Globethics Repository

Introdução às questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia [Introduction to nanotechnology-provoked bioethical questions]

This page was generated automatically upon download from the Globethics Repository. More information on Globethics see https://www.globethics.net. Data and content policy of Globethics Repository see https://repository.globethics.net/pages/policy.

Item Type	Article
Authors	Silva de Lêdo, João Carlos;Saad Hossne, William;Zabeu Pedroso, Margareth
Publisher	Centro Universitário São Camilo
Rights	Creative Commons Copyright (CC 2.5)
Download date	2026-11-01 03:46:31
Link to Item	http://hdl.handle.net/20.500.12424/214685

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

Introdução às questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia

Introduction to nanotechnology-provoked bioethical questions
Introducción a las cuestiones bioéticas suscitadas por la nanotecnología

João Carlos Silva de Lêdo*
William Saad Hossne**
Margareth Zabeu Pedroso***

RESUMO: O presente artigo objetivou apresentar uma introdução às questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia a partir do estudo teórico da bibliografia existente. Tal estudo buscou conhecer os benefícios e os riscos que essa tecnologia apresenta no presente e suas perspectivas no futuro.O trabalho desenvolveu-se ao analisar a partir da bibliografia técnico-científica disponível, os riscos e questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia.Os dados obtidos evidenciam ampla gama de questões bioéticas que a revolução da nanotecnologia suscita, em particular as questões advindas da nanobiotecnologia.Benefícios já se fizeram sentir, mas os riscos começam a surgir e serem identificados. Tanto riscos como benefícios ocorrem em vários campos das atividades: econômicas, sociais, biológica, sanitários...Fica cada vez mais evidente a importância do pluralismo, característica essencial da Bioética, para a devida avaliação dos avanços da nanotecnologia, sobretudo da nanobiotecnologia. Se de um lado o avanço científico e tecnológico é louvável e desigual sob múltiplos aspectos, é urgente e absolutamente necessário o levantamento das questões éticas e, sobretudo bioéticas que possam surgir a partir dos avanços tecnológicos.Ao lado da revolução científica deve ocorrer a "evolução da ética", isto é, se o avanço é inexorável e desejável sob vários ângulos, deve ser balizado pela reflexão bioética a partir da conscientização da problemática seguida da devida reflexão crítica, no sentido pluralístico o mais amplo possível.
PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia. Nanobiotecnologia. Bioética.

ABSTRACT: The present article aims to present an introduction to nanotechnology-provoked bioethical questions from the theoretical study of the existing bibliography. Such study searched to identify the benefits and risks that this technology presents currently and its perspectives in the future. The work was developed by analyzing what the available technical-scientific bibliography present about the risks and bioethical questions raised by nanotechnology. Collected data show an ample gamma of bioethical questions that the revolution of nanotechnology brings to the fore, in particular questions linked nanobiotechnology. There have been undeniably benefits but risks begin to appear and to be identified. Both risks and benefits occur in several fields of activity: economic, social, biological, sanitary... It is ever more evident the importance of pluralism, an essential characteristic of Bioethics, for the evaluation of advances in nanotechnology, over all of nanobiotechnology. If on the one hand scientific and technological advances are praiseworthy and unequal under multiple aspects, it is urgent and absolutely necessary to survey ethical and mainly bioethical questions that can be raised by technological advances. Scientific revolution must be paralleled by "the evolution of ethics", that is, if the advances are inexorable and desirable under some perspectives, it must nevertheless be guided by the bioethical reflection from the awareness of the problematic, the basis for a ulterior critical reflection, in the amplest pluralistic sense possible.
KEYWORDS: Nanotecnology. Nanobiotechnology. Bioethics.

