

Biossegurança no Ano 2010: o Futuro em Nossas Mãos?

José Luiz Telles de Almeida
Silvio Valle

Médico, doutor em Ciências e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro _ RJ
Pesquisador e coordenador do Curso de Biossegurança Hospitalar da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro _ RJ

Uma das características centrais de nosso tempo é a velocidade em que ocorrem as profundas transformações na área das ciências da vida, em especial nas biotecnologias. O presente ensaio busca discutir, sob o ponto de vista da biossegurança, as possíveis implicações para um futuro próximo da aplicação das biotecnologias atualmente projetadas. Concluímos que não basta a sociedade pautar-se em leis ou em argumentos estritamente técnicos para se avaliar uma dada biotecnologia. Propomos, dessa maneira, a constituição de uma Comissão Nacional de Bioética que tenha por missão subsidiar a sociedade, a partir de diferentes pontos de vista, para o debate sobre as perspectivas que uma nova tecnologia pode trazer à vida das pessoas.

UNITERMOS _ Biossegurança, biotecnologia, bioética

Introdução

Ao ingressarmos no ano 2000, inevitavelmente nos vem à memória cenas de ficção científica projetadas há 30, 40 ou 50 anos. Cidades altamente tecnologicadas, robôs substituindo o trabalho humano, pessoas se locomovendo em esteiras rolantes, etc. Muito desta projeção está longe de nossa realidade, de fato. Isto não quer dizer, no entanto, que não estamos experimentando uma verdadeira revolução tecnológica.

Com efeito, duas áreas interligadas, particularmente, estão no centro desta revolução: as ciências da computação e as ciências biológicas. A conjunção destas duas grandes áreas de conhecimento tem sido responsável, por exemplo, pelo sucesso até agora alcançado no mapeamento do genoma humano, o mais estruturado e ambicioso programa internacional de desenvolvimento tecnológico de toda a história da humanidade. O que mais impressiona nesse cenário de inovações tecnológicas é que estas ocorrem em curto espaço de tempo, muitas vezes nos pegando de surpresa, atordoando-nos, deixando perplexos tanto os governantes como, em especial, a própria sociedade.

Quando nos questionam sobre uma projeção da área de biossegurança, não para daqui a cinqüenta anos mas para dez anos ou mais, nos damos conta da rapidez de nosso tempo. Dez anos!? Mas o que pode ser modificado em nossas vidas em tão curto espaço de tempo? Tudo! Desde nossas concepções de vida e humanidade até a forma de comer e de vestir. Isto porque o momento atual de produção científica e tecnológica na área das ciências biológicas, e sua interface com a ciência da computação, é verdadeiramente revolucionário. Seja do ponto de vista do conhecimento em si e suas possíveis aplicações, seja pela própria forma em que a ciência hoje se organiza. Lembramos que estes dois campos do conhecimento dividem até mesmo as carteiras de ações que movimentam a bolsa NASDAQ, a influente bolsa de ações de empresas de alta tecnologia dos Estados Unidos.

No presente ensaio, buscaremos caracterizar o atual momento de transformações biotecnológicas tendo por referência, de um lado, a atual legislação de biossegurança e, de outro, uma análise sucinta de algumas das tecnologias de ponta ora em desenvolvimento na atualidade _ e que têm o potencial de conformar nosso futuro. Dentre as tecnologias destacamos a nanotecnologia molecular e os biochips com suas estreitas e polêmicas aplicações em medicina.

Concluímos nosso ensaio explorando as fronteiras da biossegurança em seus limites com a bioética. Acreditamos que esta última área seja de extrema relevância para o debate sobre qual sociedade iremos construir para as futuras gerações e para nós mesmos.

As biotecnologias de ponta: o futuro se faz no presente

As biotecnologias tradicionais podem ser distinguidas das biotecnologias modernas em três aspectos fundamentais: em primeiro lugar, o cruzamento efetuado pelas biotecnologias tradicionais acontece entre espécies próximas; já as biotecnologias modernas permitem que seja feito entre qualquer tipo de ser vivo, não respeitando a barreira de espécie, independentemente de sua distância genômica.

Em segundo lugar, o tempo necessário para a maturação das biotecnologias tradicionais é muito longo (geralmente em escala de anos); ao passo que nas modernas biotecnologias é extremamente reduzido.

