

# Organismos Geneticamente Modificados



Joana Araújo

13 de Dezembro de 2003



Universidade Católica Portuguesa



Instituto de Bioética



# O Que é um OGM?

*Um organismo geneticamente modificado é um organismo, com excepção do ser humano, cujo material genético (DNA) foi alterado de um modo artificial por meio de cruzamentos e/ou de recombinação natural.*

Directiva 2001/18/CE do parlamento Europeu e do Conselho de 12 de Março de 2001





# Biotecnologia vs Eng. Genética

... as any technique that uses living organisms (or parts of organisms) to make or modify products, to improve plants and animals or to develop microorganisms for specific uses (US government ).

Aplicação de organismos, sistemas ou processos biológicos com o objectivo de obter bens ou serviços em benefício do Homem (OCDE, 1982).

**BIOTECNOLOGIA ≠ MODIFICAÇÃO GENÉTICA**



# Biotecnología vs Eng. Genética

BIOTECNOLOGIA

ENG. GENÉTICA

OGM



# Cronologia da Evolução Tecnológica

- **1860** – Gregor Mendel, *Pai da Genética*, demonstra a transmissão de determinadas características, de geração em geração. *Unidades de Hereditariedade* – Hoje *genes*
- **1919** – Eng. Karl Ereky utiliza pela primeira vez o termo *biotecnologia*
- **1953** – Descoberta da estrutura molecular do DNA (dupla hélice) (James Watson e Francis Crick)
- **1964** – Descoberta do código genético (Marshall Nirenberg)
- **1973** – Primeira experiência de Eng. Genética aplicada a um microrganismo (*Escherichia coli*)
- **1977** – Clonagem do primeiro gene humano
- **1983** – Primeira planta transgênica resistente a um antibiótico (tabaco)
- **1985** – Primeira planta transgênica resistente a um insecto



# Cronologia da Evolução Tecnológica

- **1986 – Primeiro campo experimental de culturas GM**
- **1987 – Primeira planta transgênica tolerante a um herbicida total**
- **1987 – Primeira vacina transgênica comercializável**
- **1988 – Produção do primeiro cereal transgênico**
- **1994 – Comercialização de uma cultura GM (tabaco) na CE**
- **1996 – Comercialização pela primeira vez na Europa de um alimento GM**
- **1997 – Primeira planta GM possuidora de um gene humano**
- **1997 – Primeiro mamífero clonado – ovelha Dolly**
- **1997 – Autorização, pela CE para a comercialização de milho GM**
- **2004 – Autorização, pela CE para a importação de milho GM para alimento de animais**

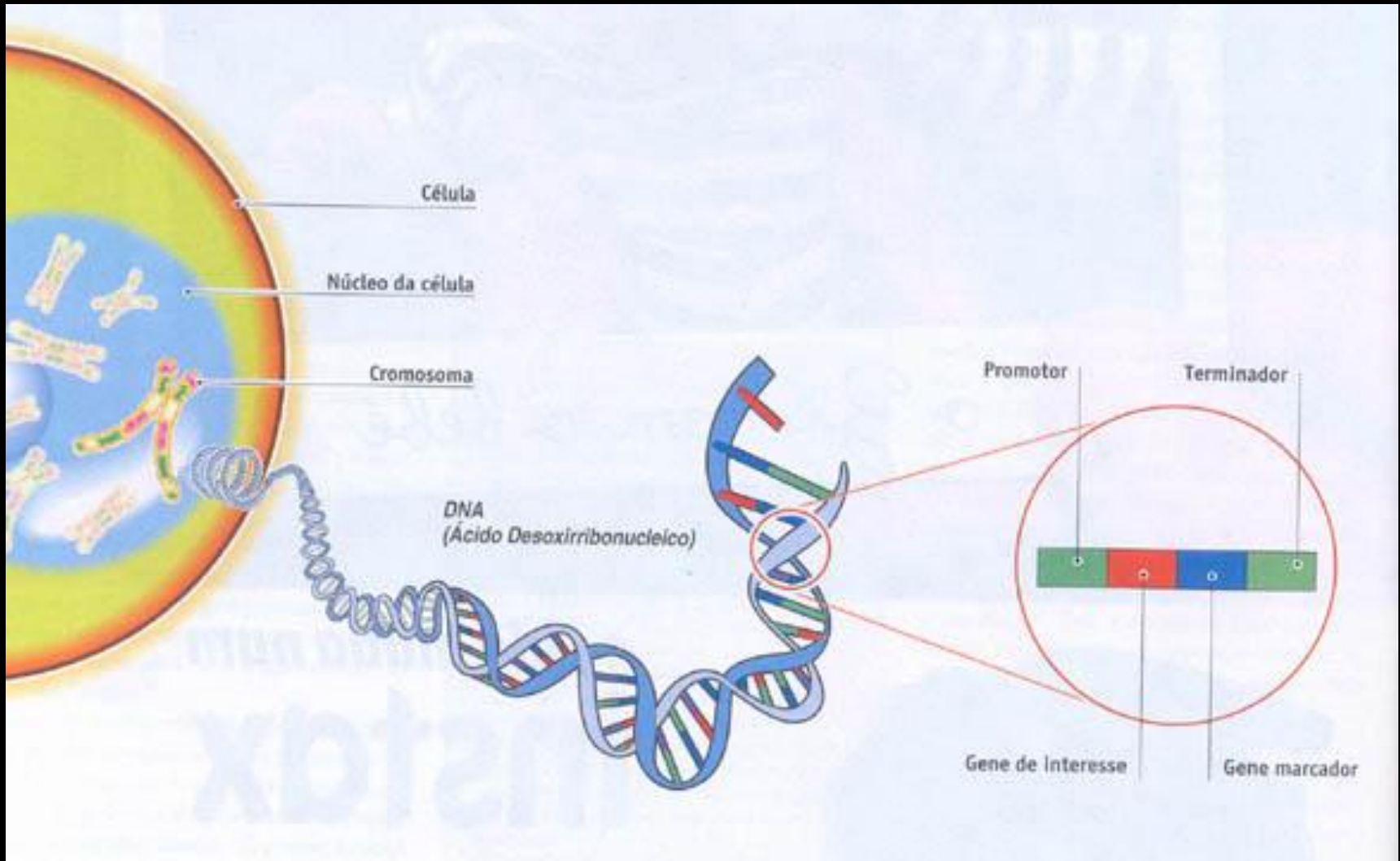


# Elementos da Produção de um OGM

Elemento	Função
1. Enzima de restrição	Proteína que corta o DNA do dador e o DNA do vector
2. DNA Ligase	Liga as extremidades livres do DNA do dador e do vector-vector recombinante
3. Vector de transferência	Agente para introduzir o gene a ser clonado num dado hospedeiro
4. Célula hospedeira	Célula que recebe o vector recombinante

