na saúde ou alterações nutricionais resultantes do consumo de alimentos provenientes de culturas transgênicas. No entanto a falta de evidência de efeitos negativos não significa que os alimentos transgênicos estejam livres de riscos (Absence

of Evidence is not Evidence of Absence!). Muitos cientistas e grupos dos “verdes” defendem que não existem conhecimentos suficientes sobre o impacto dos alimentos transgênicos na saúde humana a longo prazo.

Novos alimentos geneticamente modificados cada vez mais complexos serão mais difíceis de avaliar e aumentarão a possibilidade de surgirem efeitos indesejáveis [1].

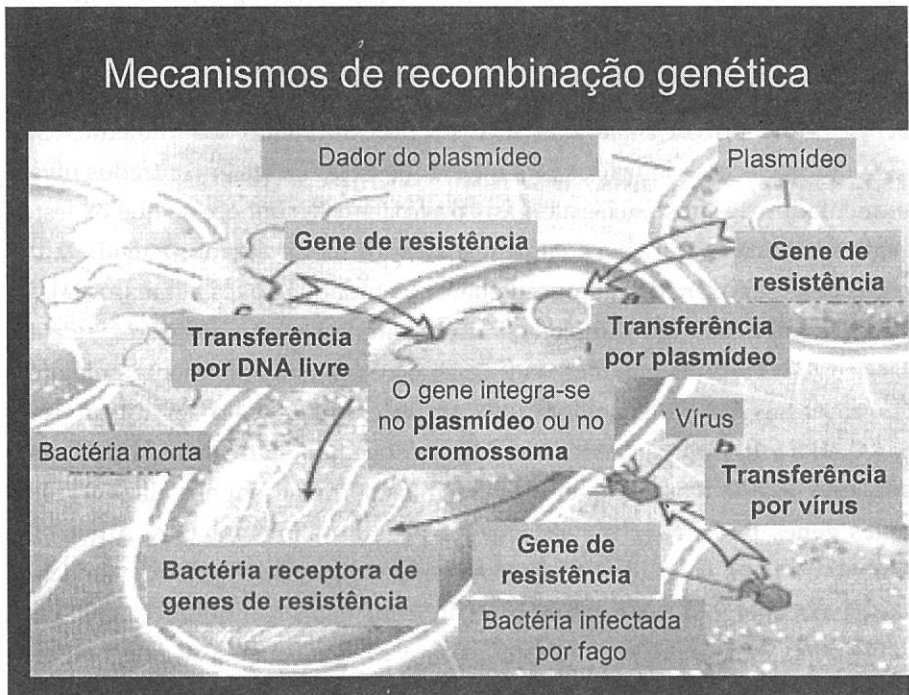
**Alergenos e toxinas** – a tecnologia GM pode aumentar ou diminuir os níveis de proteínas, toxinas ou outros produtos prejudiciais naturalmente existentes nos alimentos. A utilização de genes de fontes conhecidas como alergênicas é desaconselhada e se um produto transformado tem um risco acrescido de provocar alergias deve ser descontinuado. Os alimentos GM actualmente comercializados foram testados e não foram encontrados níveis aumentados de substâncias alérgicas ou toxinas. Reconhece-se que os testes realizados devem ser continuamente avaliados/monitorizados e melhorados e que deve ser exercida precaução quando estudados novos alimentos [1].

**Resistência a antibióticos** – a utilização de genes marcadores de antibióticos em culturas e alimentos transgênicos tem sido altamente polémica. As empresas de biotecnologia utilizam estes genes para identificar se a inserção de um novo gene foi ou não bem sucedida. Para além da fase laboratorial eles não têm qualquer utilidade mas permanecem nos alimentos [9]. Estes genes podem ser transferidos do produto alimentar para o homem, animal ou para as bactérias existentes no tracto gastro intestinal levando ao desenvolvimento de estirpes de bactérias resistentes a antibióticos com consequências eventualmente nefastas para a saúde. Salienta-se que não está ainda provado que a presença de genes resistentes a antibióticos sejam fontes de perigo para a saúde humana. O milho transgénico Syngenta Bt 176 contém um gene de resistência à ampicilina. Este gene está estruturado de tal forma que as bactérias podem utilizá-lo de modo a degradar mais rápida e facilmente o antibiótico ampicilina. O painel GMO da EFSA (European Food Safety Authority) considerou que este gene não deve estar presente em plantas transgénicas a serem postas no mercado [9]. Actualmente já existem métodos para remover estes genes marcadores dos alimentos antes destes



serem comercializados. Devem ser feitos todos os esforços para eliminar estes marcadores das plantas transgênicas substituindo-os por marcadores alternativos [7].

Os transposons (ou jumping genes) podem mover pequenos elementos de DNA (incluindo genes de resistência) para dentro de cromossomas bacterianos e/ou bacteriófagos.



**Outras alterações indesejadas** – outras alterações indesejadas na composição dos alimentos podem ocorrer durante o melhoramento genético. Análises químicas são utilizadas para testar se houve alterações em níveis de toxinas e nutrientes conhecidos nos produtos transgênicos. Reconhece-se que modificações genéticas mais extensas podem aumentar as alterações indesejáveis e exigindo assim testes adicionais.

### 6.3.2 Ambiente

A agricultura de qualquer tipo - subsistência, orgânica ou intensiva - afecta o ambiente, portanto é natural que a utilização de novas técnicas de manipulação genética na agricultura irão também afectar o ambiente. Embora as opiniões acerca dos riscos defiram todos estão de acordo que o impacto ambiental das culturas transgénicas tem que ser analisado caso a caso e é recomendado que haja monitorização ecológica após a sua implementação de modo a detectar quaisquer efeitos indesejáveis.