Por último, o campo de aplicação das biotecnologias tradicionais é significativamente reduzido em comparação com as biotecnologias modernas, que têm como pretensão atuar desde o controle da poluição ambiental, da reprogramação de plantas e animais com fins comerciais, até mesmo a própria manipulação e alteração quimeroplástica do patrimônio genético humano, de forma tão radical que poderemos ser obrigados a repensar o próprio surgimento da vida, sua manutenção e os novos parâmetros do processo de envelhecimento das pessoas (1).

Tais características das biotecnologias modernas são advindas, especialmente, das técnicas de manipulação do DNA recombinante. Os possíveis riscos da manipulação do DNA recombinante foram discutidos em 1975, quando da realização da Conferência de Asilomar, nos Estados Unidos. Apesar de a Conferência ter sido um evento limitado a biólogos especializados, teve grande repercussão e representou um marco na regulamentação da

biotecnologia. Do ponto de vista prático, foi a partir de Asilomar que se originaram as normas de biossegurança do *National Institute of Health* (NIH), dos EUA. Seu mérito, portanto, foi o de alertar a comunidade científica, especialmente quanto às questões de biossegurança inerentes à tecnologia de DNA recombinante. A partir de então, a maioria dos países centrais viu-se diante da necessidade de estabelecer legislações e regulamentações para as atividades que envolvem a engenharia genética.

No Brasil, com o objetivo de assegurar a adequação dos procedimentos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e de produção e uso da engenharia genética, em especial a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados (OGMs), o Congresso Nacional aprovou, em 1995, a Lei de Biossegurança (Lei nº 8.974/95) _ a qual gerou a criação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança _ CTNBio, no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia. Em última instância, esta legislação visa a proteção da saúde humana, dos animais, das plantas e do meio ambiente _ de forma não hierarquizada. Este último aspecto representa um fato inédito no país, pois não existe nenhum outro documento legal que aborde taxativamente a questão da saúde ambiental (2).

Cabe à CTNBio emitir parecer técnico sobre a segurança dos produtos e processos da engenharia genética, mediante solicitações que lhe são encaminhadas. Em suas análises, a CTNBio busca contemplar os seguintes aspectos:

- a) riscos ao meio ambiente;
- b) riscos relacionados à sanidade vegetal e animal;
- c) riscos para a saúde humana.

Deve ficar claro que, como consta no artigo 7º da Lei de Biossegurança, compete aos Ministérios da Saúde, Agricultura e Meio Ambiente, por intermédio de seus órgãos de vigilância, fiscalizar, monitorar, registrar e dar o parecer _ final no âmbito de suas competências _ sobre produtos e processos que envolvem os OGMs e seus derivados.

No entanto, como veremos em tópicos a seguir, o simples fato da existência de uma lei, por mais abrangente que possa ser _ não é o caso da Lei de Biossegurança _, não garante a ausência de risco.

Certamente, nem sempre as leis têm a capacidade de antecipar os impactos possíveis das inovações biotecnológicas, e a própria sociedade organizada sob a forma de consumidores (*mass consumption society*) coloca novos desafios para a regulamentação.

No item seguinte, abordamos as inovações biotecnológicas que, certamente, colocarão pautas inéditas para a área de biossegurança e ilustrarão nosso ponto de vista.

Nanotecnologia molecular: bem-vindos ao biosséculo XXI

Em termos muito simplificados, a nanotecnologia pode ser definida como a capacidade de construção molecular ou, em outras palavras, a capacidade de se fabricar materiais manipulando-se átomo por átomo ou molécula por molécula por meio de braços de robôs nanoscópicos.

Utilizando-se o conhecimento das propriedades químicas dos átomos e das moléculas, a nanotecnologia propõe a construção dos mais diversos materiais, até mesmo de elementos inexistentes na natureza. O "pulo do gato" é justamente o de poder manipular o átomo individualmente. Sem dúvida, tal capacidade tecnológica pode abrir horizontes inimagináveis até o momento.

São, fundamentalmente, dois os conceitos essenciais vinculados à nanotecnologia: a) construção precisa (*positional assembly*) e auto-replicação (*self replication*). O primeiro conceito envolve, necessariamente, um sistema de robótica que deva ser molecular tanto em seu tamanho quanto em sua precisão. A auto-replicação, por sua vez, já existe em algumas fábricas japonesas de automóveis que podem ser consideradas verdadeiras fábricas auto-replicantes. Isto porque, através da robótica e da automação, estas fábricas não utilizam a mão-de-obra humana sequer para monitorar ou supervisionar sua produção. A auto-replicação na nanotecnologia seria, então, "fábricas" em nível molecular.