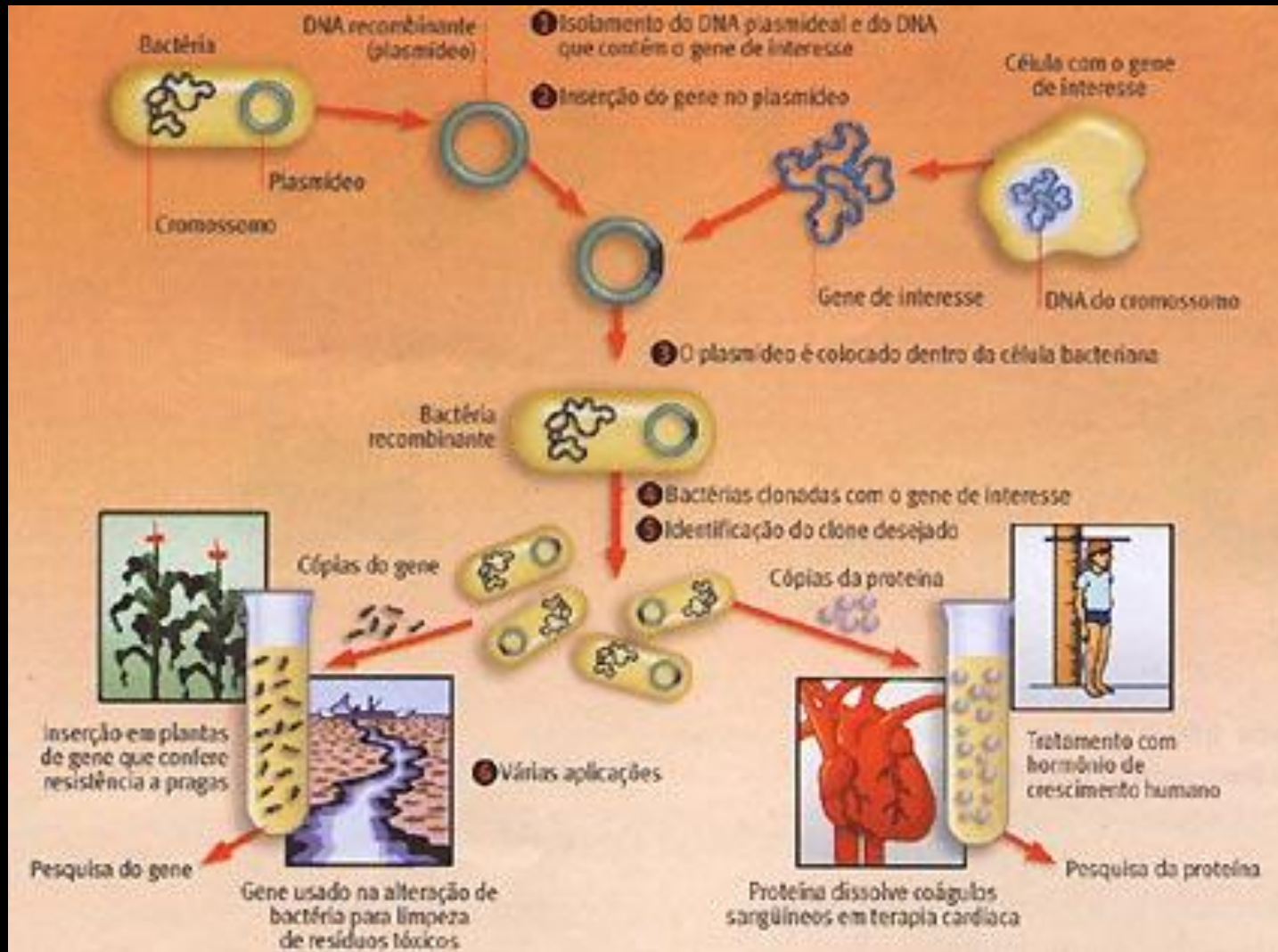


# Produção de um OGM





# Produção de um OGM





# Métodos de Transferência de ADN para plantas

## Plasmídeos

Estruturas circulares de DNA presentes nas bactérias que frequentemente possuem genes responsáveis pela resistência a antibióticos;