As culturas transgénicas podem ter vários efeitos directos no ambiente:

**Transferência genética** - uma das maiores preocupações nas culturas GM é o risco de propagação de um gene entre as plantas transgénicas e as plantas normais. Se o híbrido resultante transgénico/espécie selvagem tivesse vantagens competitivas relativamente à espécie selvagem ela poderia persistir no ambiente e potencialmente alterar o ecossistema. É necessário mais investigação para melhorar os conhecimentos sobre as consequências ambientais da transferência de genes, especialmente a longo prazo e em locais de elevada biodiversidade. Neste momento estão a ser tomadas medidas de modo a minimizar a transferência de genes. Estas medidas incluem estratégias para evitar plantar culturas transgénicas em locais de elevada biodiversidade ou em que estejam presentes parentes selvagens ou em utilizar zonas tampão para isolar as culturas transgénicas das convencionais ou orgânicas. A engenharia genética também pode alterar os períodos de floração para evitar a polinização cruzada ou desenvolver variedades transgénicas inférteis.

**Efeitos em espécies não alvo** - algumas características transgénicas - como as toxinas pesticidas expressados pelos genes Bt - podem afectar espécies não alvo além dos insectos que pretendem controlar. Concorda-se que esta situação poderá ocorrer mas discorda-se quanto à sua probabilidade. Os possíveis impactos em espécies não alvo devem ser monitorizadas e comparadas com os efeitos de outras práticas agrícolas, devem também

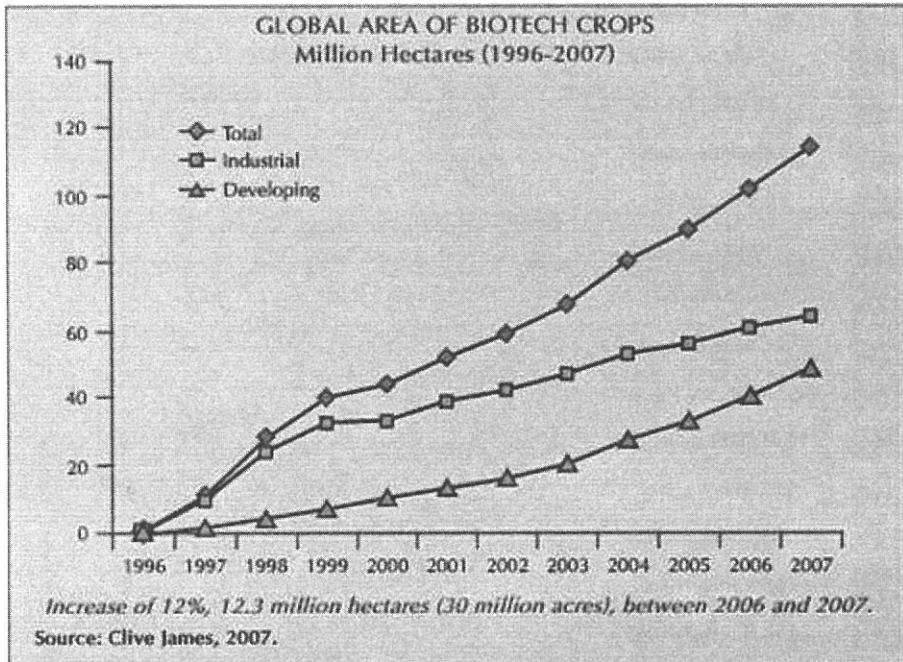
ser desenvolvidos novos métodos para efectuar estudos de impacto ecológico.

**Efeitos ambientais indirectos** – as culturas transgénicas podem ter efeitos indirectos no ambiente como resultado de alterações nas práticas agrícolas e ambientais associadas ás novas espécies. Estes efeitos podem ser benéficos ou prejudiciais de acordo com as mudanças envolvidas. Se por um lado a diminuição do uso de pesticidas e herbicidas é benéfico para o ambiente a diminuição da população de ervas daninhas, tem um efeito negativo nos herbívoros, polinizadores e outras espécies que se alimentam delas. Como já foi focado anteriormente não existem dados nem estudos suficientes para prever quais serão as repercussões a longo prazo destas alterações devendo por isso ser exercida cautela e analisar caso a caso.

**Animais geneticamente modificados** – as maiores preocupações relacionadas com animais GM são a possibilidade destes se cruzarem com espécies selvagens e as potenciais alterações nas práticas reprodutivas originarem stress ambiental. Os efeitos ambientais adversos são menos prováveis com animais domésticos do que com os peixes, pois os animais domésticos já não têm parentes selvagens e a sua produção está confinada a manadas e rebanhos em zonas limitadas. Já com os peixes produzidos em aquacultura a situação é mais preocupante pois estes são naturalmente móveis e reproduzem-se com facilidade com as espécies selvagens. As repercussões ambientais não têm propriamente a haver com a tecnologia mas sim com a capacidade de a gerir. Outra das preocupações relativamente a animais GM é o possível efeito no bem-estar animal. Por vezes os genes inseridos podem não funcionar como esperado resultando em anomalias anatómicas, fisiológicas e comportamentais. Todas as tecnologias utilizadas em produção animal devem ser correctamente avaliadas tendo em conta além do impacto ambiental os efeitos no bem-estar animal.