Considerado o pai da nanotecnologia, Eric Drexler, doutorado em nanotecnologia molecular em 1991 pelo Massachusetts Institute of Technology, não mede as palavras quando fala das possibilidades de sua aplicação. Em seu livro *Unbounding the future: the nanotechnology revolution*, publicado em 1991, afirma que a "poluição, doenças físicas e miséria material têm raízes na nossa incapacidade de controlar a estrutura da matéria" (3).

Com efeito, a despeito dos mais céticos em relação à viabilidade, em médio prazo, da nanotecnologia (4), projetam-se espetaculares aplicações nas mais diferentes áreas, podendo levar aos seguintes resultados: autoconstrução de bens de consumo; computadores bilhões de vezes mais rápidos; fim dos poluentes ambientais e limpeza automática da poluição existente; síntese de alimentos em nível molecular e, virtualmente, o fim das doenças, do envelhecimento e da morte.

Parece, à primeira vista, um delírio "bionanotecnológico". No entanto, cientistas de diferentes países (Japão, Grã-Bretanha, Alemanha, Suíça, França, Rússia, China, Áustria e Itália, além dos Estados Unidos, é claro), oriundos de áreas de conhecimento as mais diversas, incluindo a química, a biologia, a física e a eletrônica, estão, no momento, envidando esforços para manipular, com extrema precisão, a matéria em sua escala atômica.

Em janeiro deste ano, a Secretaria de Imprensa da Casa Branca anunciou que para o ano 2001, na administração Clinton, foi requisitado o valor de duzentos e vinte e sete milhões de dólares para aumentar em 84% o investimento governamental na pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia. Segundo o quadro 1, note-se que, dentre as agências que participam da *National Nanotechnology Initiative (NNI)*, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) teve um aumento de investimento projetado para 2001 de 400%. A lógica de tal investimento é a perspectiva, a partir da nanotecnologia, de redução drástica de custos da exploração espacial.

Note-se que o Departamento de Defesa dos Estados Unidos é o que detém o segundo maior investimento em termos brutos, seguido pela Fundação Nacional de Ciência.

As estratégias de investimento da *National Nanotechnology Initiative* deverão, inicialmente, apoiar cinco grandes campos:

- a) pesquisa fundamental em nanociência e nanoengenharia a longo prazo;
- b) aplicações práticas como as listadas anteriormente;

c) apoio a centros e redes de pesquisa de excelência e apoio à infra-estrutura de pesquisa; e

d) estudo das implicações éticas, legais e sociais, bem como uma força tarefa para educação e treinamento de pessoal para trabalhar na perspectiva multidisciplinar (5).

As possibilidades de aplicações da nanotecnologia na área das ciências da saúde, por sua vez, possuem a mesma linha de otimismo apontada anteriormente. Fala-se de "supermedicina". Por exemplo, artefatos nanoscópicos poderiam ser utilizados como verdadeiros anticorpos, tendo a informação completa do DNA da pessoa. Estes "anticorpos" monitorariam seu organismo, identificando e eliminando invasores externos. Estas células sentinelas conformariam um sistema imunológico artificial e virtual. Os artefatos nanoscópicos poderiam ser aplicados para restaurar desde a pele danificada até ossos inteiros do corpo humano.

Ficção científica? Para os pesquisadores da área nada seria impossível se a humanidade conseguisse dominar o mundo nanoscópico.

A nanotecnologia, ainda, estaria intimamente relacionada com progressos atuais na confecção de biochips, outra área da biotecnologia que vem sendo alvo de pesquisas por suas aplicações nos setores de diagnóstico e terapêutica médica, podendo vir a ser uma das principais ferramentas utilizadas na medicina preditiva de base molecular e genética. O primeiro biochip para diagnóstico foi desenvolvido pela empresa norte-americana RheoGene LLC, programado para análise genética (6). Na área da terapêutica, eles podem ter ampla utilização, em especial para doenças crônicas.

Nada impede que nos próximos anos o diagnóstico preditivo das doenças, baseado no perfil genético e molecular do paciente, seja realizado por um biochip. Ao mesmo tempo em que se faz a leitura, um outro chip analisa e elabora um medicamento especialmente formulado para o paciente. Esta possibilidade apontaria para o fim dos medicamentos como nós os conhecemos, podendo trazer novas vantagens. É certo, também, que estas se façam acompanhar de novos riscos para a saúde humana, e que necessitam ser pensados tanto do ponto de vista técnico quanto de sua dimensão ética, dado o seu enorme impacto potencial sobre toda a sociedade.