## Electroporação

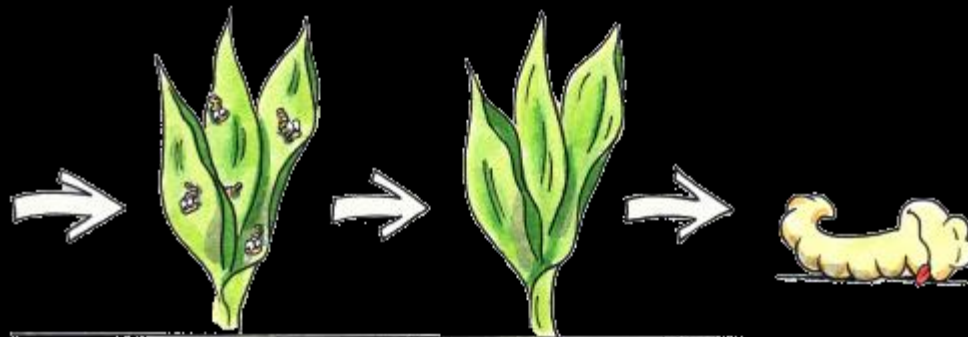
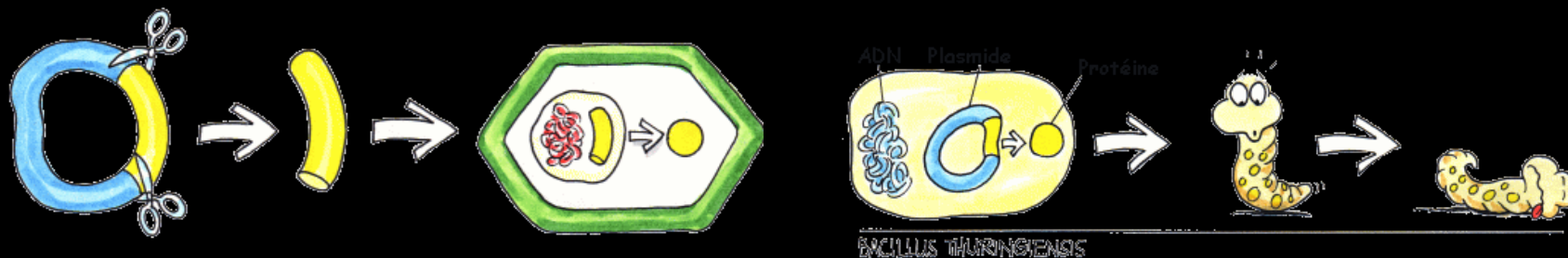
Os genes são introduzidos nas células-alvo através de poros existentes na membrana, criados por um campo magnético ;

## Bombardeamento com microprojecteis

Através de uma pistola genética, partículas esféricas de ouro ou tungsténio são envolvidas em DNA. Estas, são bombardeadas sobre as células-alvo, a velocidades elevadas (300-600 m/s), penetrando através da parede celular e membranas, sem danificar as células.



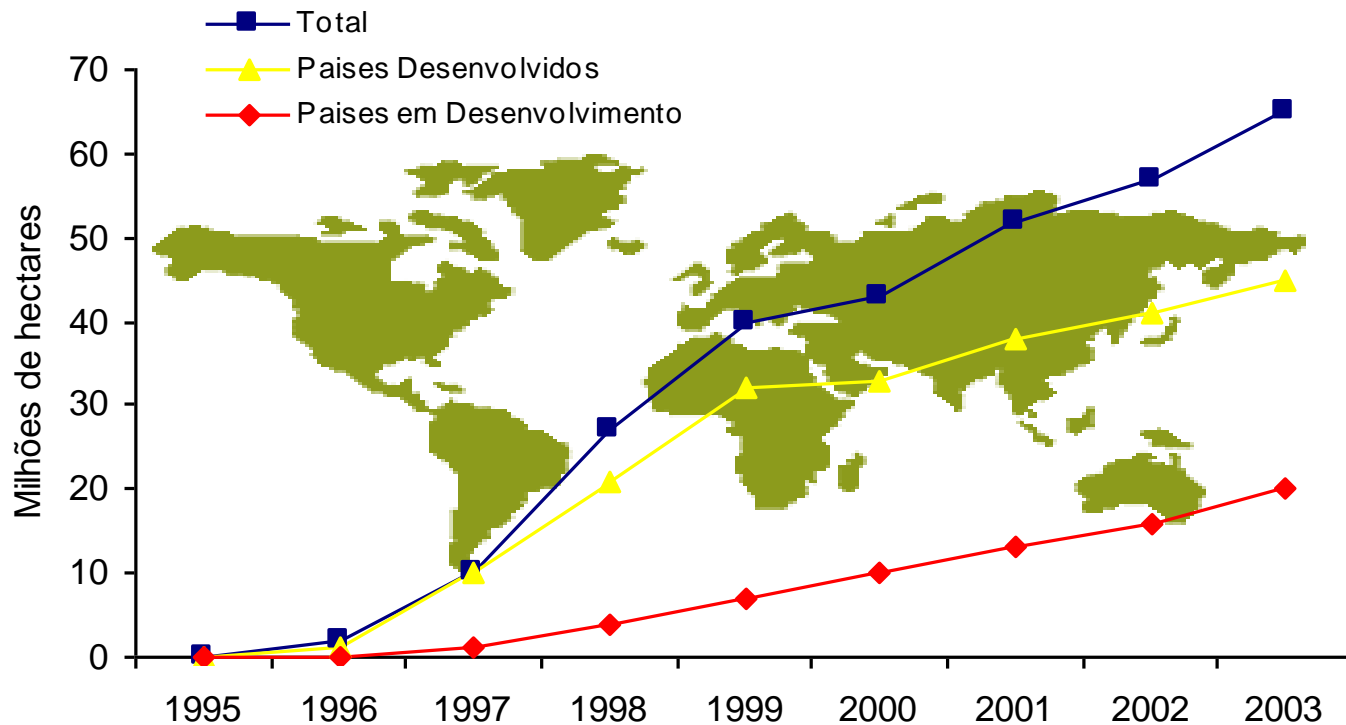
# Métodos de Transferência de ADN para plantas





# Situação mundial na produção transgénica do mundo

Área Global de Plantações Transgénicas  
(1996-2003)