## 7. Panorama Mundial

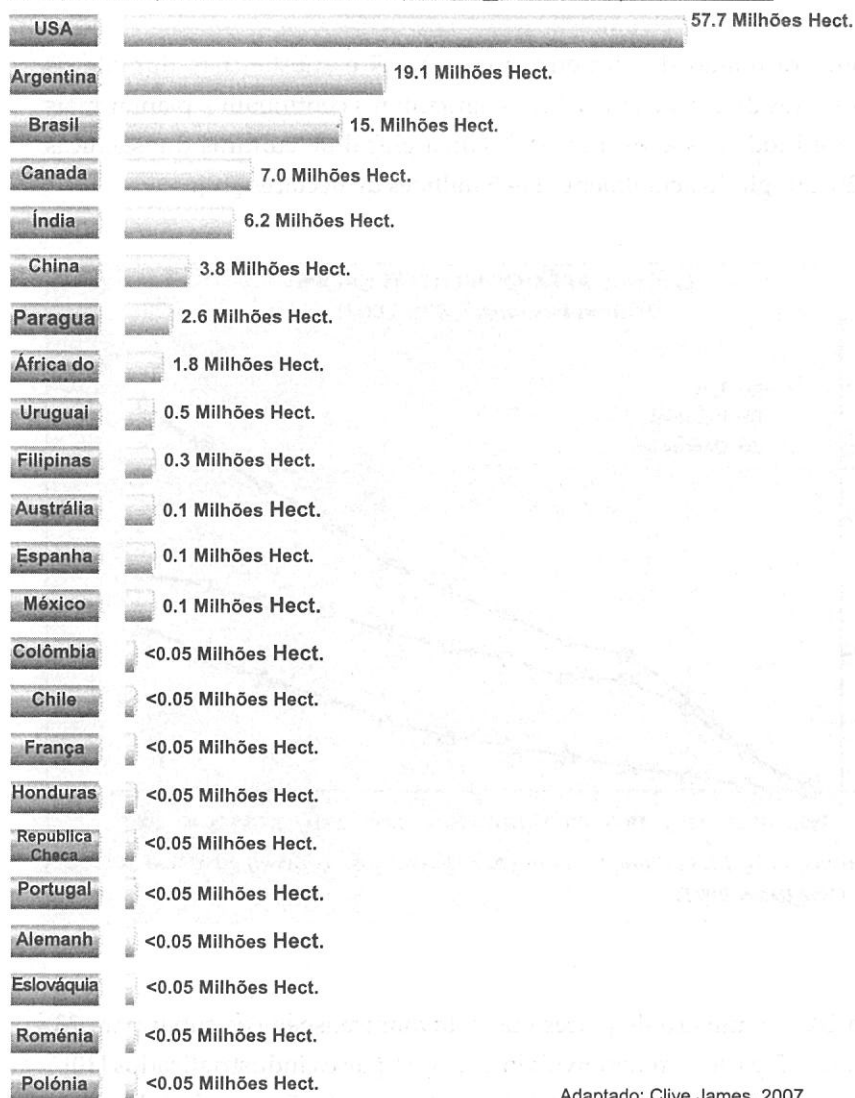
Como resultado dos benefícios constantes e substanciais durante os primeiros anos de comercialização, os agricultores continuam a plantar mais culturas GM todos os anos. Em 2007 a área global de culturas transgênicas subiu 12% atingindo actualmente 114.3 milhões de hectares [10].



Em 2007 o número de países que cultivam transgênicos subiu para 23, englobando 12 países em desenvolvimento e 11 países industrializados [10].

De acordo com o WorldWatch Institute a produção mundial de culturas transgênicas equivale a 9% da produção mundial. Quatro culturas compõem a quase totalidade desta produção: soja (51%), milho (31%), algodão (13%) e brassica (5%) [11].

## Países com culturas transgênicas,



Adaptado: Clive James, 2007

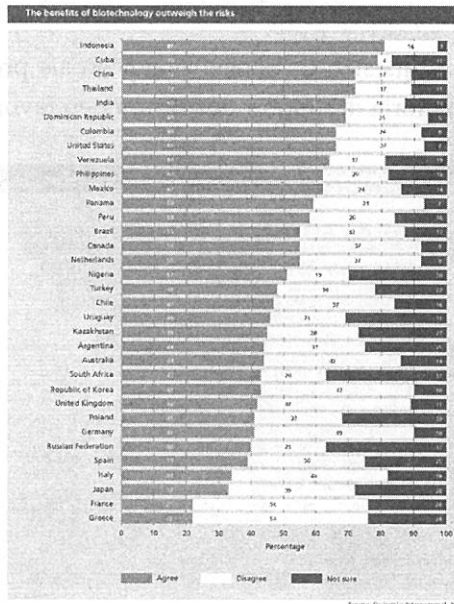
Países produtores de culturas biotecnológicas

Duas características das culturas GM dominam a nível mundial: tolerância a herbicidas (63 %), resistência a insectos (18 %) e a combinação de ambas o restante [11].

