

# AVANÇOS BIOTECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA MUNDIAL

PAIVA, E.1; CARNEIRO, N.P.1

1 Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo. CP 151. CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

## INTRODUÇÃO

Para as pessoas que entendem e têm acompanhado o incrível avanço da Biotecnologia, o sentimento é de total surpresa no que se refere às reações de aceitação e rejeição destas novas ferramentas biológicas, que parecem oferecer, ao mesmo tempo, grandes benefícios e grandes riscos. Os criadores dessas Biotecnologias as enxergam como ferramentas que irão possibilitar às pessoas terem uma vida mais longa e saudável, aumentar a quantidade e a qualidade dos alimentos através de uma agricultura que associe produtividade com sustentabilidade e, ao mesmo tempo, preservar e recuperar a diversidade da Biologia e do Meio Ambiente. Por outro lado, os opositores enxergam os primeiros produtos Biotecnológicos já disponibilizados, em particular as plantas transgênicas, como ameaças, como produtos que oferecem altos riscos ambientais, alimentares e que ainda por cima irão permitir uma concentração de poder nas mãos de poucos, em detrimento da independência, da individualidade e da livre concorrência. Enfim, as discussões adquiriram uma conotação político-ideológica, onde o cerne da questão está focado em quem vai decidir como, quando e para quem estas Biotecnologias serão utilizadas. Os movimentos de rejeição e protestos, embora pareçam e serão num primeiro momento prejudiciais ao futuro da Biotecnologia, têm um importante papel no sentido de assegurar que estas ferramentas sejam somente utilizadas para proporcionar o bem-estar dos seres vivos que habitam nosso planeta.

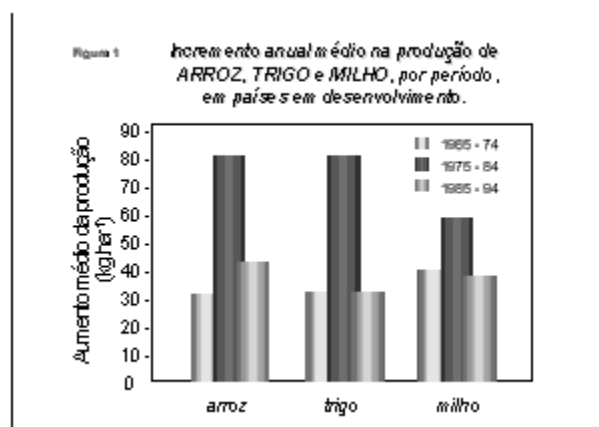
## ALIMENTANDO O MUNDO NO NOVO SÉCULO

A chamada Revolução Verde, iniciada no final da década de 50, possibilitou, através do uso de variedades melhoradas de arroz, trigo e milho e do emprego de defensivos e fertilizantes, que a produção de alimentos crescesse proporcionalmente ao aumento da população, que praticamente dobrou nos últimos 40 anos. Outro ponto positivo da Revolução Verde é o fato de que, a partir da década de 70, o preço dos alimentos ficou proporcionalmente 70% mais baixo, beneficiando principalmente as populações mais pobres, uma vez que essas gastam a maior parte do que ganham na compra de alimentos.

Apesar do sucesso da Revolução Verde, estamos entrando no século XXI com 20% da população dos países mais pobres, ou seja, 800 milhões de pessoas, que ainda não têm o suficiente para comer. É consenso mundial que, se nada for feito a curto prazo, o número de pobres e famintos vai aumentar e a pressão no meio ambiente poderá atingir patamares de irreversibilidade. As principais causas serão:

- Dados recentes sobre produção de alimentos têm demonstrado que os ganhos obtidos pela Revolução Verde já atingiram o seu máximo nos países em desenvolvimento (Figura 1).
- A população continua a crescer na maioria dos países pobres, que terão que alimentar no

- ano 2020 um adicional de 1,5 bilhões de pessoas.
- Há um aumento visível no nível de degradação ambiental, que é em grande parte causada pela própria agricultura intensiva hoje praticada. As terras férteis estão passando por um processo rápido de perda de fertilidade, erosão, contaminação e pressão de ocupação pelas cidades e indústrias. Não há mais terras férteis disponíveis no mundo que possam permitir uma expansão da área cultivada. Por exemplo, uma expansão agrícola em termos de área só seria possível hoje, no Brasil, se áreas marginais à agricultura como o solo Amazônico, o complexo do Pantanal e próprio Cerrado forem incorporados. Como essas áreas fazem parte de ecossistemas biologicamente sensíveis e sujeitos a estresses bióticos e abióticos intensos, uma agricultura viável do ponto de vista econômico e sustentável do ponto de vista ambiental só será possível se for baseada no que há de mais moderno em tecnologia agrícola.
  - Embora não haja hoje falta de alimento no mundo, há problemas sérios de distribuição. A experiência tem mostrado que, num mundo onde predomina a economia de mercado, a ajuda humanitária via distribuição de alimentos só funciona em casos específicos e por períodos curtos de tempo. Por exemplo, ajuda após uma catástrofe natural como um terremoto.



