

# **Novas Tecnologias na Genética Humana:**

---

## **Avanços e Impactos para a Saúde**

Maria Celeste Emerick  
Karla Bernardo Mattoso Montenegro  
Wim Degrave

**2007**

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial desta obra desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.  
Tiragem 1ª edição: 2.100 exemplares

**Distribuição e informações:**

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ

Projeto Ghente/GESTEC-NIT/Vice-Presidência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico

Av. Brasil, 4365 – Castelo Mourisco – Salas. 01,03 e 06 – Manguinhos

Rio de Janeiro – RJ – CEP: 21040-360 – Tel: (21) 38851721/1731/163-3

Email: ghente@ghente.org - Home page: <http://www.ghente.org>

Administrador e Webmaster Projeto Ghente – Leonardo Silva Leite

**Novas Tecnologias na Genética Humana: Avanços e Impactos para a Saúde**

Organização: Maria Celeste Emerick, Karla Bernardo Mattoso Montenegro e Wim Degrave

Edição: Karla Bernardo Mattoso Montenegro

Colaboração: Leonardo Silva Leite e Marcos Lins Langenbach

Projeto Gráfico: Capa: Adriana Montenegro. Desenho e pintura, com apropriação de “O homem vitruviano”, Leonardo da Vinci.

Diagramação: Antonielle Nunes e Impressão: Edil Artes Gráficas

---

**Seminário: Células-Tronco: Possibilidades, riscos e limites no campo das terapias no Brasil (Maio de 2006)**

Realização: Projeto Ghente/GESTEC-NIT/FIOCRUZ

Apoio: DECIT e CESUPA

Comissão Organizadora: Eliane Moreira (CESUPA), Karla Bernardo M. Montenegro (FIOCRUZ), Leonardo Leite (FIOCRUZ), Marlene Braz (IFF), Maria Celeste Emerick (FIOCRUZ), Maria Helena Lino (FIOCRUZ), Wim Degrave (FIOCRUZ)

**Seminário: Novas Tecnologias da Genética Humana: Avanços e Impactos para Saúde (Março de 2007)**

Realização: Projeto Ghente/GESTEC-NIT/FIOCRUZ

Apoio: DECIT e OPAS

Comissão Organizadora: Karla Bernardo M. Montenegro (FIOCRUZ), Leonardo Leite (FIOCRUZ), Maria Celeste Emerick (FIOCRUZ), Silvio Valle (FIOCRUZ), Wim Degrave (FIOCRUZ)

**Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Biomédicas / ICICT / FIOCRUZ - RJ**

N936 Novas tecnologias na genética humana : avanços e impactos para a saúde / organizadores Maria Celeste Emerick, Karla Bernardo Mattoso Montenegro [e] Wim Degrave. – Rio de Janeiro : [GESTEC-Nit], 2007. 252 p.

Projeto Ghente/GESTEC-Nit.

1. Genoma humano. 2. Células-Tronco. 3. Farmacogenética. 4. Bioética. 5. Nanobiotecnologia. 6. Terapia gênica. 7. Biotecnologia – Patentes. I. Emerick, Maria Celeste. II. Montenegro, Karla Bernardo Mattoso. III. Degrave, Wim.

CDD: 611.0181663

# Nanotecnologia, uma introdução

**Paulo Roberto Martins**

*Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Coordenador da Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.*

A Nanotecnologia pode ser apresentada em duas formas. Na primeira delas, esta tecnologia se caracteriza através de dois aspectos principais. O primeiro deles se refere ao prefixo nano, que é indicador de medida. Um nano significa a bilionésima parte de um metro, ou seja,  $10^{-9}$  metros. Portanto, nanotecnologia se refere somente a escala e não a objetos, como por exemplo a biotecnologia, onde o prefixo bios significa vida.

O segundo aspecto é que nanotecnologia se refere a uma série de técnicas utilizadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas que para serem enxergadas requerem microscópios especiais (STM e SPM).

Para que os leitores possam exercitar as respectivas imaginações podemos indicar que um único fio de cabelo humano tem a dimensão de 80.000 nm (nanômetros) de espessura, enquanto que 1 nm contem 10 átomos de hidrogênio colocados lado a lado. A conhecidíssima molécula de DNA tem o tamanho de aproximadamente 2,5 nm de largura, enquanto que um glóbulo vermelho tem 5.000 nm de diâmetro.

A segunda forma de apresentarmos a nanotecnologia se refere a considerar primeiro a nanociência como o estudo dos princípios fundamentais de moléculas e estruturas com uma dimensão entre 1 a 100 nm (nanômetros). A nanotecnologia seria então a aplicação destas moléculas e nanoestruturas em dispositivos nanométricos.

As partículas nano embora sendo do mesmo elemento químico se comportam de forma distinta – em relação as partículas maiores - em termos de cores, propriedades termodinâmicas, condutividade elétrica, etc. Portanto, o tamanho da partícula é de suma importância porque muda a natureza das interações das forças entre as moléculas do material e assim, muda os impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos tem junto ao meio ambiente, à saúde humana e à sociedade como um todo.