### 8. Opinião Pública sobre a Biotecnologia

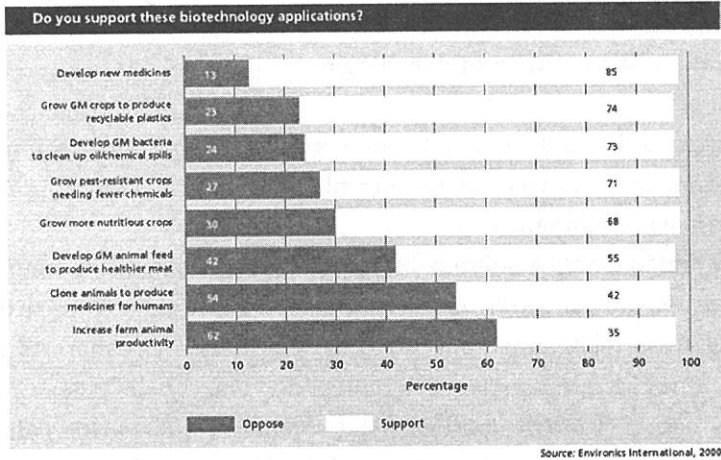
A atitude do público perante a biotecnologia tem um papel importante em determinar se as técnicas de engenharia genética serão adoptadas na agricultura e nos alimentos [1].

A opinião pública sobre a biotecnologia agrícola difere amplamente consoante os países, sendo que a população Europeia expressa opiniões mais negativas relativamente à das Américas, Ásia e Oceânia. As atitudes estão geralmente relacionadas com o nível de vida, com as pessoas dos países mais pobres a terem opiniões mais favoráveis que as dos países mais ricos, embora haja excepções a este padrão [1].



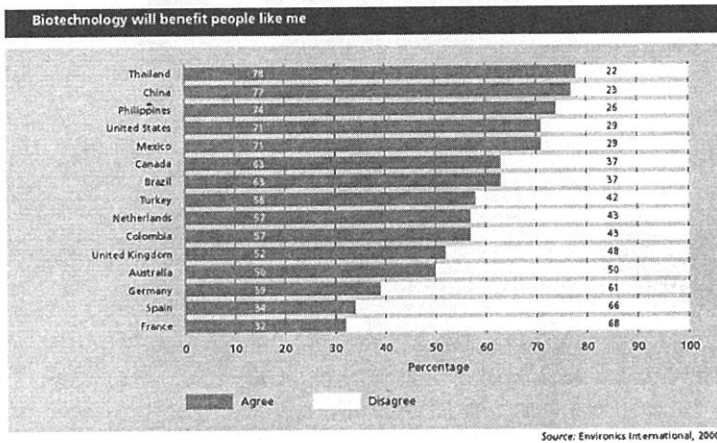
Benefícios da biotecnologia sobrepõem-se ao risco

As aplicações da biotecnologia relacionadas com animais são consideravelmente menos apoiadas que as aplicações em plantas e bactérias [1].



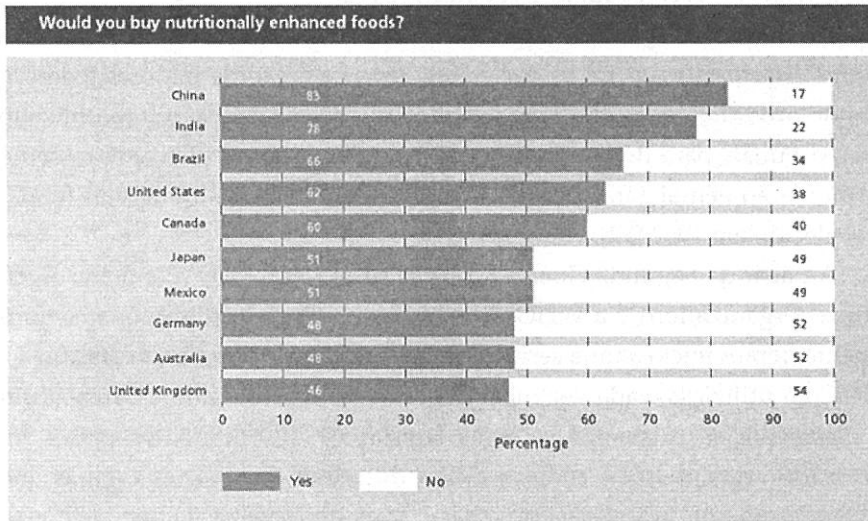
### Opinião acerca das aplicações da biotecnologia

Relativamente à questão dos benefícios pessoais provenientes do uso da biotecnologia a maioria dos inquiridos respondeu favoravelmente [1].



### Benefícios pessoais provenientes da biotecnologia

A maioria dos inquiridos respondeu que comprariam alimentos nutricionalmente alterados, mantendo a tendência para a população europeia ter opiniões menos favoráveis que os restantes continentes embora as diferenças geográficas não sejam tão acentuados com anteriormente [1].



Opinião sobre a aquisição de produtos nutricionalmente enriquecidos

## 9. SEGURANÇA ALIMENTAR

Proteger a pureza das fontes alimentares de uma nação tem sido função dos governos durante séculos.

Na antiga cidade grega de Atenas o vinho e a cerveja eram inspeccionados para aferir a sua pureza e estado de conservação. Os Romanos tinham um sistema bem organizado para o controlo estatal dos alimentos de modo a proteger os consumidores de produtos fraudulentos e mal produzidos. Na Europa na Idade Média, vários países emitiram leis relativamente à qualidade e segurança dos ovos, salsichas, queijo, cerveja, vinho e pão. Alguns desses estatutos antigos ainda existem hoje [12].



Só a partir da segunda metade do século XIX é que foram desenvolvidas as primeiras leis gerais para os alimentos e tiveram início sistemas estruturados para o controlo alimentar. As leis e os padrões estabelecidos nessa época foram maioritariamente desenvolvidos para prevenir adulterações e proteger os consumidores de fraudes [12].