## GENOMA

É o conjunto de DNA no qual estão contidos todos os genes necessários à vida de uma determinada espécie. O DNA é a molécula orgânica que define quem e o quê somos. O genoma pode ser considerado como uma autobiografia da espécie desde sua origem. Ele contém informações do passado e também do futuro. Ele nos diz, por exemplo, que os chimpanzés são os nossos parentes mais próximos no reino animal e que nós, seres humanos, tivemos um ancestral em comum com as moscas das frutas há 600 milhões de anos. Ele também nos diz que temos um gene que poderá aumentar nossa predisposição à doença de "Alzheimer's" onze vezes, dependendo se o nucleotídeo na posição 334 do gene é um G ou um A. É no mínimo maravilhoso o conhecimento de que o genoma humano na sua forma gráfica ocuparia um volume correspondente a 800 bíblias e, ao mesmo tempo, é tão pequeno que possuímos trilhões de cópias no nosso organismo, uma em cada célula.

Já temos praticamente todo o genoma humano decifrado. Esse fato está sendo considerado um evento de alta significância médica e ética, mas muitos já o consideram o maior momento intelectual de nossa história.

Vários outros genomas, de organismos mais simples, já foram sequenciados, dentre eles vale ressaltar o caso da *Xylella fastidiosa*, bactéria fitopatogênica que provoca a clorose de cítricos. O genoma da *Xylella* é o quinto mais extenso já sequenciado completamente e o primeiro de um organismo causador de uma doença de plantas. O destaque no caso da *Xylella* é que o sequenciamento foi feito por uma equipe de 160 pesquisadores brasileiros, através de um modelo implantado de trabalho cooperativo em pesquisa sem precedentes na história da pesquisa brasileira. O projeto foi financiado pela FAPESP e causou uma mudança drástica fundamental na pesquisa biológica em São Paulo, tanto em termos de competência técnica como de infra-estrutura, colocando os grupos de pesquisadores envolvidos no projeto num patamar comparável ao dos melhores do mundo. Muito em breve teremos o primeiro genoma de planta sequenciado, "Arabidopsis", e os trabalhos estão avançados no caso do arroz e do trigo.

Embora o sequenciamento de um genoma permita identificar os genes, ele não nos permite elucidar diretamente suas funções. Muito trabalho será necessário após o sequenciamento dos diversos genomas, no sentido de entendermos o funcionamento e as interações dos milhares de genes necessários ao funcionamento de um indivíduo. Mas não há dúvida: até há pouco tempo atrás, o funcionamento dos genes em nível molecular era um mistério. Nós somos a primeira geração capaz de entendê-lo e, conseqüentemente, manipulá-lo.

## **ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS**

Cientistas, políticos e o público em geral vêm ultimamente discutindo vários aspectos da Moderna Biotecnologia, tais como: clonagem, xenotransplantes, testes genéticos, prospecção gênica, mas o que tem causado maior polêmica são os chamados organismos geneticamente modificados (OGMs).

A China foi o primeiro país a comercializar transgênicos, o que aconteceu em 1990. A comercialização em um país industrializado só ocorreu quatro anos depois, em 1994, nos Estados Unidos, com o tomate longa vida da Calgene. Em 1996, 1,7 milhão de hectares já eram cultivados com plantas transgênicas no mundo, atingindo, em 1999, cerca de 40 milhões de hectares (Tabela 1). Estas culturas transgênicas e seus produtos são em geral produzidos e aceitos nos países industrializados, como os Estados Unidos, o Canadá e a Austrália e em países em desenvolvimento, como a Argentina, a China, o México e a África do Sul. Enquanto sua produção e utilização ainda estão sendo discutidas na Europa, no Japão e no Brasil. Em 1999, a soja transgênica resistente a herbicida ocupou o primeiro lugar entre as plantas transgênicas comercialmente cultivadas, com 21,6 milhões de ha plantados, seguida do milho resistente a inseto (11,1 milhões de ha), algodão resistente a inseto (3,7 milhões ha), canola com resistência a herbicidas (3,4 milhões de ha) e hortaliças resistentes a insetos e vírus (Tabela 2).

