

Novas (bio) tecnologias *versus*
questões ambientais:
a busca do equilíbrio*

Salete Oro Boff**
Taciana Marconatto Damo Cervi***

Sumário

1. Introdução. 2. A biotecnologia como novidade do século XX. 3. Controvérsias no desenvolvimento da biotecnologia: a questão dos OGMs. 3.1 Benefícios oriundos da liberação de OGMs. 3.2 Prejuízos advindos da implementação de OGMs. 4. Em busca do equilíbrio: o princípio da precaução como norteador para as novas tecnologias. 5. Considerações finais. Referências. Notas.

Resumo

O desenvolvimento da biotecnologia influencia os mecanismos da vida em vários setores, interfere socialmente através da cultura apresentando uma nova visão da natureza e do homem, com interferência nas relações sociais e no estabelecimento de novos valores, em substituição aos enraizados na tradição de diferentes culturas. Em meio a essa visão, cumpre analisar os aspectos positivos e negativos que norteiam a questão, indicando o princípio da precaução como direcionador para tomada de posição frente a complexidade que envolve a biotecnologia.

* Trabalho vinculado ao Grupo de Pesquisa "Novos Direitos na Sociedade Globalizada", do Curso de Direito da URI-Santo Ângelo-RS.

** Mestre e Doutoranda em Direito pela UNISINOS. Professora dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Direito da URI Santo Ângelo-RS. Pesquisadora. saleteb@urisan.tche.br

*** Especialista em Novos Direitos pela URI, Mestranda em Direito pela UCS. Professora do Curso de Graduação da URI-Santo Ângelo-RS. Pesquisadora.

Palavras-chave

Meio ambiente; biotecnologia; Organismos geneticamente modificados.

Abstract

The development of biotechnology influences the mechanisms of life in various sectors, intervening socially through the culture and presenting a new vision of nature and man, affecting social relations and the establishment of new values, which replace those rooted in the tradition of different cultures. In the midst of this vision, it is worth analyzing the positive and negative aspects which guide the theme, recommending the principle of precaution as a factor which directs the taking of a position faced with the complexity involved in biotechnology.

Key words

The environment; Biotechnology; Genetically modified organisms.

1 Introdução

A biotecnologia teve desenvolvimento acelerado nos últimos vinte anos. Com ela surgem novos desafios e oportunidades¹. Conceitos tradicionais como: reprodução, sexualidade e parentesco sofrem alterações. As formas de alimentação, de trabalho, de relação com os filhos, de política, de expressão da fé e da percepção do mundo se vêem afetadas pelos avanços da biotecnologia. Em diversos campos, é notória essa influência, como no surgimento de novos materiais, novas espécies de animais e vegetais geneticamente alteradas e outras formas de engenharia genética. Frente a isso o presente trabalho procura analisar se os benefícios provenientes da biotecnologia são capazes ou suficientes para superar as conseqüências ou riscos de sua implementação e, se diante dos novos conceitos e das novas práticas o Direito cumpre a tarefa de estabelecer critérios e limites para o avanço da técnica.

2 A biotecnologia como novidade do século XX

Por certo, os resultados da implementação da biotecnologia repercutem diretamente na economia e garantem a competitividade internacional, como no setor da alimentação, através do desenvolvimento de sistema de diagnóstico e bioconservação e na comercialização de bactérias e enzimas modificadas geneticamente, as quais melhoram a qualidade dos alimentos.

Particularmente, na Medicina a biotecnologia está revolucionando os métodos terapêuticos de tratamento das enfermidades hereditárias. Alguns produtos desenvolvidos como a insulina humana representaram o marco de uma nova geração de produtos naturais e artificiais. Para Rifkin (1999), a biotecnologia dá origem a uma nova matriz operacional, baseada na “localização, manipulação e exploração de recursos genéticos pelos cientistas e empresas, na concessão de patentes de genes, linhas de células, tecido geneticamente desenvolvido, órgãos e organismos” (p.10). Além de identificar

[...] uma nova base de recursos, um novo grupo de tecnologias transformadoras, novas formas de proteção comercial para estimular o comércio, um mercado global para ressemear a Terra com uma segunda Gênese artificial, uma ciência eugênica emergente, uma nova sociologia de apoio, uma nova ferramenta de comunicação para organizar e administrar a atividade econômica em nível genético e uma nova narrativa cosmologia para acompanhar a jornada (RIFKIN, 1999, p. 10).

Com essa visão, pode-se entender a biotecnologia como um conjunto de processos biológicos que “permitem controlar, alterar e transferir a informação genética de sistemas vivos com fins utilitários”. No mesmo sentido, se constitui em “um divisor de águas entre ser ou não ser desenvolvido” (FURTADO, 1996, p. 161). A OMPI define a biotecnologia como uma “técnica que usa os organismos vivos (ou parte dos organismos) para fabricar ou modificar produtos, para aperfeiçoar plantas e animais ou ainda para desenvolver microorganismos para usos específicos” (SOARES, 1998, p. 592). A OECD – Organização para Economia Cooperação e Desenvolvimento complementa esse conceito quando se refere a biotecnologia de forma abrangente como a “aplicação dos princípios da ciência e da engenharia ao tratamento das matérias por agentes biológicos na produção de bens e serviços” (SOARES, 1998, p. 592), portanto envolve várias disciplinas, que utilizam organismos vivos ou compostos obtidos de organismos vivos para obter produtos de valor para o homem.

Trata-se, portanto, da reunião de várias disciplinas que intercambiam conhecimentos, como a bioquímica, a engenharia bioquímica, a engenharia química, a microbiologia, a biologia, a fisiologia, a imunologia, a genética, a biologia celular e molecular, as ciências dos materiais, as ciências da computação, e técnicas, como a engenharia genética, a engenharia de tecidos, a engenharia de proteínas, entre outros. Ou seja, envolve tudo o qua-

se tudo que tem vida, desde as técnicas tradicionais, amplamente conhecidas (fermentação de alimentos), como novas técnicas de DNA recombinante.

Sua origem ocorreu no início da humanidade. Naquele período a biotecnologia se referia a práticas empíricas de seleção de plantas e animais e seus cruzamentos, incluindo a fermentação. Um segundo momento da biotecnologia é marcado pela identificação de Pasteur, dos microorganismos como causa da fermentação, seguindo-se os descobrimentos da capacidade das enzimas, extraídas das leveduras de se converter em açúcares e álcool. A fase posterior é marcada pelo descobrimento da penicilina (1928) e a aplicação de variedades híbridas incrementando a produção de cereais. E, por fim, pode-se referir a fase atual, cujo marco é o descobrimento da estrutura do ácido desoxiribonucleico – ADN, por Crick e Watson, em 1953.

A partir desse processo biotecnológico inovador, a descoberta de formas de “localizar e identificar cromossomos e genes” (RIFKIN, 1999, p. 10) ampliou as pesquisas na área, contando com grandes investimentos, como o processo de identificação de cromossomos, em 1968, o qual abriu as portas para o mapeamento dos genes². Em 1973, identifica-se o DNA³ recombinado. A nova tecnologia vai possibilitar a combinação do material genético “além das fronteiras naturais reduzindo a vida a um material químico manipulável” (RIFKIN, 1999, p. 11-15)⁴ permitir ao cientista a produção de genes em escala.

Nessa linha, percebe-se que uma das possibilidades dos avanços na biotecnologia é a capacidade de “interferir diretamente no nível celular e molecular, conseguindo uma incomparável especificidade em suas intervenções; não trabalha com organismos, nem mesmo com microorganismos, mas com células biológicas, ácidos nucleicos e proteínas” (MOSER, 2004, p. 46). Portanto, a biotecnologia está apta a criar novos seres e dotá-los de características ainda não encontradas na natureza, “alterando artificial e deliberadamente a composição molecular, que regula a vida e suas funções”. Como refere Scholze sobre o alcance da biotecnologia “Agora se produz o que quiser, quando quiser e como quiser” (apud MOSER, 2004, p. 46).