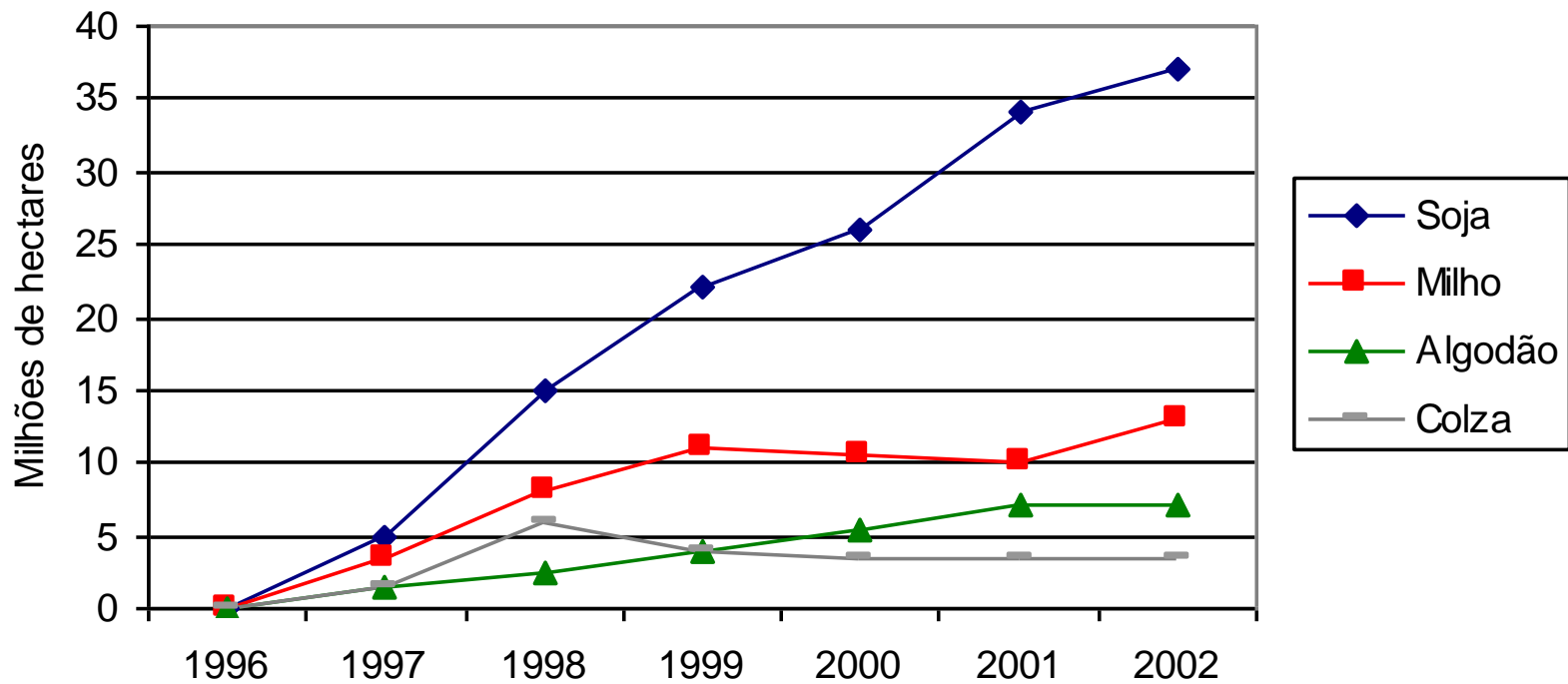


Área total prevista para culturas GM = 271 milhões de hectares



# Situação mundial na produção transgênica do mundo

## Superfície Mundial das Principais Culturas Transgênicas





# Situação mundial na produção transgênica do mundo

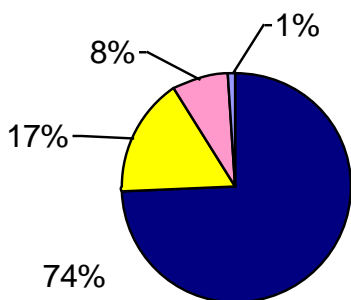


■ \* Os dez países que cresceram 50 mil hectares ou mais em plantações GM



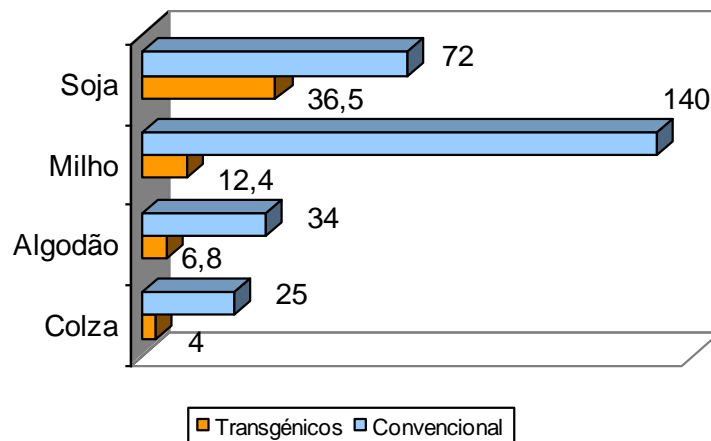
# Situação mundial na produção transgénica do mundo

## Características das Culturas Geneticamente Modificadas



■ Tolerância a Herbicida   ■ Resistência a Insectos  
■ Resistência e Tolerância   ■ Outras Características

## Principais Culturas (em milhões de hectares)



**Actualmente nos EUA:**

**70% da soja cultivada é GM;**

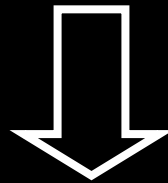
**35% do milho cultivado é GM;**

**50% da dieta americana é constituída por OGM;**



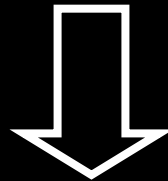
# Situação mundial na produção transgênica do mundo

- Normalmente as empresas produtoras de sementes transgênicas são as mesmas que produzem os herbicidas ao qual a planta é resistente;



Obrigatório comprar semente e herbicida ao mesmo fornecedor

**Sementes Estéreis**



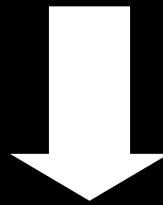
**IMPOSSÍVEL APROVEITAR**  
**MELHORES SEMENTES**

Obrigatório comprar sementes todos os anos



# Situação na União Europeia

- 1990 – Legislação que visa a regulamentação da introdução de OGM na UE;
- 1997 – Permitida a comercialização de culturas GM;
- 1998 – Autorização para o cultivo de quatro espécies geneticamente modificadas: colza, milho, soja e chicória