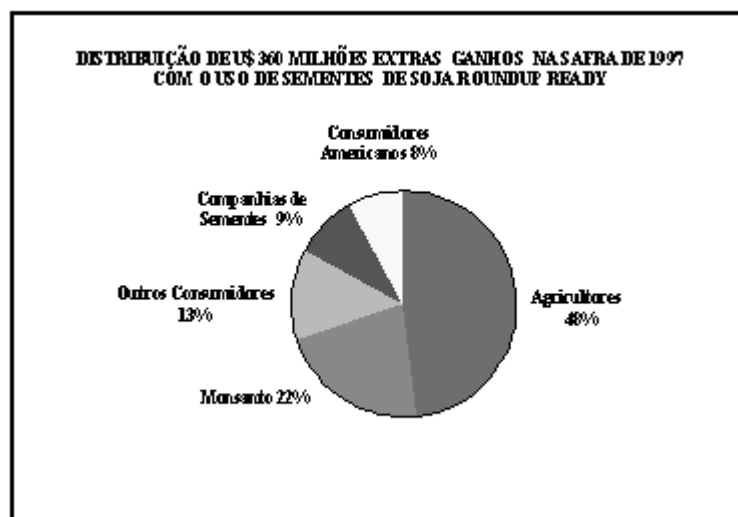
A rápida adoção das plantas geneticamente modificadas pelos agricultores se deve principalmente ao fato de que elas proporcionam uma maior flexibilidade no manejo da cultura, redução na quantidade de defensivos agrícolas utilizados (herbicidas, inseticidas), maior produtividade por área e maior retorno econômico. Estes benefícios fizeram com que os agricultores adquirissem confiança na tecnologia, resultando em maior satisfação e menor risco na execução de sua atividade agrícola e conseqüentemente uma adoção recorde da tecnologia.

Na Figura 2, são mostrados os dados referentes à distribuição de U\$ 360 milhões de benefícios econômicos extras, que foram ganhos na safra de 1997 com o plantio de sementes de soja "Roundup Ready". Como pode ser visto, os agricultores ficaram com 48%, enquanto a Monsanto, que tinha monopólio da tecnologia, ficou com 22%. A menor percentagem ficou com o consumidor e talvez esse tema tenha sido um erro de estratégia de lançamento comercial dessa nova tecnologia.

Outro problema relacionado a estratégia de lançamento é que as primeiras plantas transgênicas comercializadas foram desenvolvidas por empresas multinacionais que, através de patentes, possuem um quase monopólio da tecnologia disponibilizada. Isso, associado ao rápido avanço do conhecimento na área, à vinculação na mídia de manchetes sensacionalistas, muitas vezes contendo meias verdades, onde plantas transgênicas são tratadas como "Plantas Frankenstein" produtoras de alimentos indigestos, tem causado medo e ansiedade na população que, na sua esmagadora maioria, não sabe nada sobre o que é um transgênico e ainda por cima não confia nos órgãos de fiscalização pública.

Conseqüentemente, o assunto se tornou polêmico e adquiriu conotação ideológica e política, com uma percepção exagerada de riscos. Em outras palavras, se o primeiro produto alimentar transgênico fosse uma banana que apresentasse um alto teor de vitamina A ou antígenos capazes de imunizar crianças contra a Poliomielite ou diarreia e tivesse sido disponibilizado por uma instituição pública, a rejeição, as controvérsias e a percepção de riscos e/ou benefícios pela população com certeza seriam diferentes. Como exemplo, podemos citar a produção e a utilização de fermentos e insulina humana transgênicos, que até o momento não sofreram nenhuma pressão maior contra o seu uso. Na primeira geração de plantas transgênicas, as modificações foram realizadas em características agrônômicas simples controladas por um único gene. As novas gerações vão estar relacionadas a modificações na qualidade nutritiva, obtenção de produtos intermediários de interesse à saúde humana e animal, biocombustíveis etc.