É claro que a descoberta do DNA recombinante significou um avanço para a genética e a biologia, possibilitando que a ciência entendesse melhor o desenvolvimento e o funcionamento dos seres vivos

(DOMINGUES, 1989, p. 47). Na sua formação, o DNA é composto por moléculas extremamente complexas que contêm o programa genético do organismo. A partir da delimitação de sua estrutura iniciou-se uma série de pesquisas, com o fim de compreender melhor o funcionamento dos seres vivos, bem como manipular o material genético. Sobre o DNA recombinante, expõe ainda Domingues:

O DNA recombinante acena com possibilidades fantásticas: fazer os genes, que no corpo humano, comandam a produção de compostos como o hormônio do crescimento, interferona e insulina, sejam incorporados a bactérias outras que, por sua vez, passam a fabricar aludidos compostos. As bactérias manipuladas como que se transformariam em minúsculas fábricas de agentes químicos, rigorosamente iguais àqueles produzidos pelo corpo humano (1989, p. 48).

Por óbvio, a biotecnologia gerará ainda muita polêmica, pois envolve “um campo de profundas inovações e preocupantes perspectivas”. A revolução biotecnológica, como denomina Rifkin (1999, p. 51), está “remodelando a economia global e reformando a nossa sociedade, é provável que haja um impacto igualmente significativo sobre o meio ambiente da Terra”. A manipulação possibilita moldar os “processos evolucionários em todas as formas de vida”, pois acontece no nível dos componentes genéticos.

3 Controvérsias no desenvolvimento da biotecnologia: a questão dos OGMs⁵.....

As opiniões sobre o desenvolvimento da biotecnologia são dinâmicas, tomam em conta o contexto e são influenciadas pela percepção dos riscos e das vantagens de sua aplicação. Algumas premissas são fundamentais neste campo, como: “o desenvolvimento de uma comunicação eficaz entre a comunidade científica e a sociedade” com vistas à obtenção do apoio às novas técnicas; “a institucionalização de comunicações e consultas formais com a sociedade, ao lado de enfoques de caráter mais geral, como o de os cientistas receberem formação em matéria de comunicação social”; somando-se a necessária “confiança e a credibilidade na fonte de informação (...) no momento de divulgar as vantagens, garantir que os riscos tenham sido cuidadosamente avaliados e explicar as garantias de controle público de usos indevidos (DEANE, apud CASABONA, 2002, p. 282).”

Por outro, deve-se considerar que há um grande investimento por parte das indústrias na área da biotecnologia em busca de solu-

ções para problemas técnicos. Essa corrida dos grandes grupos empresariais resulta na contratação de funcionários altamente capacitados para desenvolverem novos produtos. Esse incremento nas pesquisas resultou na 'revolução verde' e, junto a ela, ocorreram profundas transformações na área agropecuária, nas relações de trabalho, no manejo do solo e reduziu o tempo para a produção, aumentando a produtividade das lavouras.

De igual modo, é relevante a pesquisa no campo da engenharia do tecido e de fabricação de órgãos humanos, como "válvulas cardíacas humanas, seios, orelhas, cartilagens, narizes e outras partes do corpo (...) Os pesquisadores no novo campo prevêem que, por volta do ano 2020, 95% das partes do corpo humano serão substituíveis por órgãos desenvolvidos em laboratórios". Há, também a possibilidade de clonar órgãos, eliminando o risco de rejeição do tecido em caso de transplante (RIFKIN, 1999, p. 26-27).

Certamente, as inovações trazidas pela biotecnologia inauguram importante momento histórico da humanidade. Entretanto, por ser um campo novo e em disputa, muitos questionamentos emergem na ânsia de tentar responder a questões que afligem a sociedade. Por conseguinte, é natural a divisão de posições sobre o tema: contra ou a favor do desenvolvimento e implementação das novas técnicas, as quais refletem diretamente sobre os seres, podendo trazer benefícios e conseqüência negativas, estabelecendo-se, na verdade, um paradoxo. A primeira posição sustenta que a sociedade não deve e não pode impor limitações às pesquisas. Esse campo inclui pesquisadores e cientistas que esperam lucrar com avanços tecnológicos irrestritos, com o livre mercado, com a desregulação e interferência governamental mínima na tecnologia (FUKUYAMA, 2003). De outra banda, estão os que se preocupam com as questões morais que envolvem a biotecnologia, como pesquisadores, ambientalistas e algumas religiões. Considerando essa polarização, para melhor análise dessa complexa temática, serão elencados alguns aspectos positivos e negativos da seara da biotecnologia.

3.1 Benefícios oriundos da liberação de OGMs

O homem vem utilizando a natureza ao longo dos séculos e o faz, por vezes, sem a observância de limites. A preocupação com o meio ambiente é algo recente e surgiu em razão da escassez dos recursos naturais. A tecnologia, que durante tanto tempo foi a principal responsável pela degradação ambiental, começa dedicar-se à recuperação e manutenção dos ecossistemas.

Com isso, investimentos tecnológicos garantem meios produtivos menos agressivos ao meio ambiente e, até mesmo, de reparação dos danos através da biorremediação, que consiste no “uso de organismos vivos – principalmente microorganismos - para remover ou transformar poluentes perigosos e lixo contaminado em inofensivo” (RIFKIN, 1999, p. 17).

Dentre os pontos relevantes que envolvem o debate, está a água, um dos maiores problemas ambientais da atualidade. O escoamento dos esgotos sem tratamento lançados diretamente nos rios acaba por contaminá-los e, por consequência, contaminando o solo e os lençóis freáticos. Com o objetivo de minorar ou evitar esses danos, a comunidade científica trabalha no desenvolvimento de seres anaeróbios, fungos e bactérias, úteis na conversão do metano em energia, proporcionando a limpeza de águas poluídas (AMILS, 2000).

Da mesma forma, Frederick e Egan, citados por Rifkin (1999), mencionam o manejo de algas geneticamente modificadas, fungos e bactérias, importantes como sistemas de “bioabsorção”, revelando-se de grande utilidade na captura de metais poluentes e radionuclídeos como mercúrio, cobre, cádmio, urânio e cobalto. Outro agente de limpeza mencionado pelo autor, porém baseado nos apontamentos de Carey, é o micróbio identificado como “engolidor de urânio”, responsável pela absorção de grandes quantidades de radioatividade e que representará a economia de quase dois trilhões de dólares gastos anualmente na limpeza dos depósitos, somente nos Estados Unidos.

Com base nestes dados, Rifkin (1999) expõe sobre o papel da biotecnologia como

[...] a principal ferramenta na limpeza do meio ambiente. A biorremediação é o uso de organismos vivos – principalmente microrganismos – para remover ou transformar poluentes perigosos e lixo contaminado em inofensivo. Uma nova geração de organismos geneticamente engenheirados está sendo desenvolvida para converter materiais tóxicos em substâncias benignas (p. 17 e 18).

De igual forma, o biodiesel se apresenta como promessa de apsentadoria para os combustíveis fósseis⁶. É uma alternativa de remediar a poluição gerada por tantos anos de queima do combustível tradicional e que resultou em grandes problemas ambientais como o efeito estufa. Esse combustível é “alcançado a partir de óleos vegetais e animais, esse combustível polui muito pouco e não

emite enxofre, um dos ingredientes da chuva ácida. Ele é renovável, obtido a partir de matérias-primas oleaginosas como grãos, gorduras vegetais e até óleo de fritura usado”. Também o biodiesel pode ser utilizado como “aditivo do diesel de petróleo, sem grandes adaptações nos veículos, ou isoladamente – neste caso, pede a substituição de algumas peças de borracha no motor” (AMORIN, 2004, p. 35).