Até 2003

**Apenas 18 produtos geneticamente modificados foram aprovados dentro da UE**

**Apenas Alemanha e Espanha apresentam cultivo de OGM**



# Situação em Portugal



- **Anos 80 – Aparecem os primeiros projectos de investigação na área dos OGM;**
- **1993 – Primeiras autorizações para fins de investigação ou para desenvolvimento de OGM:**

**- Primeiros ensaios feitos numa variedade de tomate de vida prolongada (já retirado do mercado);**

**- Ensaios em diversos locais do país: Alentejo, Ribatejo, Coimbra, Abrantes, Viana do Castelo, Braga, Aveiro, Póvoa do Varzim;**

**- Ensaios em espécies-alvo: milho (> destaque), batata, eucalipto;**



# Situação em Portugal

▪ 1997 – Primeira grande acção de protesto – *Quercus* e *Greenpeace*;

▪ 1999 – Primeira autorização (DGPC) para inscrição no Catálogo Nacional de Variedades de Sementes de duas espécies de milho *Bt* para comercialização;

▪ 1999 – Ministério da Agricultura decide suspender «avaliação de novas variedades geneticamente modificadas assim como a inscrição da variedade “*Elgina*” e “*Compa Cb*” no Catálogo Nacional de Variedades e consequentemente o seu cultivo no nosso país».

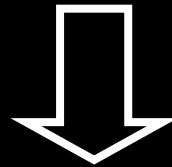


Despacho nº 4061/2000, 19 Fevereiro

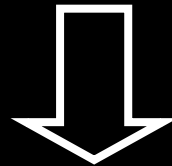


# Princípio da Precaução

## Urgência de Protecção do Meio Ambiente



Necessidade de definir normas e princípios que assegurassem a preservação do meio ambiente, não só para benefício da saúde e qualidade de vida das gerações actuais mas principalmente para as gerações futuras



**PRINCIPIO DA PRECAUÇÃO**





# Princípio da Precaução

## ▪ Década 70 – Princípio da Precaução associado ao Direito Germânico

Considerava que se poderia evitar a deterioração do mundo natural se a sociedade fizesse um bom e cuidado planeamento, de modo a evitar a instalação de actividades que, potencialmente pudessem despontar uma degradação ambiental.

## ▪ Cimeira da Terra - Declaração do Rio 1992

*« Para que o ambiente seja protegido será aplicada pelos Estados, de acordo com as suas capacidades, medidas preventivas. Onde existam ameaças de riscos sérios ou irreversíveis não será utilizada a falta de certeza científica total como razão para o adiamento de medidas eficazes em termos de custo para evitar a degradação ambiental».*

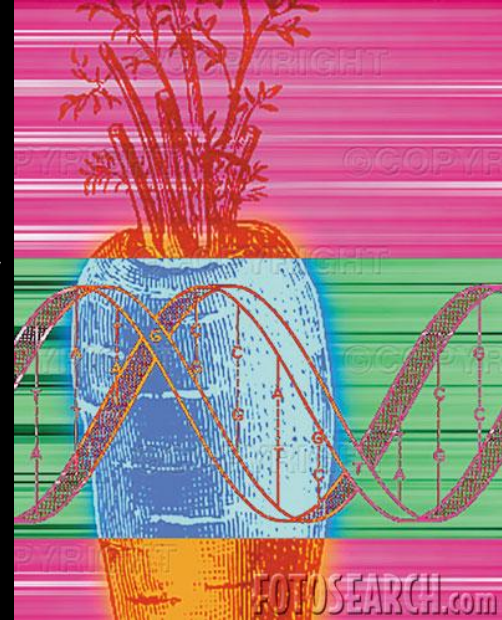


# Princípio da Precaução

## ▪ Janeiro de 1998 – Declaração de Wingspread

Ampla definição do Princípio da Precaução

*« Quando uma actividade for considerada possível de causar danos ao meio ambiente ou à saúde humana, medidas de precaução devem ser tomadas, mesmo que algumas relações de causa e efeito não sejam plenamente estabelecidas cientificamente ».*



Principais elementos:

- Precaução face às incertezas científicas
- Exploração de alternativas a acções potencialmente prejudiciais
- Transferência do “ónus da prova” (proponentes → vítimas)
- Uso de processos democráticos na adesão do princípio



# Princípio da Precaução

Não deve ser visto como um entrave à investigação científica

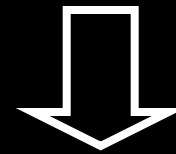
*O ser humano deve:*

aprender a lidar com as incertezas;

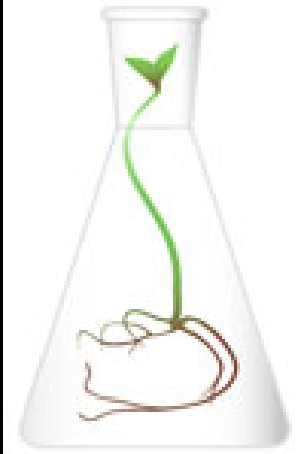
reconhecer a existência da possibilidade da ocorrência de danos;

avaliar com base em conhecimentos;

procurar formas de minimizar os seus efeitos.



**Procurar sempre um conhecimento prudente para uma vida decente**





# Princípio da Precaução

Fundamental a criação de princípios, normas e/ou leis

## AVANÇO TECNOLÓGICO

**BENEFÍCIOS**



**RISCOS**

Avaliação crítica e cuidada antes de qualquer decisão

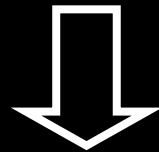


# Protocolo de Biossegurança

20 Janeiro de 2000

## ➤ Determina regras precisas para o comércio internacional de OGM

*«Contribuir para garantir um nível adequado de protecção para a transferência, manipulação e utilização seguras de organismos geneticamente modificados resultantes da biotecnologia, que possam ter efeitos adversos na conservação e na utilização sustentável da biodiversidade (...) tendo também em linha de conta os riscos para a saúde humana».*



➤ Qualquer país pode impedir a importação de transgénicos mesmo quando não existam certezas dos seus efeitos negativos.