Somente no final da década de 50 do século passado é que temos um fato que marca o início da nanotecnologia em nossos tempos. O físico norte americano Richard Phillips Feynman (11/5/1918 –15/2/1988) faz uma conferência no dia 29 dezembro de 1959, às 15:00, em uma reunião da Sociedade Americana de Física realizada no Instituto de Tecnologia da Califórnia Caltech- denominada "There's Plenty of Room at the Bottom" (Há muito espaço lá em baixo). A primeira publicação desta conferência se deu em fevereiro de 1960 no Caltech's Engineering and Science. O texto completo encontra-se disponível no site <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>. Nesta palestra Feynman afirmava que "Os princí-

pios da física não falam contra a possibilidade de se manipular as coisas átomo por átomo”. Apontou também para o que seria, a seu ver, a principal barreira para a manipulação na escala nanométrica: a impossibilidade de vê-la.

A IBM, 23 anos após a palestra de Feynman, em 10 de agosto de 1982, consegue a patente do denominado Microscópio de Varredura de Tunelamento Eletrônico (Scanning Tunneling Microscope – STM) que permite a visualização de imagens em tamanho nano. A partir deste microscópio, outro foi desenvolvido, levando o nome de Microscópio de Microsondas Eletrônicas de Varredura (Scanning Probe Microscopes – SPM), que permite visualizar e manipular átomos e moléculas.

O termo “nanotecnologia” foi primeiro utilizado pelo Prof. Norio Taneguchi, da Universidade de Ciência de Tóquio. Ele usou este termo para descrever a fabricação precisa de novos materiais com tolerâncias nanométricas.

Nos anos 80 este termo adquire nova conotação devido à publicação do livro (1986) de K. Eric Drexler intitulado “Engines of Creation – The New Era of Nanotechnology”. Em 1992, com a publicação da tese de doutorado deste mesmo autor, defendida no Massachusetts Institute of Technology – MIT - e cujo título é “Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation” a nanotecnologia ganha novo impulso na comunidade científica.

A bibliografia em nanotecnologia já é bastante intensa e heterogênea. Para uma síntese do debate podemos utilizar o trabalho de Wood (2003, cap. 4). Em grandes blocos, o debate pode ser referenciado em termos dos que acreditam ser a nanotecnologia portadora de radical descontinuidade, enquanto os opositores a esta idéia advogam que a nanotecnologia apresenta somente uma continuidade evolucionária de outras tecnologias. Entre estes dois extremos também temos vários autores.

Entre os defensores da radical descontinuidade podemos citar K. Eric Drexler, Jamie Dinkelacker, The Foresight Institute, Bill Joy, Glenn Harlan Reynolds, Damien Broderick, Mark Suchman. A este conjunto de autores poderíamos denominá-los de “nano-otimistas”.

No campo oposto temos os evolucionaristas, cujos expoentes entre outros estão George Mwhitesides, Richard E. Smalley, Philip Ball, Denis Laveridge, Gary Stix. Este podem ser denominados de “nanopessimistas”. Entre os dois grupos acima comentados estão as instituições promotoras da nanotecnologia e os comentadores de tecnologia.

As entidades promotoras encontram-se localizadas em diversos governos e em indústrias, como por exemplo o Departamento de Comércio e Indústria da Inglaterra, a Direção de Tecnologias Industriais da Comissão Européia, a National Nanotechnology Initiative e a National Science Foundation, estes dois últimos do governo norte americano.

Entre os comentadores de tecnologia podemos indicar o mais importante deles que é a ONG Canadense denominada ETCGroup. Debra R. Rolinson do laboratório de pesquisa naval/USA e Vick Colvin da Rice University/USA completam esta pequena lista de comentadores.

Deste rol de autores e instituições indicados vamos detalhar um pouco mais as contribuições do Prof. Mark Suchman e do ETC Group. Estas idéias encontram-se expostas de maneira ampla em Martins (2005, p.255-263) e Grupo TEC (2005)

Para Mark. Suchman (2002, p.95-99) existem dois tipos de nanotecnologia. As que proporcionam descontinuidades tecnológicas discretas (nanates) e as que têm

um caráter disruptivo, revolucionário (nanites). No primeiro caso a sociedade tem experiência anterior em lidar com este desenvolvimento tecnológico. No segundo caso não existe experiência prévia por parte da sociedade.

Por nanates, o primeiro caso, devemos entender as tecnologias que manipulam estruturas em nanoescala de substâncias em macroescala. Ou dito de outra forma, substâncias em macroescalas que são manipuladas por tecnologias que interferem nas suas nanoestruturas. Então essas são as nanates e que segundo o referido autor estão referenciadas aos nanomateriais. Exemplos: polímeros resistentes usados em cintos de segurança, em pneus, membranas ultrafinas para filtros, e as nanates que encontram-se ligadas às engenharias químicas e de materiais.

Por nanites devemos entender tecnologias que constróem mecanismo em nanoescala para serem usados em ambiente de macroescala. Nanites estão referenciadas à nanomáquinas. Exemplos de nanites: são sistemas de vigilância em miniatura, equipamentos para exploração de minas também em pequena dimensão. Nanites encontram-se ligados à engenharia mecânica e a robótica.