Além disso, as vantagens ambientais se verificam pela significativa redução da emissão de gases, sem perda de rendimento para o motor. De acordo com pesquisas demonstradas por Amorin (2004), há redução de 48% de monóxido de carbono em comparação com a emissão resultante da queima do diesel, com relação ao material particulado que corresponde a 26% a menos de fuligem, sendo a emissão de enxofre considerada nula. A diferença de emissão do dióxido de carbono, grande responsável pelo efeito estufa, não é clara. No entanto, o biocombustível apresenta vantagens em razão de que, por exemplo, “a quantidade de biodiesel produzida em um hectare de mamona emite uma tonelada de CO₂, enquanto esta plantação absorve até oito toneladas da atmosfera” (p. 37).

Outro problema relacionado aos metais no meio ambiente, são as operações extrativistas. Segundo Amils (2000), a maior parte das atividades mineradoras produz águas ácidas impregnadas de metais pesados. Estas águas contaminam os cursos de água superficiais e subterrâneos, impossibilitando o consumo devido aos elevados níveis de toxicidade da maioria dos metais. Como alternativa para este problema, a ciência desenvolveu a técnica da “biomineração” ou “biohidrometalurgia” que utiliza um microrganismo quimilolitoautótrofo (capaz de produzir seu próprio alimento a partir de elementos presentes nos minerais) chamado *Thiobacillus ferrooxidans* e que trabalha a purificação dos metais sem agredir o meio ambiente. Originalmente, é ele o agente responsável pela oxidação dos metais na natureza, produzindo energia pela utilização de componentes presentes no substrato mineral como fonte de carbono e fixando o nitrogênio atmosférico. Entretanto, quando são utilizadas técnicas de mineração a céu aberto, o contato com a água da chuva potencializa o crescimento da comunidade de microrganismos, produzindo o fenômeno de águas ácidas. Desta forma, a biomineração utiliza o crescimento controlado da comunidade dos microrganismos quimilolitoautótrofos com a finalidade de esgotar sua capacidade contaminadora e garantindo, ainda, a recuperação de metais de valor industrial que seriam descartados da natureza, produzindo poluição.

No caso da extração de ouro, os agentes microbianos seriam utilizados para degradar os minérios que se fixam ao ouro antes da extração química, aumentando sua taxa de recuperação. A pesquisa também está buscando desenvolver microrganismos que possam consumir o gás metano das minas como forma de eliminar uma das maiores causas de explosões (RIFKIN, 1999).

A biotecnologia também tem se mostrado útil na pesquisa de recursos renováveis, testados por empresas energéticas que iniciam experiências com substitutos para os combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás natural. Os pesquisadores esperam melhorar lavouras como as de cana-de-açúcar que já produzem combustível para automóveis, investindo em formas mais sofisticadas de biocombustível, no intuito de substituir as formas convencionais. Assim, trabalham no desenvolvimento de um tipo de bactéria nomeado *Escherichia Coli*, que consome resíduos agrícolas, podas de árvores, lixo sólido e resíduos de papel, transformando tudo em etanol (FREDERICK e EGAN apud RIFKIN, 1999, p. 17).

Um exemplo de destaque da biotecnologia aplicada ao meio ambiente diz respeito ao desenvolvimento de bactérias capazes de produzir plástico¹⁰. Segundo informações trazidas por Amils (2000), tudo começou no início do século XX quando foram descobertos os polímeros sintéticos e que, difundidos amplamente por seu baixo custo, acabaram por produzir poluição demasiada devido à propriedade de resistência à degradação. A pesquisa promovida em torno da questão possibilitou que, em 1993, o gene fabricante do plástico biodegradável fosse inserido na planta da mostarda, transformando-a em uma fábrica de plástico (RIFKIN, 1999).

Essa perspectiva denota a relevância atribuída à biotecnologia vegetal quando relacionada ao desenvolvimento de plantas que, a partir de propriedades metabólicas desintoxicantes, possam contribuir para a biorremediação do solo. Neste âmbito, através do que a ciência nomeia fitorremediação, é possível utilizar plantas bioacumuladoras de metais para a desintoxicação do solo contaminado e sua posterior recuperação. Essas plantas podem concentrar em seus tecidos grandes quantidades de metais tóxicos contribuindo para a recuperação do meio ambiente (AMILS, 2000).

O crescimento mais rápido das árvores também é alvo da biotecnologia. As empresas florestais investem em pesquisas que possibilitem a inserção de genes que viabilizem também maior re-

sistência à doenças, tendo aptidão, inclusive, para tolerar o calor, o frio e a seca. Outro objetivo desta indústria é a possibilidade de obter plantas que produzam mais celulose, o que seria possível pelo isolamento do gene que controla a formação de celulose em plantas. Segundo Carey, “eles esperam enriquecer a enzima para criar árvores com mais celulose na sua parede celular, construindo uma árvore mais eficiente para colheita e para a indústria de fabricação de polpa e de papel (apud RIFKIN, 1999, p. 18)”.

Na agricultura, os cientistas trabalham no desenvolvimento de plantações de alimentos que absorvam o nitrogênio diretamente do ar, tornando-as independentes dos fertilizantes atualmente em uso. Também existem experiências para melhorar a capacidade nutricional das plantas, aumentar sua produção e desempenho, sendo ainda, mais resistentes aos herbicidas (RIFKIN, 1999).

Experiência inusitada refere-se ao cultivo da baunilha, de custos elevados devido às necessidades da planta que requer polinização manual e cuidados especiais na colheita e nos processos de cura. A biotecnologia possibilitou isolar o gene que codifica o caminho metabólico e produz o sabor de baunilha, cultivando-o em tonéis de laboratório e em quantidades comerciais, “eliminando o feijão, a planta, o solo, o cultivo, a colheita e o fazendeiro” (RIFKIN, 1999, p. 19).

Os pesquisadores conseguiram também suprimir a necessidade de plantar pomares cultivando em laboratório gomos de laranja e limão (BUSH et al., *apud* RIFKIN, 1999, p.19), da mesma forma que foi possível produzir gaze esterelizada, cultivando células de algodão em um tonel de nutrientes, distante da contaminação microbiana (WASHINGTON POST, *apud* RIFKIN, 1999, p. 20).

Diante dessas possibilidades de aplicação, a biotecnologia ainda, tem mostrado sua relevância na questão do melhoramento nutricional dos alimentos. Citemos o caso demonstrado por Ramos (2001) que destaca a produção de uma nova variedade de arroz na China e que tem servido para fortalecer a visão de suas crianças. Essa, aliás, é uma alternativa importante para países com graves problemas de desnutrição da população.

A difusão de OGMs no meio agrícola tem garantido safras de maior produtividade. Esse dado divulgado no informativo publicado pela Monsanto destaca que “a preservação do meio ambiente é um dos principais benefícios do cultivo dos alimentos transgênicos. Primeiro, porque é uma tecnologia que aumenta a produtividade

agrícola do solo, economizando área plantada” (MONSANTO IMAGINE, 2003, p. 6). Outra vantagem apontada pelo mesmo informativo relaciona-se com a redução no uso de adubos e de fertilizantes adicionais, evitando o acúmulo dessas substâncias nos rios e águas costeiras. O segundo ponto defendido pela empresa se revela na propriedade de resistência a um tipo específico de herbicida e/ou a insetos que reduzem a quantidade de aplicações de agroquímicos convencionais. Os cultivos geneticamente modificados implantados com o gene tóxico *Bacillus Thuringiensis*, popularmente conhecido como Bt, eliminariam os insetos-praga pela metabolização da toxina que substituiria os inseticidas sintéticos (ALTIERI, 2002).