RESUMEN: Este artículo pretende presentar una introducción a las cuestiones bioéticas suscitadas por la nanotecnología desde el estudio teórico de la bibliografía existente. Tal estudio buscó identificar las ventajas y los riesgos que esta tecnología presenta actualmente y sus perspectivas en el futuro. El trabajo fue desarrollado analizando lo que se levantó en la bibliografía técnico-científica disponible presente sobre los riesgos y las cuestiones bioéticas suscitadas por la nanotecnología. Los datos recogidos demuestran una gama amplia de cuestiones bioéticas que la revolución de la nanotecnología trae a la delantera, en particular las cuestiones vinculadas a la nanobiotecnología. Existen innegables ventajas pero los riesgos comienzan a aparecer y a ser identificados. Los riesgos y las ventajas ocurren en varios campos de actividad: económico, social, biológico, sanitario. Es siempre más evidente la importancia del pluralismo, una característica esencial de la bioética, para la evaluación de avances en nanotecnología, sobre todo en nanobiotecnología. Si los avances científicos y tecnológicos son de una parte loables y desiguales, es urgente y absolutamente necesario examinar cuestiones éticas y principalmente bioéticas que puedan plantear los avances tecnológicos. La revolución científica debe ter el paralelo de "la evolución de la ética", es decir, si los avances son inexorables y deseables desde algunas perspectivas, él se debe sin embargo dirigir por la reflexión bioética desde el conocimiento de la problemática, la base para una reflexión crítica ulterior, en el sentido pluralista más amplio posible.
PALABRAS LLAVE: Nanotecnología. Nanobiotecnología. Bioética.

* Engenheiro. Mestre em Bioética pelo Centro Universitário São Camilo.
** Médico. Professor emérito da UNESP, Botucatu. Coordenador do Programa de Mestrado em Bioética do Centro Universitário São Camilo.
*** Bióloga. Doutora em Ciências (Micro-imuno e Ultra estrutura) pela Universidade Federal de São Paulo. Docente do Programa de Mestrado em Bioética do Centro Universitário São Camilo.

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

INTRODUÇÃO

Os termos nanociências e nanotecnologias se referem, respectivamente, ao estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menor que, ou da ordem de, algumas dezenas de nanômetros. *Nano* (do grego: "anão") é um prefixo usado nas ciências para designar uma parte em um bilhão e, assim, um nanômetro (1nm) corresponde a um bilionésimo de um metro. Somente para se ter uma idéia de tamanho, um fio de cabelo tem cerca de 100x10-6m por 0,1mm de diâmetro, ou seja, é 100.000 vezes maior que um nanômetro. "*Nano*", portanto, é uma medida e não um objeto.

Diferentemente de "biotecnologia", cuja palavra explica que a vida (*bios*) é manipulada pelo engenho humano (*teknê*), nanotecnologia indica somente o tamanho envolvido[1].

O objetivo da nanotecnologia é o de criar novos materiais, desenvolver novos produtos e processos fundamentados na crescente capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas.[2] Conforme assinala o documento oficial "Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria do Ministério de Ciência e Tecnologia MCT n. 252[3], como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007":

"A nanotecnologia é hoje um dos principais focos das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados. Os investimentos na área têm sido crescentes e atingiram, mundialmente, um valor de 5 bilhões de dólares em 2002. Já há alguns produtos industriais nanotecnológicos e o seu número aumenta rapidamente. Estima-se que, de 2010 a 2015, o mercado mundial para materiais, produtos e processos industriais baseados em nanotecnologia será de 1 trilhão de dólares"

Importância econômica

A nanociência e a nanotecnologia estão atraindo rapidamente crescentes investimentos de governos e empresas privadas em várias partes do mundo; estima-se que o total de investimento global em nanotecnologia seja por volta de 5 bilhões de euros , conforme *The Royal Society & The Royal Academy of Engineering*[4] sendo que 2 bilhões de euros vêm da iniciativa privada.

Segundo a *European Comission*[5] os investimentos públicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em nanociência e nanotecnologia foram: Europa: 1 bilhão de euros, sendo dois terços em programas nacionais e regionais; Japão: 400 milhões de dólares em 2001, crescendo para 800 milhões em 2003, esperando-se um incremento de 20% em 2004; EUA: 750 milhões de dólares em 2003 e 3,7 bilhões de dólares de 2005 a 2008 pela "Lei do Século XXI da Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotecnologia" (excluindo substanciais despesas relacionadas com defesa); Reino Unido: 45 milhões de libras por ano de 2003 a 2009 investidos pelo governo britânico na iniciativa em nanotecnologia em 2003.