**Figura 2**



**TABELA 01** – Área global de plantio com culturas transgênicas no mundo.

<b>ANO</b>	<b>HECTARES (MILHOES)</b>
1996	1,7
1997	11,0
1998	27,8
1999	39,9

**TABELA 02** – Área de plantio com culturas transgênicas em milhões de hectares por cultura.

<b>CULTURA</b>	<b>ANO</b>	
	<b>1998</b>	<b>1999</b>
Soja	14,5	21,6
Milho	8,3	11,1
Algodão	2,5	3,7
Canola	2,4	3,4
Batata	0,1	0,1
Abóbora	---	0,1
Mamão	---	0,1

## **CULTURA DE TECIDOS**

A multiplicação e a limpeza clonal "in vitro" via técnicas de cultura de tecidos já é uma realidade comercial, principalmente na produção de mudas de plantas propagadas assexuadamente, como no caso da banana, do morango, da batata e de plantas ornamentais.

A exploração comercial de plantas micropropagadas "in vitro" começou na década de 60, com culturas ornamentais, principalmente orquídeas. A utilização da técnica foi impulsionada por conhecimentos adicionais obtidos na área de fitopatologia, que mostravam também sua eficiência na obtenção de plantas completamente livres de doenças, particularmente viroses. No Brasil, os primeiros laboratórios de cultura de tecidos de plantas foram instalados em instituições públicas (Universidades, Institutos de Pesquisas Estaduais e Embrapa) na década de 70.

Na década de 80, vários laboratórios comerciais foram implantados, alguns pararam suas atividades e outros se estabeleceram e estão, entretanto, numa fase de demanda crescente para seus produtos, com destaque para matrizes de morangueiro, batata e mudas de banana. Só a Multiplanta, localizada em Andradadas-MG, empresa de biotecnologia vegetal especializada na produção de mudas livres de pragas e doenças, produz cerca de 200.000 plantas/mês, entre matrizes de morangueiro, mudas de bananeira e batata-semente.

## **MARCADORES MOLECULARES**

Variabilidade genética ao nível de sequência de DNA pode ser hoje detectada através de um número virtualmente ilimitado de marcadores moleculares localizados ao longo de todo o genoma de um organismo. Estes marcadores podem ser utilizados para as mais diversas aplicações: no melhoramento genético de plantas; na caracterização de microorganismos; na diagnose de doenças vegetais; na determinação de pureza genética de sementes e na caracterização molecular de cultivares e linhagens (Fingerprinting). A tecnologia de DNA recombinante e o desenvolvimento da amplificação de segmentos de DNA via PCR (Polymerase Chain Reaction), abriram o caminho para a utilização efetiva da genética molecular.

Até o início da década de 70, os marcadores utilizados em estudos de genética e melhoramento eram controlados por genes associados a caracteres morfológicos de fácil determinação visual. O problema dos marcadores morfológicos é que em geral são encontrados em pequena quantidade, seu polimorfismo é limitado, são em geral dominantes ou recessivos, com efeito epistático ou pleiotrópico pequeno e o conhecimento dos mesmos é restrito a algumas espécies de plantas mais estudadas, tais como milho, tomate etc.

Por outro lado, os marcadores moleculares podem ser utilizados em qualquer estágio de desenvolvimento da planta e não são afetados pelo ambiente. Temos cinco classes principais de marcadores moleculares baseados em isoenzimas, fragmentos de restrição de DNA (RFLP), segmentos de DNA amplificados arbitrariamente (RAPD), amplificação específica de DNA contendo seqüência repetitiva (Microsatélite) e segmento de DNA amplificado via reação da polimerase (PCR) após digestão com enzima de restrição (AFLP). A escolha do marcador a ser utilizado num determinado estudo vai depender de uma série de fatores ligados à expressão genética do marcador (dominante ou co-dominante), número de alelos por loco, disponibilidade e distribuição no genoma e complexidade de detecção. Estes marcadores já estão sendo utilizados comercialmente em testes de paternidade, "fingerprinting", determinação de pureza genética, alocação de linhagens em grupos heteróticos, avaliações de diversidade genética, construção de mapas genéticos de ligação, mapeamento de QTLs, seleção assistida por marcadores, identificação e clonagem de genes.

## **O PAPEL DO SETOR PÚBLICO**

Vários estudos têm comprovado que o investimento público em pesquisa agrícola é fator decisivo na produção de alimentos nos países em desenvolvimento. A pesquisa que gerou o conhecimento utilizado com tanto sucesso na Revolução Verde foi desenvolvida pelo setor público, e o conhecimento e produtos gerados foram disponibilizados gratuitamente. Em contraste, os conhecimentos e os produtos da Moderna Biotecnologia Agrícola estão sendo gerados nos países desenvolvidos por grandes companhias multinacionais como:

Astra-Zeneca, Aventis, Dow, Dupont, Monsanto e Novartis, que dominam a sua aplicação e os protegem através de patentes. Em outras palavras, estas empresas não vão desenvolver produtos para agricultores de países pobres que não possuem condições de lhes pagar pela tecnologia.