As empresas responsáveis pela tecnologia garantem ser esta a possibilidade de produção de alimentos com menos agrotóxicos, conforme informações trazidas pela empresa Monsanto, relatando cerca de 40 estudos sobre 27 produtos agrícolas compilados pelo NCFAP¹¹ (MONSANTO IMAGINE, 2003).

Assim, o levantamento de algumas das vantagens nos leva a acreditar que a biotecnologia é uma alternativa para o meio ambiente. Por meio dela serão criados métodos menos poluentes na exploração das atividades industriais e problemas ambientais já desencadeados pelo homem poderão ser remediados. São considerações relevantes e que devem ser discutidas pela sociedade para que efetivamente seja possível conviver em um meio ambiente sadio. Entretanto, sua implementação deve ser promovida após criteriosa análise, considerando os aspectos relacionados à natureza e ao próprio homem. Com essa visão, na seqüência serão relacionados riscos e possíveis prejuízos pela utilização dos OGMs.

3.2 Prejuízos advindos da implementação de OGMs

O tema é certamente polêmico e opiniões existem para todas as hipóteses, de acordo com os interesses em jogo. O fato é que existem alguns riscos efetivamente comprovados e outros, embora sem comprovação, previsíveis. Nesse sentido, a cautela é fator de relevante importância na condução de experiências biotecnológicas, avaliando prudentemente os riscos e benefícios advindos.

No Brasil, segundo Rodrigues (2001), a discussão relativa aos alimentos geneticamente modificados provoca a manifestação de diversos segmentos sociais como a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, o Ministério Público Federal, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

- IBAMA, além de ONGs de proteção do consumidor e do meio ambiente, como o IDEC – Instituto de Defesa do Consumidor e o Greenpeace. Todos apontam os riscos que envolvem essa nova tecnologia, solicitando ao Governo Federal o cumprimento da legislação existente, já que é evidente a falta de dados atuais e consistentes sobre os efeitos dos organismos geneticamente modificados à saúde e ao meio ambiente.

As preocupações são relevantes na medida em que já existem riscos comprovados pela ingestão de alimentos contendo OGMs. Existem evidências de que esses alimentos podem provocar aumento de alergias com relação aos cultivos tradicionais. Como exemplo disso, encontramos menções feitas por Rodrigues (2001), apontando que um laboratório de York no Reino Unido constatou que as alergias à soja tiveram aumento considerável de 50% naquele país depois da comercialização da soja transgênica¹². Por isso, “a soja transgênica, enriquecida com proteínas da castanha-do-pará, foi retirada do mercado norte-americano e britânico por constatação inequívoca de que a mesma causava sérios problemas alérgicos a pessoas sensíveis” (RAMOS, 2001,).

A manipulação realizada pela engenharia genética pode melhorar a qualidade nutricional dos alimentos, mas, pode, também, eliminar substâncias nutritivas valiosas. Pesquisas recentes demonstram que a soja modificada resistente aos herbicidas tem menores níveis de isoflavonas (de 12 a 14 por cento), fito-estrogêneos-chave (principalmente genistina) que estão presentes de forma natural na soja e que constituem um potencial protetor contra algumas formas de câncer na mulher (LAPPE et al. apud ALTIERI, 2002, p. 25).

Há riscos para a saúde humana, como os aspectos relacionados com o desenvolvimento de resistência aos antibióticos, alergias provocadas pelas novas substâncias, periculosidade. Como no início da década de oitenta, junto à descoberta do vírus HIV, surge suspeita da possibilidade do vírus ter sido produzido em laboratório. Outro exemplo é o caso da produção de armas de extermínio em massa pela produção de vírus e de bactérias. A clonagem em massa de toxinas potentes, antigamente disponíveis em quantidade mínima, possibilita a criação de agentes de guerra bacteriológica. A sofisticação dos processos pode chegar a “clonar toxinas seletivas, projetadas para eliminar grupos étnicos ou raciais específicos, cuja composição genotípica predisponha para determinados padrões de doença” (RIFKIN, 1999, p. 98).

Grandes empresas concentram o conhecimento na área da biotecnologia e passam a controlar o mercado bioindustrial.¹³ Por outro lado, não há uma avaliação precisa sobre os riscos das novas tecnologias, nem por parte dos biólogos, nem das empresas de biotecnologia, antes preocupadas com os investimentos em razão da liberação de organismo geneticamente constituído.

Outro ponto crítico a destacar diz respeito ao desenvolvimento de vírus que tornem as plantas resistentes a doenças, o que pode levar ao surgimento de novos vírus, cuja segurança e eficácia de serem lançadas no meio ambiente é desconhecida, podendo causar efeitos contrários aos inicialmente pretendidos. Assim, também há dúvidas quanto aos efeitos futuros, conforme cita Rifkin: “A ameaça ambiental representada pela liberação de organismos geneticamente constituídos provavelmente se tornará mais complexa – talvez de forma dramática – com a aplicação de novas técnicas genéticas a projetos de agentes da guerra bacteriológica” (1999, p. 95).

Registre-se o caso estudado na Escócia pelo Instituto Aberdeen’s Rowett, que diz respeito a experiências realizadas com batatas geneticamente alteradas que produziram efeitos negativos para o sistema imunológico e o cérebro de ratos de laboratório. Neste caso, quando o cientista divulgou tais resultados, foi expulso do instituto tendo suas conclusões contestadas, de modo que só voltou a se manifestar quando outros cientistas o apoiaram (RAMOS, 2001). Ainda, o autor cita um caso ocorrido em 1997, nos Estados Unidos, onde foi plantado algodão Round up Ready da Monsanto em 15.000 hectares e que se converteram em uma safra frustrada avaliada no prejuízo de 1 milhão de dólares em razão de que o algodão não produziu fibras.

Vale relacionar o exemplo trazido à tela por Ramos (2001), do milho Bt que contém um gene tóxico denominado *Bacillus Thuringiensis*. Experiências demonstraram que morreram 44% das larvas da borboleta monarca que se alimentaram do pólen, sendo que as larvas que se alimentaram do pólen convencional sobreviveram.

Passando do reino vegetal para o reino animal onde a complexidade é muito maior, os efeitos colaterais constatados são assustadores. Um episódio bastante conhecido e referido por Capra (2002) está relacionado ao uso de um hormônio recombinante de crescimento bovino utilizado há muitos anos para aumentar a produção leiteira. Neste caso, os efeitos colaterais restaram demonstrados,

dentre outros, por timpanite, diarreia, cistos no ovário, sendo relacionada, ainda, a produção de uma substância no leite bovino responsável pelo câncer de mama e estômago nos seres humanos.

O caso reflete outra agravante em razão da modificação genética promovida pelo hormônio: houve a necessidade de suplementar a alimentação bovina com proteínas, o que foi providenciado com farinha de carne de gado. Com isso, as vacas que eram vegetarianas foram transformadas em canibais, sendo atribuída a esta mudança a recente epidemia conhecida como “doença da vaca louca”.