Outros países menores, que tradicionalmente mais investem em pesquisa e desenvolvimento, como Coréia do Sul, Taiwan, Austrália, Israel e Canadá também incrementaram substancialmente seus investimentos em nanotecnologia[6].

A *National Science Foundation* (NSF) estimava que em um período de 10 a 15 anos haveria um mercado de cerca de US$ 1 trilhão para produtos e processos fundamentados na nanotecnologia e, segundo a mesma organização, em 2002 esse mercado já teria atingido a marca de U$ 200 bilhões[6].

Segundo a *National Science Foundation*[6] a estimativa de mercados para produtos e processos fundamentados na nanotecnologia, e divididos entre os grandes setores da economia, em ordem decrescente de sua importância econômica, seria: Indústria de Materiais: U$ 340 bilhões; Indústria Eletrônica: U$ 300 bilhões; Indústria Farmacêutica: U$ 180 bilhões; Indústria química: U$ 100 bilhões; Indústria Aeroespacial: U$ 70 bilhões; e Indústria Instrumental: U$ 22 bilhões.

O Brasil tem em seu Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, incluído no *Plano Pluri Anual* - PPA - de 2004-2007, uma série de investimentos previstos ao lado de dotação orçamentária de porte bastante importante. Conforme descrito por Nazareno[7], o orçamento total previsto até 2007 está assim distribuído: a) implantação de novos laboratórios[6], reformas de existentes[37] e implantação de redes (R$ 284 milhões); b) apoio às redes e laboratórios (R$ 30 milhões);

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

c) gestão do programa (R$ 1.4 milhões); d) P&D (R$ 86 milhões).

De acordo com Silva[6], são previstos, em termos de mercados, que o Brasil tem possibilidades realistas de competir internacionalmente na área de materiais, porém tem poucas possibilidades na área de eletrônica, apesar de existirem nichos a serem explorados como, por exemplo, sensores. Outros dois setores importantes são os de produtos farmacêuticos e da indústria química, setores nos quais o Brasil tem interesses estratégicos, seja pelas dimensões e demandas de seu mercado interno (indústria farmacêutica), seja pela existência de grandes grupos empresariais nacionais (indústria química).

Na área aeroespacial, existe a limitação de contarmos com apenas uma empresa na área, de porte médio, se considerarmos a referência dos padrões internacionais.

O agronegócio é um setor que deverá ser de grande relevância para o Brasil, porém não é citado nos estudos da *National Science Foundation* (NSF).

O potencial dos produtos e processos nanotecnológicos e nanobiotecnológicos para o setor de agronegócio do Brasil é vasto e merece atenção, abrangendo desde fertilizantes e defensivos agrícolas menos agressivos ao meio ambiente até embalagens "inteligentes" que informam ao consumidor sobre o estado do produto adquirido[6].

Os dados aqui sumarizados traduzem a importância econômica e a perspectiva crescente da pesquisa em nanotecnologia, o que faz prever a possibilidade do surgimento de questões bioéticas daí decorrentes, sobretudo quanto a benefícios e eventuais riscos, ainda que de ponto de vista sócio-economico.

Importância tecnológica

O final da década de 50 do século XX (1959) tornou-se o período simbólico do inicio da nanotecnologia, quando o físico Richard Feynman (prêmio Nobel, 1965) proferiu uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia intitulada "*Há muito espaço lá embaixo*" na qual apresentou a possibilidade de projetar e criar novos materiais com propriedades físicas e químicas previamente determinadas mediante a manipulação de átomos.

Entretanto, o desenvolvimento de instrumentais que permitissem esse tipo de manipulação só realmente aconteceu no fim dos anos 70. Destacando-se entre eles os instrumentos da nanotecnologia: a microscopia eletrônica de alta resolução, as microscopias de varredura (tunelamento e força atômica) e as fontes de luz síncotron.