Segundo este autor, pode-se afirmar que de maneira geral as nanates não colocam desafios sem precedentes para a nossa sociedade. No particular poderá ocorrer que algum novo material possa colocar alguma mudança sem precedente. Como exemplo pode ser citada a possibilidade que algum novo material a ser utilizado em balas de revólveres, usados em pequenas armas e que seja capaz de penetrar por exemplo, em um tanque de guerra, então ai seria realmente um material que teria grande impacto. Ou células fotovoltaicas que teriam que viriam acabar com a necessidade de petróleo como fonte de energia. Nestes casos as mudanças seriam sem precedentes.

Agora vamos às implicações sociais da nanites. Segundo o Mark C. Suchman, nanites irão confrontar a sociedade com questões políticas profundas, sem precedentes. Ao permitir que os humanos manipulem o mundo numa dimensão sem precedente. As nanomáquinas abrem uma nova fronteira em que não há regulamentação para tornar segura e produtiva esta atividade. Nanites apresentam qualidades e propriedades distintas que irão gerar novas questões de responsabilidade e controle. Estas estarão ligadas a três itens. - O primeiro deles é a invisibilidade. Embora seja diretamente ligada à nanotecnologia, a invisibilidade estará ligada à primeira construção complexa e engenheirada de forma intencional, tornando-se, portanto um cúmplice dos propósitos humanos para uma série de atividades para as quais foram produzidas. - O segundo item é a locomoção. Embora seja menos inerente à nanotecnologia do que a invisibilidade, terá um efeito intenso nas questões das barreiras, a locomoção de partículas, já que as nanopartículas poderão ultrapassar cercas, muros, pele humana, células, etc. - E a terceira coisa é a auto-replicação. Isto não é uma propriedade inerente a nanomáquinas. A criação de nanites auto-replicáveis será a prova mais difícil da revolução da nanotecnologia.

“A auto-replicação é importante do ponto de vista econômico para a produção em massa de nanomáquinas. Portanto, esta propriedade de se auto-replicar acaba por se tornar significativa”.

Por outro lado, são colocadas profundas dúvidas sobre a capacidade de previsão e controle por parte dos humanos sobre as nanomáquinas, que poderão se multiplicar sem controle, sem terem como serem desligadas. A invisibilidade, a locomoção e a auto-replicação poderão ser potencializadas se nanites possuírem a

capacidade de operar de forma autônoma e se auto-modificarem” (Martins, 2005, p.259).

As controvérsias relativas à nanotecnologia podem ser captadas nos diversos trabalhos do ETCGroup, em especial no seu mais recente trabalho (2005) “Nanotecnologia: Os Riscos da Tecnologia do Futuro”, onde uma síntese dos diversos problemas é apresentada, a começar pelo impacto desta tecnologia nas economias dos países do hemisfério sul, na vida das pessoas, na segurança, na saúde humana, no meio ambiente nos direitos humanos, nas políticas sociais, na agricultura, nos alimentos. Este trabalho apresenta quem tem o controle desta tecnologia e a quanto chegam os investimentos nesta tecnologia (US\$8,6 bilhões).

Em suas recomendações o ETCGROUP nos afirma que “Ao permitir que produtos da nanotecnologia cheguem ao mercado na ausência de debate público e sem regulamentação, os governos, o agronegócio e as instituições científicas já comprometeram o potencial das tecnologias em escala nanométrica de serem utilizadas de forma benéfica. O fato de não haver, atualmente, em qualquer parte do mundo, normas de regulamentação para avaliar novos produtos em escala nanométrica na cadeia alimentar representa uma inaceitável e culposa negligência. (...) Devem ser tomadas medidas para restaurar a confiança nos sistemas alimentares e para se ter certeza de que as tecnologias em escala nanométrica, se introduzidas, sejam feitas sobre rigorosos padrões de saúde e segurança.”(Grupo ETC, 2005, P.157-158)

## Referências

- Comissão Européia. Nanotecnologias. Inovações para o Mundo de amanhã. Direção Geral de Investigação, Bruxelas, 2004.
- Grupo ETC. Nanotecnologia. Os riscos da tecnologia do futuro. L&PM Editores . Porto Alegre, 2005.
- Martins, Paulo R. (coord) Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente I Seminário Internacional. Associação Editorial Humanitas, São Paulo, 2005.
- Martins, Paulo R. (coord) Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – II Seminário Internacional. São Paulo , Xama V.M. Editora, 2006
- The Royal Society. Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties. The Royal Society Publications. London, 2004.
- Suchman, M.C. Social Science and Nanotechnology. In Nanotechnology: Revolutionary Opportunities & Societal Implications. EC-NSF 3<sup>rd</sup> Join Workshop on Nanotechnology. Lecce, Italy, 31 January – 1 February, 2002.
- Wood, Stephen et all. The Social and Economic challenges of Nanotechnology. ESRC, London , 2003.