Verifica-se que os casos citados são poucos diante de tantos produtos que já se encontram no mercado disponíveis para o consumo e sem a observância de cuidados para sua identificação. É uma situação preocupante na medida em que somente o tempo poderá demonstrar efetivamente os perigos a que o homem e o meio ambiente estão expostos, diante das imprevisíveis reações da natureza às modificações. Os poucos testes realizados para demonstrar a segurança alimentar e ambiental têm se mostrado superficiais. Isso porque, segundo Rodrigues:

Experimentos conduzidos para testar a segurança ambiental são normalmente de curta duração e realizados em pequena escala. Raramente duram mais do que uma estação, enquanto os danos ambientais podem levar anos para tornarem-se aparentes. Os testes sequer mostraram as conseqüências que poderão acontecer quando estes organismos forem introduzidos na natureza por não reproduzirem as condições reais do meio ambiente, pois apenas reproduzem as condições que os organismos terão quando forem introduzidos no ambiente (2001, p. 1073).

Em razão dessas condições, é que cientistas e ambientalistas passam a investigar possíveis danos à natureza, de forma que muitos efeitos podem ser citados. A Sociedade Ecológica Norte-Americana, formada por um grupo de cientistas, levantou a questão dos riscos associados à liberação, no meio ambiente, de organismos geneticamente construídos e os cientistas identificaram algumas conseqüências previsíveis e que coincidem com os perigos levantados por outros autores, conforme verificaremos a seguir (VARELLA, et al. 1999).

A ascensão desta nova ‘revolução verde’, segundo Pengue (2000), resultou na difusão global de cultivos transgênicos, sendo estes os grandes responsáveis pela redução da biodiversidade, ou, ainda,

pela “erosão genética”, como nomeia Goodfield (1998, p. 54). Em razão do cultivo de populações modificadas geneticamente e populações silvestres, ocorre o chamado fluxo de genes, onde as características alienígenas introduzidas pela engenharia genética resultando na planta modificada geneticamente, são transferidas às espécies silvestres através da polinização, ou por meio de bactérias e vírus, ocasionando a massificação das características artificiais reduzindo as variedades genéticas tradicionais.

Outra questão levantada pelo mesmo autor diz respeito ao cultivo de espécies geneticamente modificadas em áreas onde coexistem, além de espécies silvestres, ervas daninhas. Neste caso, pode acontecer hibridação e as ervas daninhas apresentariam, da mesma forma, alterações genéticas que seriam transmitidas ao longo das gerações, podendo representar então o crescimento de uma população não desejada por ter se fortalecido com as características a ela acrescentada. Esta também é preocupação apresentada por Rissler e Mello que, quando citados por Altieri (2002), mencionam a possibilidade de que as transferências de genes que conferem vantagens biológicas possam transformar plantas silvestres em novas ou piores ervas daninhas.

A transferência de genes representa, assim, a possibilidade de criar novas ervas daninhas e ainda, ampliar os efeitos daquelas já conhecidas, possuindo ainda o condão de causar danos a espécies não-alvo, como é o caso dos cultivos orgânicos, cuja certificação orgânica está baseada na garantia de que os produtos não contêm genes transferidos de espécies geneticamente modificadas. Nesse sentido, o perigo é iminente para os agricultores dedicados à agricultura orgânica, onde as possibilidades de contaminação genética são reais (ALTIERI, 2002).

Para Pengue (2000), o fluxo de genes ainda apresenta o complicador relativo à transferência do gene de resistência a herbicidas. Sendo transferido para ervas daninhas, afetaria a estratégia de controle desse herbicida nos cultivos, devendo ser substituído por um novo agroquímico, ainda mais concentrado. Ocorre que, segundo Altieri (2002), o uso contínuo de um herbicida como o glifosato pode incrementar o risco de desenvolvimento de resistência ao herbicida nas populações de plantas daninhas. Nesse contexto, o fortalecimento de ervas daninhas implica na possibilidade de interagirem no meio ambiente afetando o seu ecossistema e podendo causar-lhe mudanças imprevisíveis.

Diante de tantas intervenções realizadas no meio ambiente, o homem aúfere o desequilíbrio da biosfera. A liberação descontrolada de OGMs acaba por repercutir seriamente na natureza que se configura plena de relações integradas. Assim, Penguê destaca que “predizer como os organismos podem se comportar em um habitat é extremamente difícil, pois pequenas mudanças genéticas podem gerar grandes mudanças ecológicas” (2000, p. 47).

Nesse contexto de relações integradas, a inserção de organismos geneticamente modificados tem produzido profundos efeitos sobre a biodiversidade, sendo a agricultura um dos fatores mais atuantes nesse processo. Notem-se os apontamentos de Varella, quando menciona que “a agricultura tem exercido papel importante no declínio da biodiversidade, porque ela é a atividade humana que afeta a maior parte da superfície da terra e é a maior usuária de água no mundo”, além de que a “sua expansão e intensificação são considerados os maiores fatores de extinção de habitats e de redução da biodiversidade em todo o globo terrestre” (et al., 1999, p. 24).

Prossegue seus ensinamentos assinalando que o sucesso do melhoramento moderno vegetal e o avanço da biotecnologia estão ameaçando a fonte de diversidade genética sobre a qual dependem seus futuros progressos. Segundo ele, os “agricultores pensam ser menos compensador manter a diversa mistura de raças locais desenvolvidas por seus ancestrais do que adotar novas práticas agrícolas que são apresentadas muito embora estas possam ser, a médio e longo prazo, prejudiciais à própria agricultura” (VARELLA et al., 1999, p. 26).

O cultivo de alimentos geneticamente modificados representa a aparente vantagem de minorar os esforços laborais no campo, aliando a isso maior produtividade na mesma área cultivada. Paradoxalmente, verificam-se efeitos adversos em processos do ecossistema com a perturbação de comunidades bióticas, além do desperdício de valiosos recursos biológicos (RAMOS, 2001). É real a primazia dos recursos engendrados pela engenharia genética em prejuízo da diversidade das espécies naturais, originais.

Outro aspecto perverso da engenharia genética se evidencia na resistência dos cultivos a insetos com a implementação da tecnologia Bt. Essa tecnologia é utilizada para atuar eficazmente no gênero de insetos da família lepidóptera que agrupa as borboletas e mariposas, bem como suas larvas. Ocorre que a maior par-

te dos cultivos é atacada por pragas que não pertencem àquela espécie eliminada pela toxina Bt, sendo necessário utilizar contra esses os inseticidas tradicionais (ALTIERI, 2002). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos emitiu relatório referente à safra agrícola do ano de 1997 naquele país, evidenciando que

[...] em 12 combinações de regiões e cultivos, demonstrou que em 7 localidades não houve diferença estatística no uso de pesticidas entre cultivos com Bt e cultivos convencionais sem Bt. No delta do Mississippi, foi usada uma quantidade significativamente maior de pesticidas em algodão Bt do que nas lavouras de algodão sem Bt (ALTIERI, 2002, p. 31).

A toxina Bt é produzida naturalmente em algumas espécies sendo que, há mais de 50 anos, os agricultores orgânicos usam a bactéria produtora como inseticida natural para controlar besouros, lagartas e outros insetos, pulverizando-a esporadicamente para que não adquira resistência. Entretanto, a aplicação contínua desse inseticida provoca a exposição constante dos insetos à toxina, tornando-os resistentes a ela (CAPRA, 2002).

Em razão disso, em breve, o inseticida Bt se tornará inútil tanto para as plantas transgênicas quanto para as convencionais e, nesse sentido, a biotecnologia contribuirá para a destruição de um importante instrumento biológico de controle das pragas na lavoura. Assim, a comprovação científica em experiências de campo e laboratório de espécies de lepidópteras que desenvolveram resistência à toxina Bt, detecta o desenvolvimento de “resistência de comportamento” em insetos que aproveitam a expressão irregular da toxina nas folhas do cultivo, permitindo o ataque às partes com menor concentração da toxina (ALTIERI, 2002).