O discurso das empresas por trás destas recentes e inovadoras tecnologias busca ressaltar para a opinião pública que seus produtos não trazem risco. Ora, como precisar os riscos de um ser transgênico projetado e regulado por chip uma vez que em determinadas situações seus efeitos adversos ainda não são capazes de serem simulados pelo atual estágio de conhecimento da medicina?

Outros usos, entretanto, tais tecnologias podem ter. No caso do financiamento do Departamento de Defesa estadunidense nestas áreas de pesquisa, o argumento freqüentemente utilizado é o de que o país deve investir para se precaver de possíveis ataques inimigos. No entanto, a linha demarcatória entre prevenção e desenvolvimento de novas armas bio-engenheiradas é tênue. No campo militar, uma das vantagens já empregadas dos testes genéticos é o fim do soldado desconhecido. O espectro de uma guerra não-convencional, utilizando-se de bioagentes, ainda continua a pairar sobre a humanidade.

Outro ponto que preocupa enormemente é o terrorismo. Com efeito, neste futuro sombrio que poderíamos projetar para a humanidade, não poderíamos deixar de mencionar o bioterrorismo, que atualmente já consome vultosos recursos financeiros para sua prevenção. Por que não, a exemplo de hackers de computadores, especular sobre o surgimento de biohackers, que seriam capazes de entrar nos sistemas controladores dos biochips e colocar em risco a vida e a saúde das pessoas?

Pelo fim das biotecnologias modernas?

No exercício de projeção para o futuro próximo, tanto os bons quanto os maus usos das tecnologias têm sido colocados na mesa de debates sobre o tema. É certo que quanto mais avançam as possibilidades de aplicação da biotecnologia também se sofisticam as formas de análise de risco biológico, o qual atualmente é estudado e apresentado como análise de risco, gerenciamento de risco e informação de risco. No entanto, tais mecanismos são incapazes de garantir risco zero de uma determinada biotecnologia. Como avaliar, então, se vale a pena ou não investir ou liberar uma aplicação biotecnológica, visto que muitos de seus riscos só poderão ser percebidos nas gerações futuras, como no caso de intervenções no genoma humano?

Para os mais céticos, a única maneira de salvar a humanidade dos malefícios da biotecnologia é a instauração de uma legislação que ou banisse totalmente as pesquisas e o desenvolvimento nesta área ou instituisse uma moratória por tempo indeterminado. Esta posição radical baseia-se na crença de que o desenvolvimento tecnológico seria regido por leis próprias e teria uma lógica inerente. Isto implica, entre outras coisas, que toda tecnologia, apesar de seus riscos ou ser moralmente ofensiva, será implementada ou desenvolvida (7).

Para os defensores irrestritos da biotecnologia, o argumento central é o de que as finalidades de uma nova tecnologia podem ser controladas pela vontade e decisão humanas, e que na menor possibilidade de risco poderia ser interrompido o seu desenvolvimento _ posição esta denominada como voluntarismo tecnológico.

Apesar da tecnologia nuclear, por exemplo, ter sido utilizada para fins militares, hoje tem amplo uso na medicina e até na conservação de alimentos, por meio de sua irradiação.

Com efeito, ao longo dos anos 90 a grande maioria dos países ocidentais assumiu a implementação e regulamentação sobre as limitações e a análise dos riscos tecnológicos, tornando também explícita a importância imediata das atitudes do público nos destinos de projetos futuros, quer desenvolvidos por empresas privadas ou por órgãos governamentais. Além do mais, ninguém em sã consciência poderia admitir que a biotecnologia pode, por ela mesma, destruir as instituições democráticas conquistadas ao longo do século XX, levando ao cenário totalitarista traçado por Aldous Huxley em sua obra *Admirável mundo novo*.

Fica claro, portanto, que a biotecnologia, presente e futura, não deve ser tratada sob o reducionismo tecnocientífico pois diversas implicações estão nas esferas da ética, da política e de toda a sociedade. Na verdade, as modernas biotecnologias só irão progredir se incorporadas e legitimadas pela sociedade. Neste aspecto existe, atualmente, o dilema posto por uma globalização tecnológica, ao mesmo tempo em que padrões éticos ficam cada vez mais regionalizados. Afinal, quanto mais se globaliza mais aparecem novos aglomerados humanos cujas culturas permaneceram reprimidas por longo tempo e que agora encontram contexto favorável para aflorar e se afirmar, nem que para isto lancem mão da violência fratricida.