A nanotecnologia, por manipular átomos, poderia ser considerada, em princípio, o limite final para o projeto e a criação de novos materiais. Daí se origina o interesse industrial pela nanotecnologia, pois ela não seria a mais recente revolução em termos de materiais, mas, sim, a última, pois o átomo seria o limite da matéria, a princípio, porque já existe na literatura quem afirme que o homem possa manipular as partículas formadoras dos átomos e, assim, chegar a formar novos átomos[1].

Quando se trata de nanotecnologia é sempre difícil falar sobre limites. Apesar da nanotecnologia apresentar-se, na maioria das vezes, como uma nova revolução, é importante que seja dito que já existem estruturas nanotecnológicas em nossa vida cotidiana, principalmente quando nos referimos aos componentes microeletrônicos, tais como os microprocessadores dos computadores ou dos lasers semicondutores de nossos CD e DVD "players".

As estruturas nanotecnológicas estão cada vez mais sendo desenvolvidas e modificadas pela redução de tamanho quer pela formação de estruturas supramoleculares bem definidas, cada vez mais complexas e capazes de desempenhar funções também complexas.

Recentemente, os investimentos em pesquisa, associados ao desenvolvimento de novos conceitos que são agregados à nanotecnologia fazem surgir uma nova fase do conhecimento e da tecnologia do homem sobre a matéria.

E porque na nanotecnologia o tamanho faz tanta diferença? Ocorre que a matéria, na forma que conhecemos, tem propriedades físicas e químicas completamente diferentes das propriedades do mesmo material quando analisada em dimensões nanométricas. Um micrômetro (*μm*) é mil vezes maior que um nanômetro (*nm*), mas a diferença que ocorre na matéria é muito maior que simplesmente tamanho. Abaixo de 50nm entra em ação o que os cientistas chamam de efeito do tamanho quântico: a mecânica quântica assume as propriedades físicas da matéria, prevalecendo sobre a mecânica clássica que domina o macro e o micro-mundo[1]. Devido à mudança de tamanho (*escala nanométrica*) e sem mudança na substância, características fundamentais da matéria,

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

tais como condutividade elétrica, cor, dureza, ponto de fusão, podem sofrer mudanças totais, por exemplo:

- O ouro normalmente é amarelo, o "*nano*" ouro é vermelho;

- Materiais frágeis e maleáveis em escala macrométrica podem ser mais duros que o aço quando em escala nanométrica, por exemplo, o carbonato de cálcio (giz);

- Um grama de um catalisador feito de partículas de 10nm de diâmetro é 100 vezes mais reativo que o mesmo material em partículas de 1μm de diâmetro;

- O carbono puro em escala nanométrica pode ser condutor ou semi-condutor de eletricidade. O carbono puro em escala macrométrica, por exemplo, o diamante, não tem tais características[1].

Conforme descrito por Silva[6], a nanotecnologia pode ter uma outra dimensão, bastante intrigante.

O paleontólogo Gold citado em Silva (2003) enumera 3 grandes revoluções conceituais que mudaram a maneira da humanidade perceber o universo e o lugar da espécie humana a saber:

- A revolução copernicana: a remoção da Terra como centro do universo tocou no cerne de um conceito religioso e social da idade média;em conseqüência a centralidade da criação no Universo e uma hierarquia de uma sociedade estruturada em castas, cujo poder seria recebido diretamente de Deus;

- A revolução darwiniana: colocou em polêmica a criação bíblica, tirando a espécie humana do centro da criação.

O homem não é mais um ser criado "a imagem e semelhança de Deus", mas produto de uma evolução genética contingente;

- A revolução freudiana: retirou do homem a última muralha que o separa do resto da criação - a ilusão da racionalidade - seríamos movidos por instintos, cobertos por um "verniz" de razão.

Assim, segundo Gold citado em Silva[6], a humanidade viu serem retirados seus privilégios sem nenhuma compensação especial, a não ser novo o conhecimento adquirido.