Em razão das relações integradas do ecossistema, Ramos (2001) menciona a possibilidade de os insetos também sofrerem alterações fisiológicas ao adquirirem resistência às plantas que possuem genes que produzem inseticida em todas as células. Em decorrência da exposição a tantas espécies modificadas geneticamente, existe a possibilidade de aparecimento de superinsetos. A questão levantada se confirma quando Onstad e Gould relatam que, por meio da observação de plantas de milho geneticamente modificado em finais de outubro, indicou que a maioria dos insetos que sobreviveram à toxina havia entrado em estado de dormência, preparando-se para emergir como adultos na primavera seguinte (apud ALTIERI, 2002).

É a reação da natureza às intervenções promovidas pelo homem e, nesse contexto, os impactos ambientais não se restringem aos cultivos e aos insetos, o que leva Ramos (2001) a levantar hipóteses até mesmo de alteração do metabolismo do homem, possibilidade de mutações genéticas imprevisíveis nos insetos, convertendo-se no aparecimento de espécies inusitadas e não adaptadas ao meio. Os alimentos oriundos de cultivos geneticamente modificados, segundo Rodrigues (2001), podem prejudicar seriamente o tratamento de algumas doenças no homem e nos animais. Isso “porque muitos cultivos possuem genes de resistência antibiótica. Se o gene resistente atingisse uma bactéria nociva, poderia conferir-lhe imunidade ao antibiótico, aumentando a lista, já alarmante, de problemas médicos envolvendo doenças ligadas a bactérias imunes” (p. 1.072).

Assim, percebe-se que com a engendração da natureza, destaca-se uma supervalorização do artificial. A biotecnologia vegetal proporciona a melhoria nutricional dos alimentos, negando seus atributos naturais, gerando uma diminuição da qualidade natural dos frutos da natureza (RAMOS, 2001).

Polêmica é a questão relacionada à contaminação do solo pelo acúmulo de toxicidade e dejetos químicos lesivos, pois quando a toxina Bt é incorporada ao solo junto com resíduos de folhas na aragem da terra, pode nele permanecer por dois ou três meses em razão de resistirem à degradação quando unidas à argila e aos ácidos húmicos presentes no solo, mantendo sua atividade tóxica e podendo causar impactos negativos no solo e sobre os invertebrados aquáticos (ALTIERI, 2002).

Os estudos referentes à tecnologia Bt demonstraram que o uso concomitante de herbicidas e inseticidas pode converter-se em uma situação de maior dependência dos agricultores aos insumos industriais, tendo que utilizar tóxicos inseticidas cada vez mais concentrados e menos testados. Neste ritmo de crescente dependência, que conseqüências teremos para o futuro? Sabe-se que a sobrevivência dos agricultores menores está se tornando cada vez mais difícil e a agricultura familiar encontra-se em extinção. A tendência do mercado já está definida e o plantio de organismos geneticamente modificados é uma realidade (sem retorno?).

Em razão disso, resta minorada a lei da oferta, mantendo-se apenas aquelas propriedades de grande extensão, cujos proprietários ainda possuem condições de investir nos custos da biotecnologia

agrícola. Entretanto, deve-se discutir, também, o fortalecimento do poder das empresas de biotecnologia, pois a produtividade no campo não mais representa produção de alimentos e sim de mercadorias resultantes de um processo de imposição onde a parte mais fraca é o consumidor que tem restringida sua liberdade de escolha.

Entretanto, se destaca a questão maior relativa ao meio ambiente, suas relações de interação e a intervenção do homem nesse conjunto de equilíbrio. A inserção de espécies geneticamente modificadas inaugura alterações profundas capazes de comprometer todo o equilíbrio dinâmico do ecossistema. Tratar dessas questões restringindo a discussão aos aspectos econômicos tão-somente, significa banalizar a questão vital concernente à substituição do equilíbrio dinâmico da natureza por um equilíbrio artificial, ao qual restam inúmeras dúvidas a respeito da capacidade do homem e da ciência hodierna em administrá-lo com a mesma competência e perfeição, sendo necessário, por isso, atitudes de cautela, de precaução.

4 Em busca do equilíbrio: o princípio da precaução como norteador para as novas tecnologias.....

Em razão do contexto em que se desenvolve a biotecnologia no mundo, o conhecimento tem recebido tratamento diferenciado. O império construído pelas empresas biotecnológicas vem fundamentado no argumento da quantificação da produtividade e, neste sentido, a cada dia se mutila mais e mais o conhecimento, de forma a desconsiderar a situação em sua totalidade, convergindo todos os aspectos de uma mesma questão para apenas um ponto, geralmente econômico e de interesse das empresas transnacionais.

Em razão desses aspectos, Leff menciona que “a globalização econômica está gerando uma retotalização do mundo sob o valor unidimensional do mercado, superexplorando a natureza, homogeneizando culturas, subjugando saberes e degradando a qualidade de vida das maiorias (2001, p. 40)”.

Devido ao tratamento unilateral que recebem as aplicações biotecnológicas, Morin (2000) salienta a necessidade de contextualizar as ações, adotando a precaução como pensamento de saber o que fazer. No seu entendimento, esse é um dever das nações, dos Estados e também das Nações Unidas, evitando essa lógica fundada unicamente em critérios quantitativos de produtividade. Desse posicionamento, também compartilha Sachs (2000) ao

analisar o critério de sustentabilidade política do Estado, identificando como requisito de consagração a necessidade de um controle institucional efetivo da aplicação do princípio da precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais.

A expressão “precaução” é entendida como a cautela, a antecipação de cuidados, provém do latim tardio *precautio-onis*, e representa uma ação antecipada, diante do risco ou do perigo. Assim, face à incerteza científica, resta presumida a relação de causalidade com o objetivo de evitar a ocorrência do dano e o princípio da precaução inverte o ônus normal da prova impondo ao autor potencial provar, com anterioridade, que sua ação não provocará danos ao meio ambiente (MACHADO, 2001).

Então, segundo o mesmo autor, impede-se que a incerteza científica prevaleça sobre o meio ambiente, evitando que futuramente, em face do dano ambiental, perceba-se que a conduta não deveria ter sido autorizada. Nota-se que, o objetivo precípua da aplicação do referido princípio se configura na auferição de uma duradoura qualidade de vida para as gerações humanas presentes e futuras e a preservação da natureza. Entretanto, não significa frear o progresso das atividades humanas, mas, impor disciplina à inovação, garantindo sua implementação com reduzido nível de incerteza quanto aos danos advindos.

Nesse sentido, o princípio pode ser compreendido como um instrumento de controle sobre as atividades potencialmente degradantes ao meio ambiente e, no entendimento de Casabona (2000), impõe ao avanço científico a necessidade de conhecer os riscos possíveis e as formas preventivas de controlá-los.

Embora as medidas adotadas em razão da adoção do princípio evidenciado, sejam vislumbradas como um empecilho ao desenvolvimento econômico e social, cumpre salientar que a pesquisa não pretende negar a importância dos avanços científicos e, em especial, da biotecnologia, mas quer, sim, que se promova uma consciência verdadeira a respeito da prudência que o tema exige, em razão de suas complexidades e riscos.

Nesse contexto, compreende-se a temática dos OGMs como um aspecto delicado do desenvolvimento tecnológico que implica prudência na manipulação genética das espécies, haja vista a incerteza científica a respeito das conseqüências geradas pela inser-

ção de uma nova espécie no meio ambiente, podendo afetar todo o equilíbrio dinâmico do ecossistema.