No Império Austro-Húngaro entre 1897 e 1911 foi desenvolvido o *Codex Alimentarius Austriacus* que reunia uma colecção de padrões e descrições de produtos para uma grande variedade de alimentos, sendo utilizado pelos tribunais para determinar a qualidade dos mesmos. Este emprestou o seu nome ao actual International Codex Alimentarius Commission (CAC) estabelecido em 1962 [12].

A partir da Segunda Guerra Mundial surgiram a FAO (Food and Agriculture Organization) e a WHO (World Health Organization), que conjuntamente deram início a uma série de encontros sobre nutrição e áreas afins.

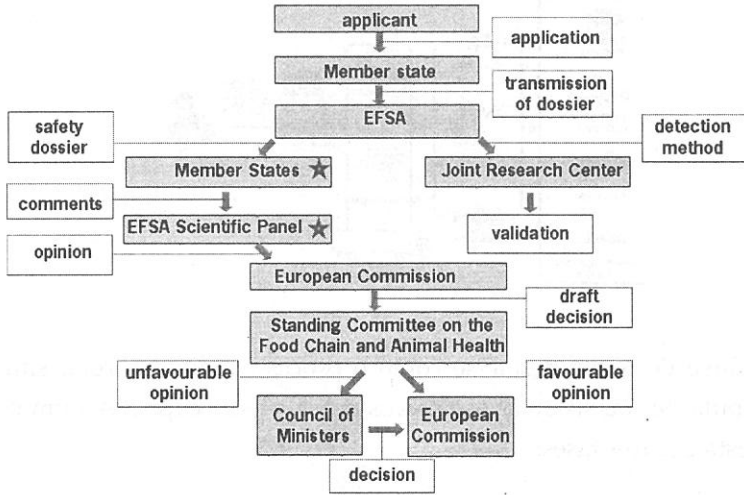
Com utilização cada vez mais frequente de aditivos alimentares e com as discrepâncias existentes entre as legislações dos diferentes países foi necessário criar padrões, códigos de conduta, recomendações e guias que tutelem a sua aplicação de modo a haver uma uniformização que facilitasse e protegesse o intercâmbio e a distribuição de produtos alimentares a nível mundial. Estes princípios encontram-se no volume I do *Codex Alimentarius*.

Em 2002 a Comissão da União Europeia após a implementação do Regulamento UE 178/2002, separa a parte política da científica e a responsabilidade de avaliação de risco dos aditivos para ser transparente ao consumidor, passou da Comissão Europeia para a EFSA (European Food Safety Authority), em Parma. O objectivo da EFSA é dar opiniões científicas e suporte técnico e científico à Comissão Europeia e aos estados membros no campo dos alimentos e da segurança alimentar. A EFSA é constituída por oito Painéis sectoriais, um dos quais é o Painel GMO. No topo dos Painéis existe um Comité Científico (onde se sentam os Presidentes dos 8 Painéis e 6 cientistas independentes escolhidos por concurso internacional). É deste último Comité que são realizadas as opiniões em conjunto com o dos Painéis.

Nos Estados Unidos as questões relacionadas com a segurança alimentar estão sobre a tutela da FDA (Food and Drug Administration).

### 9.1 Segurança Alimentar/GMO

Processo da UE para a aprovação de alimentos GM



★ scientific issues

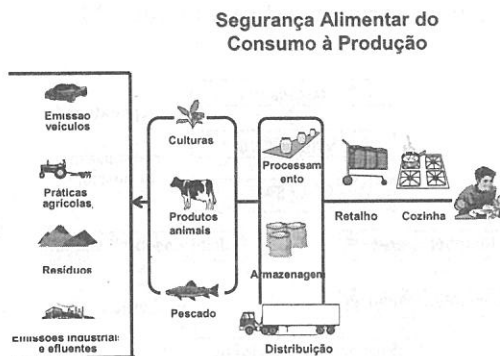


Como se pode compreender o processo de aprovação de alimentos GM é complexo e envolve várias comissões e opiniões científicas. Tudo isto tem como objectivo assegurar que são analisados todos os possíveis riscos para a saúde humana, saúde animal e ambiental.

A política da segurança alimentar na União Europeia é baseada numa abordagem compreensiva e integrada da análise de risco em toda a cadeia alimentar – desde da produção até ao prato [14]. Aliás esse conceito evoluiu

e hoje considera-se o reverso, em inglês diz-se: “From Table to Stable”, “From Fork to Farm”, “From Throat to Boat”, “From Dish to Fish”, “From Consumer to Environment”, “From Consumption to Production”.

Quando se pretende analisar a Segurança Alimentar é necessário fazer uma Análise de Risco.



**Análise de Risco** define-se como o processo para controlar situações onde populações ou sistemas ecológicos possam estar expostos a um perigo. É composta por três fases:

**Avaliação do Risco; Maneio do Risco e Comunicação do Risco [14].**

<b>1ª FASE</b>	<b>AVALIAÇÃO DO RISCO</b>	Identificação do Perigo
		Caracterização do Perigo
		Avaliação da Exposição ao Risco
		Caracterização do risco
<b>2ª FASE</b>	<b>MANEIO DO RISCO</b>	Avaliar as alternativas políticas
		Selecionar e implementar opções apropriadas
<b>3ª FASE</b>	<b>COMUNICAÇÃO DO RISCO</b>	Troca interactiva de informação e opiniões

Esquema da Análise de Risco [20].