O impacto que a nanotecnologia poderá ter sobre a visão que a sociedade do futuro terá de nosso lugar no universo deverá ser enorme já que tudo o que conhecemos em termos materiais, de um grão de areia a um ser humano, seria feito da mesma matéria prima. Nos dias atuais, é sabido que a matéria viva ou não-viva é originada na nano-escala, tornando cada vez mais singela a diferença entre o que é natural e o que é sintético.

A importância tecnológica da nanotecnologia pode ser fortemente demonstrada por uma de suas especialidades - nanobiotecnologia - que seria um passo a frente em relação à biotecnologia. Esta já tinha rompido a barreira das espécies e consolidado a chamada "indústria da vida" dando inicio ao seu comércio[8].

A nanobiotecnologia tem como meta avançar, combinando as capacidades não biológicas da matéria inorgânica (como condutividade elétrica e força), com as capacidades do biomaterial (auto-reprodução, auto-reparação, adaptabilidade). Busca-se portanto, desenhar e fundir materiais vivos e não vivos, materializados num organismo híbrido, previsível, controlável e que faça o trabalho das máquinas, sendo comercialmente viável.

É preciso ressaltar que a nanotecnologia faz parte do grupo de tecnologias que se encontra em processo de convergência de diversos ramos da ciência e da tecnologia. Estas são a Tecnologia da Informação (*Bits*), a Nanotecnologia (Átomos), a Neurociência Cognitiva (Neurônios) e a Biotecnologia (Genes).

A convergência demonstrada entre estas tecnologias, evoca suas sinergias, seus potenciais de inovações e transformações. Quando as consideramos todas juntas, estamos nos referindo à questão de estender o controle humano a todos os objetos, à vida e ao conhecimento. Isto traz importantes impactos sociais, políticos e ambientais para a sociedade em que vivemos[8].

Ainda que de forma sumarizada, as referências de natureza tecnológica, aqui apresentadas parecem-nos suficientemente sugestivas da ampla gama de questões bioéticas que podem surgir, particularmente as relacionadas à nanobiotecnologia.

Implicações filosóficas

Boa parte das tecnologias, e no caso, a nanotecnologia, prometem muito. Prometem uma vida melhor em um determinado aspecto, uma evolução em outro, uma mudança de paradigma; prometem mudanças geralmente enfatizadas como positivas.

O fato é que, quando as promessas oferecidas pela tecnologia se concretizam, em geral, o que vemos posteriormente é que os objetivos propostos foram alcançados e muitas vezes até superados, porém, não raramente, são acompanhados também de aspectos negativos.

Alguns destes aspectos negativos poderiam ser pre-

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

vistos e providências para prevení-los poderiam ser executadas, mas, em geral, de muitos deles só se toma conhecimento após a tecnologia ter alcançado um estágio de maturidade.

Mais que isso, tais aspectos negativos poderiam estar mais ligados a uma questão inerente da natureza humana, na qual para cada evolução alcançada haverá sempre uma conseqüência negativa que deveria ter sido pensada antes. Mas, na esperança de alcançar os grandes benefícios de determinada tecnologia, simplesmente não são abordadas ou são negligenciadas, pois os benefícios seriam consideradas maiores que os malefícios.

Esta saga da busca de uma evolução positiva, acompanhada de conseqüências negativas, nos remete ao Mito de Prometeu[9] que, em sua audácia, trouxe dos deuses o fogo que permitiu à humanidade a evolução, mas que em sua inconseqüência trouxe a dor e a morte a essa mesma humanidade que ele, Prometeu, tentava ajudar. A saga de Prometeu pode, emblematicamente, ilustrar as implicações filosóficas das tecnociências em geral, aplicável portanto à nanotecnologia.

A saga de prometeu

De acordo com Zuben[10], a mitologia grega nos fornece uma figura (Prometeu) que serve de emblema para a técnica, para seu sentido e impacto sobre a vida dos humanos e seus desafios no decorrer da história.