➤ Pode alegar ausência de conhecimento científico suficiente sobre os riscos que possam advir dos OGM para a diversidade biológica

**APLICAÇÃO DO PRINCIPIO DA PRECAUÇÃO**



# Solução para a fome no mundo?

«Se alguém vos disser que os organismos geneticamente modificados vão acabar com a fome no mundo, digam-lhes que não é verdade (...) Acabar com a fome no mundo necessita de vontade política e financeira – não é uma questão de produção e distribuição.»

Steve Smith (Norfolk GM Crop Meeting, Março 2000)





# Solução para a fome no mundo?

## Agricultura como actividade viável:

- Alimentar um nº cada vez maior da população;
- Mais concentrada e urbanizada;
- Preço competitivo;
- Requerer cada vez menos mão de obra por parte da população;





# Solução para a fome no mundo?

## Agricultura recorrendo a OGM's:

- Agricultura mais rentável e mais produtiva;
- Maior variedade de produtos;
- Maior resistência a pragas;
- Redução do dinheiro gasto em pesticidas;
- Sementes com capacidade para crescer em solos pobres, climas agrestes;
- Sementes com maior conteúdo proteico;
- Pouca necessidade de rega ou maquinaria cara;





# Solução para a fome no mundo?

## Geração actual de Transgénicos:

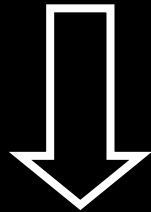
- Necessita de solos de alta qualidade;
- Grandes investimentos em maquinaria e químicos;
- Pensada sobretudo para rações animais;
- Alguns casos apresenta uma produção claramente inferior à agricultura tradicional.





# Solução para a fome no mundo?

**Alimentos para alimentar cerca de 1,5x da população mundial**



Não é o aumento da quantidade de alimentos mas sim a sua distribuição



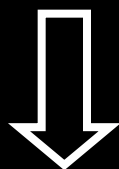
**Fome:** Ausência de recursos financeiros;  
Ausência de disponibilidade de terra.



# Solução para a fome no mundo?

**Próximos 30 anos:** Aumento da população em cerca de  
2 bilhões de pessoas

**Biotecnologia:** Papel fundamental na resposta à fome mundial



Sabiamente gerida: Verdadeira Bênção

Golden Rice;

Banana Terapêutica;



**OGM's:**

Devem ser utilizados em países em desenvolvimento especialmente com  
resistência a insectos e ao clima seco



# OGM's

***«Terá o Homem a capacidade de utilizar as maravilhosas conquistas deste ramo da ciência, iniciada na pequena horta de Brno, exclusivamente, ao serviço do Homem? O Homem começa a ter nas suas mãos o poder de controlar a sua própria evolução. A medida e os efeitos bons ou não, deste controlo dependerão não tanto da sua ciência mas, muito mais da sua sabedoria».***

**João Paulo II, 31 de Março de 2004  
Centenário morte Gregor Mendel**



Efeitos:

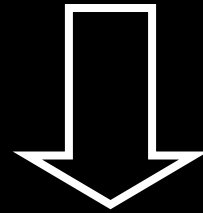


**OGM no AMBIENTE**



# OGM no Ambiente

**Mundo Natural  $\approx$  Vasta Complexidade**



**Avaliação de riscos e benefícios difícil de quantificar**

***Os riscos dependem:***

- Interações complexas decorrentes da modificação genética;
- História natural dos organismos envolvidos;
- Propriedades do ecossistema: variações climáticas, territoriais, biológicas, culturais, reacções da própria natureza.



# OGM no Ambiente

- Ensaio experimentais de pequena escala (estufa ou terreno)

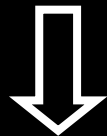
Limitados no espaço e no tempo → Difícil avaliação

- Cultivo de OGM:

- deve ser monitorizado durante várias décadas
- deve ser precedido de um estudo de impacto ambiental

- Seleção natural vs Engenharia Genética **Impossível comparação**

- Seleção natural não ultrapassa fronteiras entre espécies



**Milhões de anos: Evidência de inocuidade ecológica**



# OGM no Ambiente – Potenciais Riscos

- *Pleiotropia* (efeito múltiplo dos genes ou efeito da posição de inserção) – Pode originar uma praga ou prejuízos na comunidade biótica por competência ou interferência;
- Aumento do efeito negativo da pragas pré-existentes – “super pragas”;
- Polinização cruzada com variedades ou espécies próximas não transgênicas;
- Possibilidade de causar danos a espécies não-alvo;
- Aparecimento de insectos resistentes aos agentes pesticidas incorporados nas plantas;
- Prejuízos para a ecologia e microbiologia do solo – incorporação no terreno de subprodutos resultantes da manipulação genética;
- Redução da biodiversidade;



# OGM no Ambiente - Potenciais Benefícios

- Produção de matérias primas mais favoráveis para o ambiente (ex: plásticos biodegradáveis);
- Introdução de resistência ou tolerância a stresses abióticos (frio, seca, salinidade, frio), permitindo uma agricultura menos consumidora de recursos;
- Introdução de resistência ou tolerância a stresses biológicos, como diversos tipos de pragas, com a redução da necessidade de aplicação de pesticidas;
- Desenvolvimento de culturas tendentes a um menor consumo de agroquímicos, como herbicidas ou fertilizantes;



Efeitos:



OGM na AGRICULTURA



# OGM na Agricultura

## Melhoramento Genético

**Antigamente: Seleção Natural**



**Actualmente: Eng. Genética**



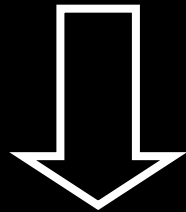
*Transferência DNA de:*

- Organismo para organismo
- Espécie para espécie



# OGM na Agricultura - Potenciais Riscos

- Redução de rendimentos dos agricultores:  
Multinacionais → Contratos → Custos para o agricultor
- Muitas vezes produtividade inferior à das culturas convencionais;
- Produção transgénica mais difícil de comercializar;