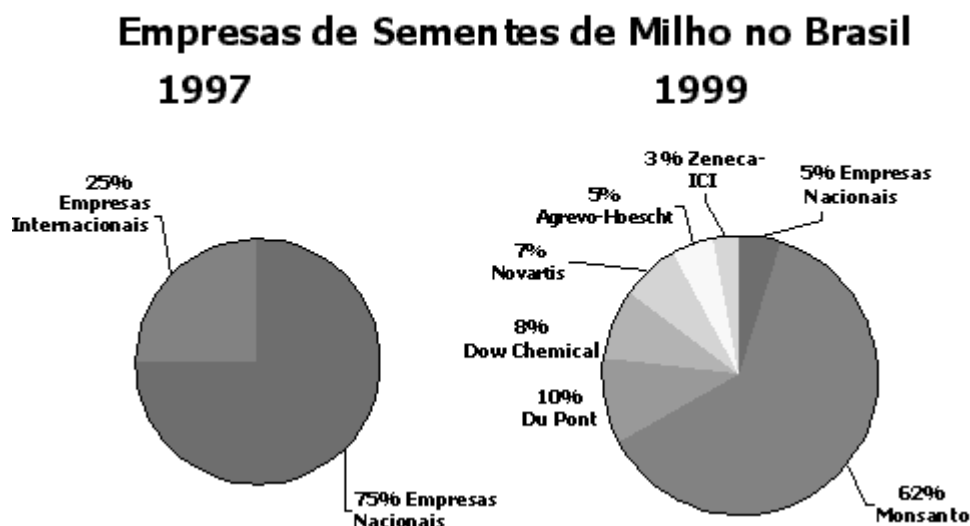
Outro complicador é o fato de que, de uma maneira geral, a agricultura, na maioria dos países em desenvolvimento, é praticada em condições tropicais que exigem cultivares adaptadas a estresses bióticos e abióticos severos e específicos. Países como o Brasil, através de pesquisa realizada em institutos de pesquisa e universidades, conseguiram, ao longo de anos de pesquisa, desenvolver cultivares e práticas agrícolas adequadas a estas condições. Por exemplo, produzimos em condições tropicais e exportamos competitivamente a soja. No caso do milho e do arroz, fomos capazes de desenvolver cultivares cuja *performance* agrônômica não deixa nada a dever às cultivares plantadas nos países desenvolvidos.

Com a aprovação das leis de propriedade intelectual e os direitos dos melhoristas, houve, nos últimos dois anos, uma grande mudança no mercado de sementes no Brasil. Fusões e aquisições de companhias de sementes mudaram drasticamente o cenário. Por exemplo, em 1997 tínhamos dezenas de companhias brasileiras no negócio de sementes de milho. Uma

delas, a Agroceres, chegou a ocupar mais de 50% do mercado. Dois anos depois, as companhias brasileiras não ocupavam mais do que 8% do mercado, e uma multinacional, a Monsanto, 62% (Figura 3).

Também, neste processo de fusões e aquisições de companhias que produzem e comercializam sementes de milho, houve uma transferência indireta e silenciosa do germoplasma tropical elite, desenvolvido nas instituições públicas brasileiras, para as companhias privadas internacionais. Esses fatos exigem das autoridades brasileiras ações urgentes no sentido de preservar o que foi conquistado e desenvolvido a duras penas, rediscutir a missão das instituições públicas de pesquisa e dar a elas condições materiais e de massa crítica necessária para que possam efetivamente se inserir neste novo cenário. As instituições públicas terão que ser capazes de apropriar e gerar conhecimento na área dessas novas Biotecnologias, servindo como fator de segurança e equilíbrio.

Figura 3



## BIOSSEGURANÇA

Em 1995, o Congresso Nacional aprovou a Lei 8974/95, que estabeleceu as regras para pesquisa e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados. A Lei de Biossegurança estabeleceu a criação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança/CTNBio que, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, é um fórum pluralista, constituída por 36 membros, sendo que a metade é de cientistas indicados pelas sociedades científicas do país e os demais são representantes do governo, dos consumidores e dos produtores. Cabe, portanto, à CTNBio, analisar caso a caso todos os experimentos envolvendo organismos geneticamente modificados e suas liberações no meio ambiente, seja para fins de pesquisa ou para plantio comercial. Nesse debate acirrado acerca da conveniência ou não de desenvolvermos ou permitirmos a entrada de produtos transgênicos no Brasil, não podemos permitir que aspectos econômicos, políticos ou ideológicos venham a deturpar a legalidade e a legitimidade das ações da CTNBio, refletidas na transparência de seus procedimentos, na competência de seus cientistas, na correção e na seriedade ética com que as decisões, baseadas em fatos científicos, são por ela tomadas. Já é tempo da sociedade

brasileira passar a acreditar, responsabilizar e cobrar ações das instituições públicas que ela cria e mantém.