O entendimento encontra reforço na visão holística do universo, compreendido como uma rede de relações vivas, incluindo o homem como observador, como ator e não apenas como espectador passivo. Na inauguração dessa época, a Terra passa a ser vista como um organismo vivo onde todos os elementos, inclusive os não-vivos, se encontram em intrínseca interdependência e interação.

Analisando a temática sob o ponto de vista sistêmico, nota-se que a única certeza da atualidade reside na interdependência das espécies. O estudo detalhado dos ecossistemas mostrou com muita clareza que as relações entre os organismos vivos são essencialmente cooperativas, caracterizadas pela coexistência e a interdependência. A unidade de sobrevivência deixa de ser absolutamente uma entidade e passa a ser um modelo de organização adotado por um organismo em suas interações com o meio ambiente (CAPRA, 1982).

Ante o exposto, compreende-se que toda pesquisa e experiência humana envolve uma ação e uma reação entre o sujeito e o objeto porque a realidade é dinâmica, atuando em movimento contínuo. Ao inverso do cartesianismo, é incluída a incerteza e a indeterminação como princípio fundamental a ser considerado, já que o caráter próprio da natureza não permite chegar à certeza absoluta (CAPRA, 1982).

Por isso, Morin (2001) assevera que tudo está contextualizado e integra a chamada “ecologia da ação”. Para ele, quando um indivíduo empreende uma ação já está correndo o risco de ver tal ação escapar às suas intenções porque se insere em um universo de interações que podem culminar em uma ação contrária à inicial. Assim, não há recusa pela clareza das coisas, mas prudência pelas conseqüências do porvir.

Então, em razão das aplicações biotecnológicas percebe-se o grande risco ecológico a que todo o mundo está exposto. Embora a biotecnologia permita a consecução de um grande número de vantagens com vistas ao progresso, como mencionado anteriormente, o que causa alarme é a banalização do meio ambiente, pois, acompanhando cada benefício, seguem possíveis prejuízos, sendo alguns de caráter irreversível.

No intuito de estabelecer um ponto de equilíbrio no tratamento da biotecnologia, autores renomados, dentre eles Fukuyama, reconhecem que será necessário combinar os benefícios e as ameaças. Aponta como saída a regulação pelo Estado-nação ou, se insuficiente pelo nível internacional. Segundo o autor, “precisamos começar a pensar concretamente sobre como estabelecer instituições que possam discriminar entre bons e maus usos da biotecnologia e aplicar essas normas com eficácia tanto nacional quanto internacional” (2003, p. 23).

Frente a divergência de posicionamentos, favoráveis e contrários, Fukuyama aponta a necessidade de “regular politicamente o desenvolvimento e o uso da tecnologia, criando instituições que discriminem entre aqueles avanços tecnológicos que promovem o florescimento humano e aqueles que representam uma ameaça à dignidade e ao bem-estar humanos”, tanto em nível nacional quanto em nível internacional (2003, p. 190). E, acrescenta ainda:

O debate sobre a biotecnologia precisa superar essa polarização. (...) Enquanto todos se ocuparam em declarar posições éticas pró ou contra várias tecnologias, quase ninguém esteve refletindo concretamente sobre que tipos de instituição seriam necessários para permitir às sociedades controlar o ritmo e a abrangência do desenvolvimento tecnológico (2003, p. 191).

Fukuyama vê na regulação, uma possível saída para o controle da biotecnologia. Acredita que os cientistas podem auxiliar no “estabelecimento de normas morais concernentes a sua própria conduta, mas o fazem não como cientistas, mas como membros cientificamente informados numa comunidade política mais ampla.” Assim na visão do autor:

A resposta para a questão de a quem cabe a decisão sobre os usos legítimos e ilegítimos da ciência é na verdade bastante simples, e foi estabelecida por vários séculos de teoria e prática política: é a comunidade política democraticamente constituída, agindo, sobretudo através de seus representantes eleitos, que é soberana nessas matérias e tem autoridade para controlar o ritmo e a abrangência do desenvolvimento tecnológico (2003. p. 193-194).

Aliado a isso, muito importante é a disponibilização de informação verdadeira, completa e compreensível (sincera). As pessoas envolvidas e a comunidade em geral, têm direito de saber os limites e possibilidades das novas tecnologias, pontos positivos e negativos, a fim de não absorver novas tecnologias ao sabor de interesses nem sempre claros.

5 Considerações finais.....

A opção por uma ou outra tecnologia será melhor ou pior em função do que se pretende da sociedade, de um conjunto de valores, de expectativas e de necessidade. A revolução biotecnológica, segundo Rifkin, “obrigará cada um de nós a espelhar seus valores mais íntimos, levando-nos a ponderar sobre a questão máxima da finalidade e sentido da existência” (1999, p. 248). E a melhor tecnologia para determinado meio pode não apresentar o mesmo resultado em outro. Um posicionamento correto é tentar preservar a diversidade biológica e a diversidade cultural, conjugadas à diversidade tecnológica, pois a técnica que salva pode também ser uma ameaça, de acordo com os interesses dominantes. Em se tratando de biotecnologia, a novidade está na segurança do emprego das novas técnicas, mantendo vigilância contínua.

Certo é que a regulação não irá permitir nem proibir tudo. O ideal será encontrar um meio-termo. O envolvimento da sociedade e o debate mais amplo são importantes, principalmente para tentar viabilizar o controle pela regulação. Uma das maneiras de controlar a difusão da tecnologia é através de acordos (consensos mínimos) internacionais que imponham regras para esse fim, os quais são de negociação extremamente difícil e de imposição ainda mais difícil (FUKUYAMA, 2003. p. 196).

Assim, o desafio dos próximos anos será elencar como parâmetros determinantes do desenvolvimento, o valor de cada ser humano nos modelos de caráter mundial. Sob este prisma, as novas estratégias deverão centrar-se na qualidade, na viabilidade, no consenso público, na observância de limites com o fim de respeitar as novas tecnologias existentes, como a conservação do meio ambiente, a solidariedade entre os países. Se considerado de outra forma, os modelos econômicos só contribuirão para aumentar as disparidades e a desumanização do homem, pois o mercado deve integrar o crescimento econômico com o desenvolvimento humano.

Por fim registre-se: não existem provas concretas para os países subdesenvolvidos das vantagens resultantes da produção desses organismos. De igual forma, não é visível a melhoria da qualidade de vida para os usuários, além dos riscos ao equilíbrio do ecossistema global e ao comprometimento do desiderato desenvolvimento sustentável, fundado na harmonização dos objetivos sociais e ecológicos.

Referências

- ALTIERI, M. A. *Biotecnologia agrícola: mitos, riscos ambientais e alternativas*. Porto Alegre: Emater –RS, 2002.
- AMILS, R. Impacto de la biotecnología en el medio ambiente. In: PALACIOS, M. *Bioética 2000*. Llanera (Asturias): Nobel, 2000.
- AMORIN, C. O petróleo sai de cena. *Revista Galileu*, n° 152, março 2004, p. 34-37.
- CAPRA, F. *As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável*. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: Cultrix, 2002.
- _____. *O ponto de mutação. A ciência, a sociedade e a cultura emergente*. Trad. Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1982.
- CASABONA, C. M. R. *Biotecnologia, direito e bioética*. Belo Horizonte: Del Rey, 2002.
- _____. *La Biotecnología y los Principios de Eficacia, Seguridad y Precaución*. In: *Bioética 2000*. Espanha: Nobel, 2000.
- DEANE, C. A percepção social da biotecnologia. In: CASABONA, C. M. R. *Biotecnologia, direito e bioética*. Belo Horizonte: Del Rey, 2002.
- DOMINGUES, D. G. *Privilégios de invenção, engenharia genética e biotecnologia*. Rio de Janeiro: Forense, 1989.
- FUKUYAMA, F. *Nosso futuro pós-humano. Conseqüências da revolução biotecnológica*. Rio de Janeiro: Rocco, 2003.
- FURTADO, L. R. *Sistema de propriedade industrial no direito brasileiro*. Brasília: Brasília Jurídica, 1996.
- GOODFIELD, J. *Brincando de Deus: a engenharia genética e a manipulação da vida*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1998.
- LEFF, E. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Trad. Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MACHADO, P. A. L. O princípio da precaução e o direito ambiental. *Revista de direitos difusos: organismos geneticamente modificados II*. São Paulo, v. 8, p. 1.081–94, ago. 2001.