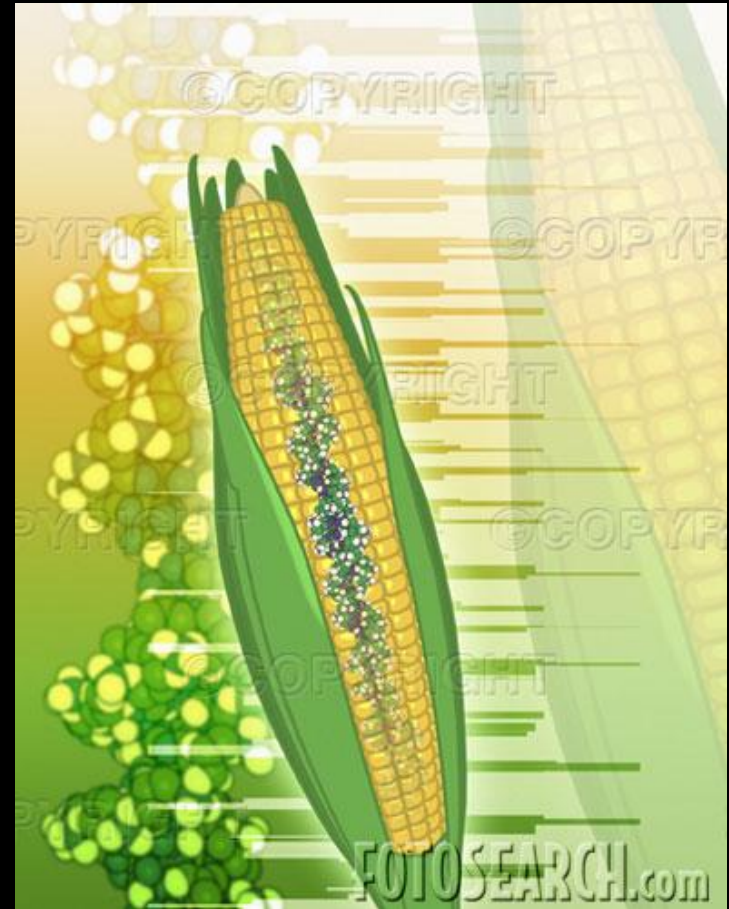
**Má aceitação por parte da comunidade**





# OGM na Agricultura - Potenciais Benefícios

- Engenharia Genética: Possibilidade de elaborar insecticidas biológicos
- O cultivo de plantas GM com insecticida incorporado diminui os custos e riscos de utilização de pesticidas;
- O cultivo de plantas GM com resistência incorporada diminui os custos de produção, eliminando a necessidade de tratamento dos vectores dos vírus;





Efeitos:

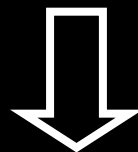


OGM na Saúde



# OGM na Saúde

**1998** – Nos EUA, um grupo de associações de consumidores, científicas, religiosas e ambientalistas colocaram a FDA (*Food and Drug Administration*) em tribunal. para obrigar a agência responsável pela segurança dos alimentos e medicamentos.



Obrigar a agência responsável pela segurança dos alimentos e medicamentos a testar a segurança dos alimentos GM antes de os aprovar e impor rotulagem após a aprovação.

**2000** – Elaborado um relatório dos artigos científicos publicados até à data relacionados com o efeito da toxicidade e efeitos adversos dos alimentos GM.

6 artigos



**Apenas 1 incidia sobre os possíveis efeitos que poderiam surgir no ser humano após ingestão de OGM**



## OGM na Saúde - Potenciais Riscos

- **Transferência de Genes:** Alimentos para humanos após ingestão de OGM;
- **Toxicidade:** Incorporação de determinado promotor num genoma pode resultar na expressão excessiva de determinado gene. Esta célula pode passar a ter uma concentração anormal da proteína correspondente ao gene afectado; risco de toxicidade para os humanos;
- **Poluição:** a principal característica dos OGM é a sua capacidade de resistência a herbicidas, o que permitiria que estes pudessem ser aplicados em excesso sem causar danos à planta, mas provocando danos quer ambientais quer saúde humana;
- **Resistência a antibióticos:** Uso de marcadores com características de resistência a antibióticos no início do processo (plasmídeos) que não são removidos, pode levar após a sua ingestão à transferência do gene de resistência para microrganismos do intestino humano.



# OGM na Saúde - Potenciais Benefícios

- Possibilidade de maiores disponibilidades alimentares;
- Possibilidade de obter plantas com maior riqueza nutricional (ex. arroz com maior teor de vitamina A – *Golden Rice*);
- Produção de substâncias de interesse terapêutico (ex. insulina, vacinas, hormona do crescimento, etc.);
- Capacidade de obtenção de plantas com menor grau de alergenicidade e toxicidade;
- Uma maior resistência a pragas leva a uma diminuição da necessidade do uso de pesticidas e herbicidas.



# Efeitos:



# OGM na Economia



# OGM na Economia - Potenciais Benefícios



- Vantagens competitivas
- Criação e comercialização de novo produtos.
- Redução de custos



# OGM na Economia - Potenciais Riscos



- Barreiras de mercado
- Patentes em biotecnologia

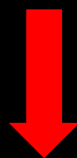


# Riscos vs Benefícios

## Engenharia Genética

Intrinsecamente segura?

Intrinsecamente insegura?



**Incertezas Científicas**



**Princípio da Precaução**

***«A ausência da prova não é prova da ausência»***

**Melhoria dos testes de segurança**



# Riscos vs Benefícios



A investigação deve continuar para minimizar as incertezas e os riscos;

Essencial criar estruturas que procedam à avaliação e monitorização dos trabalhos de investigação;

Fundamental a manutenção dos produtos e tecnologias tradicionais → manutenção espécies autóctones;



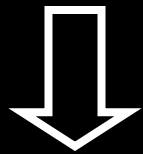
**Desenvolvimento Sustentável**



# Considerações Éticas

## Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948)

“O reconhecimento da dignidade inerente a todos os membros da família humana e os seus direitos iguais inalienáveis é o fundamento da liberdade, da justiça e da paz do mundo.”



Qualquer experimentação científica e tecnológica que tenha como objectivo a manipulação genética deve ter como pressuposto fundamental a dignidade da pessoa humana.