## **LEI DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES**

Após profundas análises e discussões, o Congresso Nacional aprovou e o Presidente da República sancionou a Lei de Proteção de Cultivares (Nº 9.456 de 25 de abril de 1997). Sua aprovação foi uma iniciativa oportuna e necessária, no momento em que o mundo experimenta a globalização e o Brasil abre sua economia. Como era esperado, essa lei provocou um incremento nos níveis de investimentos externos, principalmente na área de sementes.

Os grandes avanços na área de Biotecnologia, associados à Lei de Proteção de Cultivares, que dificultam a "pirataria genética" ou o uso comercial inadequado de materiais genéticos, provocaram mudanças drásticas no número e no perfil das empresas envolvidas com o agronegócio no Brasil. Em alguns casos, essas mudanças foram tão rápidas (exemplo do milho) que há necessidade de uma pausa para discussões e avaliações do complexo processo de alianças estratégicas, fusões e aquisições de empresas que vêm ocorrendo no setor.

No entanto, é certo que a Lei de Proteção de Cultivares, além de provocar um incremento nos níveis de investimentos privados direcionados ao desenvolvimento de novas cultivares mais adaptadas ao meio ambiente tropical e às exigências e necessidades dos agricultores e consumidores brasileiros, ampliará também as possibilidades de intercâmbio tecnológico e a inserção do Brasil no cenário do Agronegócio Internacional.

## **CONCLUSÃO**

É consenso mundial que devemos praticar uma agricultura que associe produtividade a sustentabilidade. Essa agricultura terá que ser flexível e diversa em termos de tecnologia e terá que ser praticada por agricultores que entendam e tenham acesso a estas novas biotecnologias. Associando-as a práticas de manejo integrado de pragas e doenças, sistemas de plantio que minimizem perdas e degradação dos solos e que usem a água de maneira eficiente. Há uma necessidade urgente de elevar o grau de conhecimento, informando à população sobre os riscos e benefícios reais dessas tecnologias. Principalmente no caso dos países em desenvolvimento, em que temos que tomar decisões rápidas e estratégicas, que necessariamente exigem o envolvimento do consumidor, das companhias privadas detentoras das Biotecnologias, dos grupos ambientalistas, cientistas e governo.

O debate está polarizado e adquiriu componentes fortes de ideologia, política e retórica que precisam ser separados de preocupações reais sobre benefício para o consumidor, segurança ambiental e nutricional e aspectos econômicos e éticos. O ponto é que diversidade em tecnologia é segurança e necessidade e não uma coisa supérflua. Estas novas Biotecnologias estão sendo desenvolvidas e disponibilizadas no momento certo. Agora é a hora certa de experimentá-las e não depois que já estivermos impactado o meio ambiente de forma irreversível e/ou tivermos sofrendo falta generalizada de alimentos. O Prêmio Nobel e um dos pais da Revolução Verde, Dr. Norman Borlaug, em apoio à Biotecnologia, escreveu recentemente "Não pense que vamos construir uma paz permanente sobre estômagos vazios e miséria humana."



## **LITERATURA CONSULTADA**

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Brasília: EMBRAPA/CENARGEN, 1995. pp 220. Documento 20.

TRANSGÊNICOS. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança/CTNBio. E-mail: ctnbio@mct.gov.br.

SAGAR, A. et al.;. The tragedy of the commomers: biotechnology and its publics. Nature Biotechnology. 18: 2-4. 2000.

JAMES, C. Global Review of commercialized transgenic crops. ISAAA, 1999.  
<http://agbio.cabweb.org>.

CONWAY, G.; TOENNIESSEN, G. Feeding the world in the twenty-firty century. Nature. Vol. 402, 55-58. Supp. 1999.

ASSIS, M. et al. Micropropagação de Plantas – Histórico de uma empresa comercial. 2000.  
E-mail: multiplanta@pocos-net.com.br.

TREWAVAS, A. Much food, many problems. 1999. Nature. 402: 231-232.