Concluindo sobre nosso futuro biológico

Vimos em nosso ensaio que as tecnologias de ponta que hoje estão em desenvolvimento embrionário, como a nanotecnologia e o desenvolvimento de biochips, poderão modificar substancialmente a nossa realidade em curto espaço de tempo. Tais tecnologias são apontadas, por seus defensores, como potenciais salvadores do planeta e da humanidade. Esta ordem de argumentação merece um pouco de desconfiança. Como pode ser visto nas tecnologias de alimentos transgênicos, é muito pouco provável que as grandes transnacionais que atualmente formam um oligopólio na área tenham por reais

intenções o banimento da fome nos países periféricos. Graziano (8) chama de transbobagem (numa correlação com os transgênicos) afirmar que a biotecnologia irá acabar com a fome no mundo. O autor, com muita propriedade, afirma que a fome no mundo está mais afeita à distribuição de renda do que à oferta de alimentos.

Ressaltamos, também, que onde há tecnologia existe risco; onde há risco, existem normas de segurança; logo, havendo biotecnologia existirá risco e a conseqüente necessidade de normas de segurança. Baseados neste fato podemos afirmar que um acidente com a engenharia genética poderá ocorrer, e como em toda análise previsionista prudente não poderemos prever quando e em que intensidade irá ocorrer. Pelo menos nos países ocidentais, normas de biossegurança têm sido assumidas, o que não implica no afastamento total dos riscos.

Dessa maneira, os riscos não podem ser avaliados estritamente sob critérios científicos. Isto deve ser dito porque cresce a preocupação nos meios acadêmicos pelo fato de hoje existir um razoável contingente de pesquisadores de ponta (em instituições privadas e públicas) que têm os seus projetos de pesquisa vinculados através de ações comercializadas na bolsa de valores (a mais conhecida é a bolsa de alta tecnologia de Nova York, a NASDAQ, que prioritariamente comercializa ações de empresas de biotecnologia e de informática) _ o que deixa uma sombra de desconfiança sobre a isenção do pesquisador nos resultados de suas pesquisas.

Assim sendo, defendemos que a biossegurança deve andar estreitamente articulada com a bioética, como estratégia fundamental para a institucionalização e reconhecimento público das possibilidades biotecnológicas para a sociedade.

Seguindo o exemplo de alguns países da Europa Ocidental, como a França e a Inglaterra, o Brasil deveria instituir uma Comissão Nacional de Bioética onde aspectos não só relativos à biossegurança, mas éticos, sociais, políticos e religiosos poderiam ser debatidos por diferentes representantes da sociedade, tornando público o que hoje ainda se encontra na esfera das empresas privadas ou em fóruns especializados. Tal mecanismo reforçaria nossas instituições democráticas e contribuiria para o esclarecimento da população sobre nossas potencialidades e vocações tecnológicas.

Abstract _ *Biosafety in the Year 2010: Is the Future in our Hands?*

One of the main characteristics of our times and age is the speed with which profound transformations occur in the area of life sciences, especially in biotechnology. This paper attempts to discuss, from a biosafety point of view, the possible implications, in the near future, of the application of biotechnologies currently being planned. We conclude that it is not enough for society to guide itself according to laws or strictly technical arguments in order to evaluate a given biotechnology. We propose, therefore, the constitution of a National Bioethics Committee, which would be given the task of aiding society in the debate on prospects that a new technology could bring to people's lives, based on different points of view.

Referências Bibliográficas

1. Reiss M. Biotechnology. In: Chadwick R, editors. Encyclopedia of Applied Ethics. San Diego: Academic Press, 1998. v.1: 319-33.
2. Valle S. Regulamentação da biossegurança em biotecnologia. Rio de Janeiro: Auriverde, 1998.
3. Drexler KE, Peterson C, Pergamet G. Unbounding the future: the nanotechnology revolution. New York: Quill Press, 1991
4. Sobre as críticas feitas às previsões de Drexler, ver: Craver T. The easy nanotechnology. <http://nanozine.com/WHATNANO.htm>. 1999
5. http://whitehouse.gov/WH/New/html/20000121_4.html
6. Persidis A. Biochips: an evolving clinical technology. Hosp Pract 1999;34(12):67-8,73-6,83-5.
7. Häry H. How to assess the consequences of genetic engineering? In: Dyson A, Harris J, editors. Ethics and biotechnology. London, New York: Routledge, 1994: 144-56.
8. Graziano X. Transgênicos: o poder da tecnologia. Brasília: Instituto Oscar Freire, 2000. (Idéias e debates, 32)

Endereço para correspondência:

Sílvio Valle
Rua Oliveira Machado 8, aptº 101
24220-240 Niterói _ RJ