Prometeu era neto de Urano e Gaia, filho de Jápeto e de Clímene, irmão de Atlas e de Epitemeu, descendente dos titãs que estavam em batalha constante contra Zeus. Enquanto os Gigantes contavam com sua força bruta na guerra contra o rei do Olimpo, Prometeu apresentava uma estratégia fundada na astúcia. Prometeu, herói civilizador por excelência, protetor da humanidade contra a ira de Zeus, rouba o fogo do céu e o entrega aos humanos. Para estes, essa era a melhor proteção e fonte de inúmeras atividades; só não suspeitavam que no seio de tudo isso se encontrava o germe de desagradáveis surpresas e armadilhas. Com o fogo surgiu a cultura, permitindo aos humanos compensar as insuficiências da natureza.

Agindo assim, Prometeu rebelou-se abertamente contra o mundo dos Imortais ao qual pertencia, e tomou partido da Terra e dos humanos que nela viviam sob o olhar invejoso e de desprezo dos deuses. Prometeu é o único a desafiar o chefe do Panteão revelando as fraquezas e precariedades dos deuses. Para castigá-lo, Zeus ordenou que Hefáistos, deus do fogo e do metal, o acorrentasse em um rochedo no Cáucaso, onde um abutre vinha dilacerar-lhe o fígado durante a noite, que, no dia seguinte, se regenerava.

Para os humanos, os deuses criaram uma jovem atraente dotada por Atenas, deusa da sabedoria, com todos os talentos e graça para seduzir os humanos: Pandora. Zeus deu a Pandora uma caixa que deveria ficar fechada, e ordenou que a levasse à Terra onde foi acolhida por Epimeteu, que a desposou. Movida pela curiosidade, abriu a caixa, e todos os males que ali estavam encerrados escaparam e se espalharam pela Terra. Assim, os humanos conheceram a fadiga, o trabalho árduo como necessidade, o sofrimento, a doença e a morte[10].

Pandora lança no mundo uma ambigüidade, e na vida dos humanos o contraste, a mistura: o bem pode trazer consigo, em contraponto, o mal e a luz, a sombra. "Zeus quis que o bem e o mal nascidos do conhecimento fossem não somente misturados, mas indissoluvelmente ligados, inseparáveis"[11].

Deveremos forçosamente vivenciar a revolução nanotecnológica como uma saga prometeica? Não seria a busca do saber enquanto forma de sabedoria (philosophia) aliada à bioética, uma fonte e um instrumento para o equilíbrio?

Riscos e questões éticas

Segundo o *Action Group on Erosion, Technology and Concentration*[1], enquanto a sociedade civil e os governos focavam a atenção nas modificações genéticas e nas questões da biotecnologia (em particular o uso das células tronco), uma impressionante série de empresas e centros de pesquisa estavam desenvolvendo uma revolução científica que pode modificar a matéria e transformar cada aspecto do trabalho e da vida neste nosso planeta. Os primeiros impactos, desta revolução prevê-se, aparecerão primeiramente nos países do Norte, mas a nanotecnologia, como anteriormente ocorrido com a biotecnologia, terá rapidamente conseqüências em termos econômicos e ambientais, também nos países em desenvolvimento em escala global.

Poucos cientistas e um número ainda menor de governos reconheciam em 2003 que a nanotecnologia

BIOETHIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

tanto apresentava tremendas oportunidades como sérios riscos sociais e ambientais[12].

O ETC já afirmava que a nanotecnologia poderia permitir que a indústria monopolizasse as plataformas de manufatura de nível atômico que suportam todas as matérias animadas ou inanimadas. A produção de materiais e novas formas de carbono com características não estudadas constituem, no entanto, a maior preocupação.

Assim, a produção em massa de materiais totalmente novos e criação das nano-máquinas auto-replicantes indicam a probabilidade de riscos incalculáveis e até imprevisíveis. A nanotecnologia poderia também representar a criação e a combinação de novos elementos para a amplificação das armas de destruição em massa.

O impacto das tecnologias convergentes a nano-escala é desconhecido e foi subestimado no fórum inter-governamental[1].

Devido ao fato dessas tecnologias serem aplicadas nos mais diversos setores da ciência e da tecnologia, nenhuma agência governamental de qualquer país estaria em 2003 mantendo algum controle sobre as pesquisas.