MONSANTO IMAGINE. *Transgênicos: para ter opinião, tem que ter informação*. ago. 2003.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. 3.ed. Trad. Dulce Matos. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

_____. *Saberes globais e saberes locais: o olhar transdisciplinar*. Trad. Paula Yone Strob. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. (Idéias Sustentáveis).

MOSER, A. *Biotecnologia e bioética. Para onde vamos?* Petrópolis: Vozes, 2004.

PENGUE, W. A. *Cultivos transgênicos: hacia dónde vamos?* Buenos Aires: Lugar Editorial, 2000.

RAMOS, I. C. N. Transgênicos – OGMs. *Revista de Direitos Difusos: Organismos Geneticamente Modificados II*. São Paulo, v. 8, p. 1057-1067, ago-2001.

RIFKIN, J. *O século da biotecnologia*. Trad. Arão Sapiro. São Paulo: MAKRON Books, 1999.

RODRIGUES, L. F. OGMs – Organismos geneticamente modificados: reflexos no direito ambiental e no direito econômico – concorrência e consumidor. *Revista de direitos difusos: organismos geneticamente modificados II*. São Paulo, vol 8, p. 1.069–1.079. ago. 2001.

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Trad. José Lins Albuquerque Filho. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. (Idéias Sustentáveis).

SOARES, J. C. T. *Tratado de propriedade industrial*. São Paulo: Jurídica Brasileira, 1998.

VARELLA, M. D.; et al. *Biossegurança e biodiversidade: contexto científico e regulamentar*. Belo Horizonte: Del Rey, 1999.

Notas

- 1 Apesar do desenvolvimento acelerado nos últimos anos, desde os primórdios o homem detinha conhecimentos nesta área, como a utilização de agentes biológicos para produzir alimentos e bebidas. No século XX, na Alemanha, já se forneciam patentes para procedimentos técnicos que utilizavam microrganismos na fabricação de produtos industriais.

- 2 Conforme Rifkin a identificação dos cromossomos foi realizada pelos doutores Torbjorn O. M; Caspersson e Lore Zech, do Instituto Karolinska, Suécia. "No mundo da matéria viva que alguns n pesquisadores perceberam que os genes têm diferentes proporções para cada um dos quatro nucleotídeos-base G, A, T e C" [1999, p. 11].
- 3 DNA: Àcido desoxirribonucleico. "Novos métodos para se isolar, identificar e es- tocar genes estão sendo acompanhados por uma grande quantidade de novas técnicas de manipulação e transformação de genes. A mais formidável das no- vas ferramentas é o DNA recombinado. Em 1973, os biólogos Stanley Cohen da Universidade de Stanford e Herbert Boyer da universidade da Califórnia reali- zaram uma façanha no mundo da matéria viva que alguns analistas biotecnológicos acreditam se igualar em importância com a conquista do fogo. Os dois pesquisadores relataram terem tomado dois organismos não relaciona- dos que não conseguiriam se acasalar na natureza, isolado uma parte do DNA de cada um deles e organismo então, recombinando as duas partes do material genético. Produto de aproximadamente 30 anos de investigação, atingindo o auge devido a uma série de descobertas rápidas no final das décadas de 60 e de 70 então, recombinando as duas partes do material genético. Produto de aproximadamente 30 anos de pesquisa, o DNA recombinado é um tipo de má- quina de costura biológica que pode ser usada para unir o tecido genético de or- ganismos não relacionados.
- 4 Nesse sentido, os pesquisadores se preparam para, além dos transplantes de órgãos, dirigir-se a fabricação de órgãos, a substituição de prótese de plástico e de metal por tecido construído.
- 5 OGMs – organismos geneticamente modificados.
- 6 O biodiesel é conhecido desde 1895, quando o engenheiro francês Rudolf Di- esel, criador do motor com ignição a compressão, iniciou as pesquisas para utilização de subprodutos do petróleo como combustível para sua invenção. Conforme Amorin (2004), durante a Feira Mundial de Paris, em 1900, Die- sel utilizou óleo de amendoim para movimentar seu invento o que, em razão dos interesses relativos ao domínio do petróleo, restou mantido na obscuri- dade durante tanto tempo.
- 7 O bioplástico surgiu da necessidade de controlar a poluição gerada pelos polímeros sintéticos. A principal contribuição ambiental do plástico ecológico consiste em tornar-se 100% biodegradável, podendo ser produzido em vários graus de elasti- cidade [RIFKIN, 1999]. A substituição dos polímeros sintéticos por polímeros na- turais, como alcanoatos, inaugura importantes formas de aplicação, sendo neces- sário que seja promovido a preços competitivos para possibilidades de implan- tação, o que não tem sido alcançado até então [AMILS, 2000].
- 8 NCFAP – Centro Nacional para Política de Alimentos e Agricultura dos Estados Unidos da América, é uma organização de pesquisa independente e sem fins lu- crativos localizada em Washington. Criado para analisar e solucionar questões de política de alimentos e agricultura. Conforme os estudos desenvolvidos, é possível produzir plantas mais resistentes, através da biotecnologia, o que per-

mitiria aos americanos colher 7 milhões de toneladas de alimentos a mais, aumentando a renda agrícola em U\$ 2,5 bilhões e utilizando 80 mil toneladas a menos de pesticidas.

- 9 Isso se torna compreensível quando considerado que a soja convencional teve sua qualidade nutricional melhorada com a introdução de genes da castanha-do-pará, e desta forma, pessoas que nunca haviam comido a castanha passaram a apresentar alergia quando ingeriram a soja modificada.
- 10 "A Novartis é a maior empresa agroquímica do mundo, a segunda maior empresa no ramo de sementes, a segunda maior indústria farmacêutica e a quarta maior empresa de medicina veterinária. A empresa também está apostando nas necessidades do novo ramo de medicina genética humana. Em 1995, a Sandoz – agora Novartis – adquiriu a Genetic Therapy Inc. por 295 milhões de dólares. Essa empresa, com sede em Maryland, detinha a licença de uso da patente estrangeira sobre a técnica de remover células de um paciente, modificar sua composição genética e recolocá-la no corpo do paciente. A aquisição garantiu à Novartis uma posição segura na incipiente ciência da terapia genética humana" [RIFKIN, 1999, p. 72]. E mais, como apresenta Fukuyama: "Os Estados Unidos são os maiores exportadores agrícolas geneticamente modificados; têm muito a perder se países importadores puderem impor restrições a OGMs ou exigir uma rotulagem cara. Os agricultores europeus tendem a ser muito mais protecionistas. Houve pouca reação dos consumidores contra alimentos geneticamente modificados nos Estados Unidos, como também na Europa, embora alguns processadores de alimentos tenham começado a rotular produtos OGM voluntariamente. A Europa, em contraposição, tem um movimento ambientalista mais forte, que tem sido muito hostil à biotecnologia" [2003, p. 205].

Recebido em: 03/09/2004

Avaliado em: 05/10/2004

Aprovado em: 13/10/2004