Todas estas fases têm uma entidade responsável pela sua implementação. Assim sendo:

**Avaliação do Risco** – EFSA ou Cientistas Nacionais (e.g. ASAE)

**Maneio do Risco** – Políticos: Comissão Europeia ou Governos Nacionais e os seus órgãos próprios (no caso de Portugal a ASAE)

**Comunicação do Risco** – os órgãos de comunicação da EFSA, ASAE ou outros que comunicam aos média que por sua vez esclarecem o consumidor

Para além da Avaliação do Risco é da responsabilidade da EFSA estabelecer procedimentos para a monitorização de riscos emergentes (perigos relacionados com alimentos ou com a dieta que no futuro poderão ser um risco para a saúde humana) [15].

MULTIDIMENSIONALIDADE DOS REQUISITOS				
PILARES DA SEGURANÇA ALIMENTAR E QUALIDADE				
REQUISITOS				
SEGURANÇA ALIMENTAR	SAÚDE PLANTA/ANIMAL	QUALIDADE DO PRODUTO	AMBIENTE	SOCIAL
MRLs	Vigilância	Composição do produto	Controlo da água e qq contaminação	Padrões mão-de-obra
Limite metais pesados	Quarentena	Limpeza do produto	Protecção da biodiversidade	Padrões de Fair Trade
Aditivos	Avaliação de Risco de Pestes	Classificação	Protecção em espécies distintas	Padrões de Bem Estar Animal
Requisitos de Higiene	Sanidade	Necessidades de rotulagem	Reciclagem	
Traçabilidade	Restrições no alimento para animais	Controlo dos itens nutricionais	Necessidade de produtos orgânicos	
HACCP	Vacinação	ISO 9002		
Drogas Veterinárias				

## 9.2 Análise do Risco

A Avaliação do Risco providencia as bases científicas nas quais o processo de Análise de Risco vai assentar [14]. Avaliação do Risco define-se como um processo de avaliação incluindo a identificação de possíveis incertezas, da caracterização e severidade dos efeitos adversos que ocorrem no homem e no ambiente após a exposição, sobre condições definidas, a uma fonte de risco [14].

O impacto dos GMO no ambiente e na saúde humana de ser criteriosamente avaliado [16]. Em prol do bem-estar da população as pesquisas relativamente à segurança alimentar devem ser aprofundadas de modo a que estes alimentos possam ser consumidos sem riscos [17].

Na avaliação do risco de plantas e produtos GM deve ser tido em conta o seguinte [18]:

- Caracterização dos organismos dadores e receptores
- Modificação genética e as suas consequências funcionais
- Potencial impacto ambiental
- Características agronómicas
- Potencial toxicidade e alergenicidade dos produtos do gene, dos metabolitos da planta e da planta GM inteira
- Características nutricionais e da composição
- Influencia dos processos de processamento nas propriedades dos alimentos
- Potenciais alterações na dieta
- Potencial impacto nutricional a longo prazo
- Os efeitos desejados e indesejados relativos à transformação genética

**Abordagem comparativa** - A estratégia para avaliar o risco baseia-se numa abordagem comparativa, ou seja, comparar os GMO e produtos derivados com os seus equivalentes não GM [18]. Com esta abordagem comparativa assume-se que as plantas cultivadas por métodos tradicionais têm um

historial de utilização segura tanto para humanos e animais como para o ambiente. Estas culturas vão servir de “baseline” para a avaliação da segurança ambiental e alimentar das culturas GM [21].

Para ser feita esta abordagem foram desenvolvidos dois conceitos importantes, o conceito de familiaridade e de equivalência substancial [18].

**Conceito de familiaridade** – Este conceito baseia-se no facto da maioria das plantas GM serem desenvolvidas a partir de organismos cuja biologia é bem conhecida e estudada. A escolha apropriada do comparativo não GM é o elemento chave para a avaliação nutricional/segurança [23]. Na avaliação do risco devem ser claramente identificadas as diferenças entre as culturas GM e não GM, incluindo o seu manejo e utilização, focando a significância e as implicações de tais diferenças.

**Conceito de equivalência substancial** – O conceito de equivalência substancial é baseado na ideia que, se um organismo é utilizado como alimento e tem um historial de utilização segura pode servir como termo de comparação na avaliação da segurança de um alimento geneticamente modificado. São identificadas as semelhanças e potenciais diferenças entre os alimentos GM e não GM e avaliado o seu impacto toxicológico e nutricional no homem e nos animais. O primeiro passo nesta abordagem é uma análise comparativa das características moleculares, agronómicas e morfológicas do organismo em questão assim como da sua composição química. Na segunda fase são feitos testes nutricionais e de segurança específicos mais aprofundados.

*Estudos de alimentação animal com alimentos GM (Animal feeding trials with whole GM foods/feed)*

Quando não for possível identificar um organismo com características que lhe permitam servir de termo de comparação torna-se necessário fazer outro tipo de estudos. Estes envolvem a avaliação das alterações presentes nos animais alimentados com o alimento GM em questão.

**Monitorização do risco ambiental** – O impacto ambiental negativo causado por plantas GM deve ser continuamente monitorizado. Devem ser desencadeados programas sistemáticos de pesquisa que permitam conhecer

os seus riscos a longo prazo bem como a avaliação do potencial risco em espécies não alvo [22]. Quando se trata da avaliação do risco de plantas GM com acumulação de transformações genéticas estas devem ser sujeitas a um período experimental mínimo de um ano onde são realizados testes laboratoriais adicionais [24].