Já nesta ocasião, Jacob[11] assinalava que, os governos e organizações da sociedade civil deveriam estabelecer uma Convenção Internacional para a avaliação de novas tecnologias, incluindo mecanismos para monitorar seu desenvolvimento.

Os riscos inerentes à introdução de novas tecnologias exigem um diálogo constante com a sociedade civil, que é quem sofre os riscos, mas nem sempre recebem os benefícios resultantes da nanotecnologia. Também a indústria, área acadêmica e o governo deveriam ouvir o público, num sistema de comunicação em duas vias.

Entre outros problemas que deveria ter maior envolvimento da sociedade nesta área destacam-se as decisões sobre alocação de recursos para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e a avaliação de projetos e seu monitoramento. Isto exigiria a promoção e a explicitação de diálogo sobre a escala de valores e as diferentes opções sociais. Deveria ser exigido, particularmente nas áreas de saúde, segurança do trabalho, privacidade e preservação do meio ambiente, um acordo sobre os referenciais éticos, o respeito à dignidade humana, autonomia, a obrigação de não ferir e fazer o bem (*riscos versus benefícios*).

CONCLUSÃO

As considerações até aqui feitas, com base nos dados da literatura evidenciam claramente que a nanotecnologia em geral, e a nanobiotecnologia, em especial, têm fortes implicações sociais e bioéticas.

Algumas questões bioéticas já estão sendo postas, outras se insinuam e outras certamente surgirão. Percebemos ser oportuna uma reflexão sobre essa problemática à luz da bioética, envolvendo diversos segmentos da sociedade. Essa reflexão pressupõe um diálogo entre todas as partes envolvidas, sob enfoque pluralista, multi e transdisciplinar.

Como já apresentado, se de um lado o avanço científico e tecnológico é louvável e desigual sob múltiplos aspectos, é urgente e absolutamente necessário o levantamento das questões éticas e, sobretudo bioéticas que possam surgir a partir dos avanços tecnológicos.

Ao lado da revolução científica deve ocorrer a "evolução da ética", isto é, se o avanço é inexorável e desejável sob vários ângulos, deve ser balizado pela reflexão bioética a partir da conscientização da problemática seguida da devida reflexão crítica, no sentido pluralístico o mais amplo possível.

BIO&THIKOS - Centro Universitário São Camilo - 2007;1(1):61-67

REFERÊNCIAS

1. ETC Group - Action Group on Erosion, Technology and Concentration. The Big Down: From Genomes to Atoms; 2003. p.05-16
2. Silva CG. O que é nanotecnologia. 2002; 10:1. Available from: URL: http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm
3. Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia.Portaria MCT n.252 . Estabelece subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004/2007.Brasília:Ministério da Ciência e Tecnologia; ano?
4. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. Nanocience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties. July 2004.
5. European Comission. Towards a European Strategy for Nanotechnology. 2004. Available from: URL: http://www.cordis.lu/nanotechnology/actionplan.htm
6. Silva CG. Uma Introdução à Nanotecnologia. Cadernos de Estudos Avançados. 2003; 1:14.
7. Nazareno C. Nanotecnologia. Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados 2004; 6:6. Available from: URL: http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema4
8. Martins PR. Nanotecnologia, Sociedade e meio ambiente no Brasil: Perspectivas e Desafios. 2003; 2. Available from: URL: http://www.anppas.org.br/encontro/segundo/papers/GT/GT09/paulo_martins.pdf
9. Ésquilo. Prometeu Acorrentado. Editora Martin Claret; 2004. p.25-55.
10. Zuben NA. A Saga da Prometeu: Ambivalência das Tecnociências e Implicações Éticas. In: Bioética e Tecnociências: a saga de Prometeu e a esperança paradoxal. Bauru: Edusc; 2006. p.31-59
11. Jacob F. O rato, a mosca e o homem. São Paulo: Companhia das Letras; 1998.p100.
12. ETC Group - A invasão invisível do campo: o impacto das nanotecnologias na alimentação e na agricultura, 2004.