**Representa o que existe de mais sagrado no ser humano**



# Considerações Éticas

**Ser humano:**

**Desejo incontável de manipulação do material genético**

- Podemos modificar a composição genética dos seres vivos?
- Desejamos assumir os riscos decorrentes das actividades de engenharia genética?
- Existem perigos ou riscos nestas actividades?
- Devemos acreditar nos benefícios dessas actividades e aceitar esta realidade como uma transição na história da humanidade?



# Considerações Éticas

Modificações genéticas? Transferência de Genes? Alteração do genótipo?

## Contra

Andarão os cientistas a representar um papel divino?

Estará certo alterar as características inerentes?

Será correcto permitir alterações que não ocorrem naturalmente?

Poderão os cientistas interferir com milhões de anos de evolução natural?

É certo permitir-lhes que afectem a ordem natural da natureza?



# Considerações Éticas

Modificações genéticas? Transferência de Genes? Alteração do genótipo?

## Pró

Não é a modificação genética uma extensão do desenvolvimento?

Serão os alimentos GM perigosos ou a população é que está receosa de algo novo?



**A verdade é que não é possível conhecer todos os riscos envolvidos na modificação genética dos alimentos**



# Considerações Éticas

Podemos consumir com segurança os alimentos GM?

## Contra

Qual o grau de segurança da avaliação de risco que os cientistas fazem dos alimentos GM?

Ousaremos correr o risco de utilizar a modificação genética dos alimentos sem sabermos os seus efeitos a longo prazo?

Ousaremos expor o ambiente a plantas transgênicas?

Serão os alimentos transgênicos realmente necessários?



# Considerações Éticas

Podemos consumir com segurança os alimentos GM?

## Pró

Os alimentos GM não são apenas uma parte natural do desenvolvimento do Homem?

Será possível dizer não à tecnologia, sabendo que esta pode reduzir a utilização de insecticidas, herbicidas e proporcionar alimentos mais saudáveis?

Será razoável aceitar um grau de risco se os benefícios forem suficientemente grandes? Não estará isto associado a qualquer tipo de desenvolvimento?



# Considerações Éticas

Será justo haver patentes das plantas geneticamente modificadas?

## Contra

É aceitável que as empresas possam cada vez mais controlar os genes, os processos e os produtos químicos?

Não será a riqueza biológica da terra herança e propriedade de toda a humanidade?

Será justo as grandes empresas terem poder e controlo sobre a nossa cadeia alimentar?

Não estarão as multinacionais a alargar o fosso existente entre os ricos do ocidente e os pobres dos países subdesenvolvidos ?



# Considerações Éticas

Será justo haver patentes das plantas geneticamente modificadas?

## Pró

Será justo negar uma tecnologia capaz de nos proporcionar novas e valiosas descobertas?

Iremos correr o risco de as empresas não investirem dinheiro no desenvolvimento de alimentos GM melhores e mais baratos?

Será tão importante saber quem produz os alimentos, se estes forem melhores e mais baratos?

Poderão os países ricos recusar-se a salvar os pobres de morrer à fome?



# Considerações Éticas

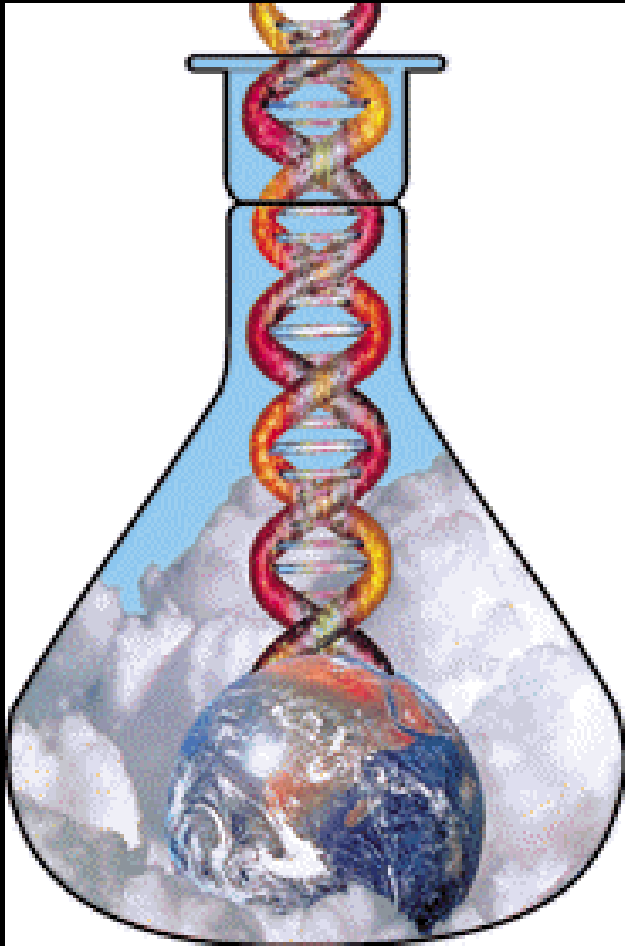
Para que os OGM sejam legítimos é crucial que estes não sejam prejudiciais à saúde humana, ao meio ambiente, às relações sociais e à integridade cultural.

O ser humano tem o direito de:

- Ser informado sobre a natureza dos OGM;
- Decidir sobre o consumo ou não de alimentos GM;
- Ter conhecimento por parte da comunidade científica, com provas dadas, da inocuidade dos organismos geneticamente modificados;



# Considerações Éticas



**Não existem resultados científicos que provem que o uso de OGM provoque danos para o ser humano;**



**Os cientistas têm a responsabilidade moral de demonstrar que as suas experiências no campo dos OGM têm objetivos claros e benéficos para a humanidade e não apenas o ponto de vista económico**



# Considerações Éticas



Os riscos da engenharia genética existem!

As vantagens também!

**É FUNDAMENTAL SER ÉTICO DE**  
**FORMA A NÃO HAVER**  
**ARREPENDIMENTOS AMANHÃ**