## 10. LEGISLAÇÃO

### **Legislação nacional para organismos geneticamente modificados**

Decreto-Lei nº 72/2003 de 10 de Abril – regulamenta a libertação no ambiente de organismos geneticamente modificados para qualquer fim diferente da colocação do mercado, bem como a colocação do mercado de produtos que os contenham ou por eles sejam constituídos, em conformidade com o princípio da precaução e tendo em vista a protecção da saúde humana e do ambiente;

Decreto-Lei nº 168/2004 de 7 de Julho – assegura a execução e garante o cumprimento, na ordem jurídica interna, das obrigações decorrentes para o Estado Português do Regulamento CE n.º1830/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Setembro, que estabelece as regras relativas à rastreabilidade e rotulagem aplicáveis aos produtos que contenham ou sejam constituídos por organismos geneticamente modificados aos géneros alimentícios e aos alimentos para animais produzidos a partir de OGM;

Decreto-Lei nº 164/2004 de 3 de Julho – adita o artigo 15.º A , o n.º 3 do artigo 26.º e os artigos 26. A e 38. ao Decreto-Lei n.º 72/2003, de 10 de Abril;

Decreto-Lei nº 7/2004 de 17 de Abril – aprova o Protocolo de Cartagena sobre Segurança Biológica à Convenção sobre a Diversidade Biológica;

Decreto-Lei nº 160/2005 de 21 de Setembro – regula o cultivo de variedades geneticamente modificadas, visando assegurar a sua coexistência com culturas convencionais e com o modo de produção biológico;

Portaria nº 904/2006 de 4 de Setembro – estabelece as condições e o procedimento para o estabelecimento de zonas livres de cultivo de variedades geneticamente modificadas;

Decreto-Lei nº 387/2007 de 28 de Novembro – cria o Fundo de Compensação destinado a suportar eventuais danos, de natureza económica, derivados de contaminação acidental do cultivo de variedades geneticamente modificadas;

Portaria nº 1611/2007 de 20 de Dezembro – altera a Portaria n.º 904/2006, de 4 de Setembro, que estabelece as condições e o procedimento para o estabelecimento de zonas livres de cultivo de variedades.

## 11. CONCLUSÃO

A utilização de organismos geneticamente modificados e seus derivados na alimentação humana e animal é um facto da actualidade.

Embora existam preocupações a nível mundial sobre o impacto no ambiente e na saúde humana da utilização de alimentos transgénicos também é verdade que são várias as vantagens que podem advir da sua produção.

Tendo em vista avaliar os riscos, tanto existentes como emergentes, da utilização dos GMO as agências governamentais criaram várias comissões e autoridades internacionais. Estas são dotadas de recursos humanos e técnicos que lhes permitem emitir opiniões científicas fundamentadas nas quais os governos se possam basear para tomar decisões relativamente à produção e comercialização de organismos geneticamente modificados.

É provável que no futuro os desafios provenientes da utilização da biotecnologia sejam cada vez maiores. Se por um lado teremos mais vantagens por outro também teremos mais riscos e incertezas das consequências da sua utilização. As decisões tomadas nesta área têm que ser muito bem ponderadas pois afectarão o futuro do nosso planeta e das gerações seguintes.



## 12. Referências Bibliográficas

- [1] FAO, The State of Food and Agriculture 2003-2004 [http://www.fao.org/sof/sofa/index\\_en.html](http://www.fao.org/sof/sofa/index_en.html)
- [2] CBD – Convention on Biological Diversity. <http://www.cbd.int/convention/articles.asp>
- [3] Cartagena Protocol on Biosafety. <http://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-en.pdf>
- [4] <http://www.fao.org/biotech/indexglossary.asp>
- [5] Biotecnologias da Reprodução Animal. *Ciênc.Vet.Trop.*, Recife PC. v 11, suplemento 1, p. 145-148 abril 2008
- [6] Ethical, Social, Environmental and Economic Issues in Animal Agriculture. FAO/IAEA International Symposium on “Applications of Gene-based Technologies for Improving Animal Production and Health in Developing Countries”, October 6 to 10, 2003, Vienna, Austria
- [7] Transgenic plants and world agriculture, The National Academy Press, Washington, D.C., July 2000. <http://www.nap.edu/html/transgenic/>
- [8] Agricultural Biotechnology: Food Safety and Environmental Benefits, Office of the United States Representative, September 2008, [www.fas.usda.gov/itp/wto/eubiotech/factsheets/2006-09-28-biotech-safetyandenv.pdf](http://www.fas.usda.gov/itp/wto/eubiotech/factsheets/2006-09-28-biotech-safetyandenv.pdf)
- [9] Friends of the Earth Europe, Throwing Caution to the Wind, November 2004
- [10] James, C. ISAAA, Brief 37, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007
- [11] Genetically Modified Crops Only a Fraction of Primary Global Crop Production, Alice McKeown, December 2008, <http://www.worldwatch.org/node/5950>
- [12] Codex Alimentarius: how it all began. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org>
- [13] Kleter, G.A., Kuiper, H.A.. EU Regulatory Framework and Status of Genetically Modified Crops, EAAP workshop 8, Antalya, September 2006
- [14] Food and Chemical Toxicology, vol 40, February/March 2002
- [15] Forming a Global System for Identifying Food-related Emerging Risks. EFSA/SC/EMRISK/246 Report, 2006
- [16] Nodari, R.O., Guerra, M.P. Plantas transgênicas e os seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas), *Rev. Nutr.*, Campinas, 16(1):105-116, jan./mar., 2003

- [17] Cavalli, S.B..Segurança alimentar: A abordagem dos alimentos Transgênicos. Rev. Nutr.,Campinas, 14 (suplemento): 41-46, 2001
- [18] The Risk Assessment Strategy, The EFSA Journal (2006) 99, 1-100
- [19] Fernandes, T.H.. Risk Assessment of GM Plants and Derived Food and Feed, ECVCN – Nantes, October 2006
- [20] Kuiper, H.A.. Safe Foods Progress Meeting Stuttgart, November 29-30, 2004
- [21] Kuiper, H.A.. Precaution in Risk Characterisation of GM Plants Regarding Food/Feed Safety and Environmental Impact, Vienna, 18-19 April 2006
- [22] EFSA, Guidance document of the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed by Scientific Panel on Genetically Modified Organisms (GMO) – Document update 2008
- [23] Kuiper, H.A.. Kleter, G.A..Food Safety and Nutritional Aspects of Modification of Crop Quality, RIKILT Institute of Food Safety, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands
- [24] Guidance document of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms for the risk assessment of genetically modified plants containing stacked transformation events. The EFSA Journal (2007) 512, 1-5
- [25] Biotechnology at work, Biotechnology Industry Organization, 1989
- [26] Theresa Phillips, About.com, Early Biotechnology Practices
- [27] Biotechnology: A Guide to Genetic Engineering, Wm. C. Brown, Publishers, Inc, 1993
- [28] Food Technology, January 2000, Vol. 54, No.1

Esta publicação resulta da adaptação parcial do trabalho final do curso de pós-graduação em “Medicamentos e produtos de saúde à base de plantas”, realizado na Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra.

*Ciência e Tecnologia no século XX – GMO***RESUMO:**

Neste estudo faz-se uma abordagem dos Organismos Geneticamente Modificados: razões e impacto das suas aplicações, panorama mundial e questões respeitantes à segurança alimentar. São feitas algumas reflexões sobre a sua história, impacto social e consequências na opinião pública. A biotecnologia moderna é uma ferramenta de grande potencial para a obtenção de produtos de elevado interesse a partir da modificação de seres vivos. As técnicas podem aplicar-se tanto em animais como em plantas embora actualmente a biotecnologia vegetal tenha maior expressão. Existem benefícios e riscos na sua utilização. A Segurança Alimentar pretende analisar o risco a que estão expostas populações e sistemas ecológicos com os GMO.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Transgénicos; GMO; biotecnologia; segurança alimentar; análise de risco

*20th Century Science and Technology – GMO***ABSTRACT:**

This study focuses on Genetically Modified Organisms: causes and impacts of uses, global scope and food safety issues. It analyses its history, social impact and consequences for the public opinion. Modern biotechnology is a tool with great potential for obtaining high-value products by modifying living beings. These techniques can be used

either on animals and plants, although currently plant biotechnology is more widespread. There are benefits and risks to its use. Food safety aims at assessing risk exposure of human beings and ecological systems to OGMs.

**KEY-WORDS:**

Transgenic organisms; GMO; biotechnology; food safety; risk analysis

*Science et Technologie au XXème siècle – GMOs***RÉSUMÉ :**

Cette étude est une approche aux Organismes Génétiquement Modifiés: les raisons et l'impact de ses applications, le panorama mondial et les questions relatives à la sécurité alimentaire. Quelques réflexions sur leur histoire, leur impact social et les conséquences sur l'opinion publique. La biotechnologie moderne est un outil d'un grand potentiel pour l'obtention de produits d'un grand intérêt à partir de la modification des êtres vivants. Les techniques peuvent être appliquées aussi bien chez les animaux et les plantes, bien que actuellement la biotechnologie végétale soit plus expressive. Il y a des avantages et des risques de son utilisation. La sécurité alimentaire prétend examiner les risques auxquels sont exposés les populations et les systèmes écologiques avec les OGM.

**Mots-clés :**

Transgéniques, OGM, biotechnologies, sécurité alimentaire, l'analyse des risques

## ÍNDICE

1. Introdução	7
2. Biotecnologia – uma perspectiva histórica	8
3. Biotecnologia	10
3.1 Caracterização dos recursos genéticos	11
3.2 Genômica	12
3.3 Marcadores moleculares	13
4. Biotecnologia vegetal	13
4.1 Micropropagação e cultura de tecidos e células	13
4.2 Seleção In Vitro	14
4.3 Engenharia genética	14
5. Biotecnologia animal	15
5.1 Inseminação artificial e ovulação múltipla/transferência de embriões	16
5.2 Engenharia genética	17
6. Razões e impacto da revolução genética	17
6.1 Necessidade da tecnologia GM	18
6.2 Exemplos de tecnologia gm que podem beneficiar a agricultura mundial	19
6.3 Riscos da utilização de tecnologias gm	22
6.3.1 Saúde humana	22
6.3.2 Ambiente	25
7. Panorama mundial	27
8. Opinião pública sobre a biotecnologia	29
9. Segurança alimentar	31
9.1 Segurança alimentar/Gmo	33
9.2 Análise do risco	36
10. Legislação	38
11. Conclusão	39
12. Referências Bibliográficas	40



Os Cadernos do CEIS20 são publicados pelo Centro de Estudos Interdisciplinares do Século XX da Universidade de Coimbra-CEIS20.

Esta publicação, de pequena dimensão, tem por objectivo dar a conhecer resultados parciais ou finais de pesquisas realizadas no âmbito deste Centro e reflectem, por isso, a actividade de investigação efectuada. Os trabalhos publicados têm que ser inéditos e devem incentivar o debate de temas e de problemas do século XX.

Coordenação: João Rui Pita

