

DIREITOS HUMANOS E NANOTECNOLOGIAS: o fascínio da criatividade em busca de espaços cada vez menores

NANOTECHNOLOGIES AND HUMAN RIGHTS: the allure of creativity in search of increasingly smaller spaces

*André Stringhi Flores¹
Wilson Engelmann²*

Sumário: 1 A (RE) invenção do futuro: em busca de espaços cada vez menores; 2 A filosofia no direito como condição de possibilidade à preservação da humanidade no mundo nanotech; 3 Referências

Resumo: Em um mundo cercado pelos avanços científicos, a humanidade encontra-se em um novo estágio da história; o crescimento exacerbado da tecnologia encaminha-se para uma nova revolução - denominada de nanotecnologia. Nesse contexto, está o núcleo deste trabalho, que tem o escopo precípua de analisar detalhes das pesquisas concernentes à manipulação de átomos e moléculas em escala nanométrica, suas áreas de aplicação, e as interfaces com o Direito. Na medida em que essa (nano)tecnologia cresce, diminuindo tamanhos, na mesma proporção cresce os desafios e a necessidade de regulamentação jurídica. Destarte, na perspectiva acima esboçada, entra em proeminência os direitos humanos, bem como a filosofia no direito como condição de possibilidade na preservação da humanidade no mundo nanotech.

Palavras-chave: Direitos humanos – nanotecnologias - humanidade

Abstract: In a world surrounded by scientific advances, humanity is in a new history stage; exacerbated develop of technology is moving toward a new revolution - called nanotechnology. In this context, is the core of this work, which has the principal purpose of analyzing the research details concerning the manipulation of atoms and molecules at the nanometer scale, their application areas and interfaces with the Right. As the (nano) technology grows, decreasing sizes, in the same proportion is growing challenges and the need for legal regulation. Thus, in the perspective outlined above, come into focus the human rights, both the philosophy right as a possibility condition in the humanity preservation in the nanotech world.

Keywords: Human Rights - nanotechnology - humanity

1 A (RE) INVENÇÃO DO FUTURO: EM BUSCA DE ESPAÇOS CADA VEZ MENORES

Há aproximadamente 50 anos, Richard Feynman ao falar que: “os princípios da física não falam contra a possibilidade de manipular as coisas átomo por átomo. Não seria uma violação da lei; é algo que, teoricamente, pode ser feito mas que, na prática, nunca foi levado a cabo porque somos grandes de mais”³, previu o futuro; o futuro da revolução industrial das nanotecnologias. Em uma palestra, com o título de “existe muito mais espaço lá em baixo”, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, Feynman relatou que as tecnologias poderiam tornar produtos muito pequenos, de tal modo que poderiam igualar ao tamanho de

¹ Graduando em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Tem experiência na área de Direito Público, com ênfase nas disciplinas de Teoria Geral do Direito, Teoria Geral Processo, Direito Constitucional, Direito Ambiental e Direitos Humanos. Atua principalmente nos seguintes temas: Direito Constitucional, Direito Processual, Nanotecnologias, Direito do consumidor, Direito Ambiental e Direitos Humanos. Membro do Grupo de Pesquisa JUSNANO, vinculado a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). E-mail: <sf_andre@hotmail.com>

² Doutor em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2005). Atualmente é professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e integrante da Comissão de Coordenação do Curso de Graduação em Direito da Unisinos. E-mail: <wengelmann@unisinos.br>

³ FEYNMAN, Richard O Senhor está brincando, Sr Feymann!. Editora Campus. 2006. p.1

átomos, pois os átomos poderiam ser organizados conforme a necessidade, desde que não houvesse violações às leis da natureza. “O objetivo da nanotecnologia, de acordo com a proposta do autor, era criar materiais e desenvolver produtos e processos baseados na capacidade de tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas”⁴. Desde então, houve o processo de desenvolvimento de tal tecnologia, que chega ao século XXI como a área das grandes possibilidades; um “fascínio da criatividade”⁵.

Define-se como nanotecnologias, as tecnologias em que a matéria é manipulada às escalas atômicas e moleculares para criar novas matérias e processos com características funcionais diferentes das matérias comuns, relacionado a tamanho dentro de uma escala entre 0,1 a 100 nm. Nano significa, *ipsis litteris*: “do grego *nánnos* - ‘de excessiva pequenez’ ou *nânos* ‘anão’⁶. Refere, pois, a uma escala de medida menor que a micro, ou seja, está numa ordem onde os átomos se encontram - dez na menos nove”⁷. Portanto, deduz-se, logicamente, que a concepção da nanoescala é 1.000 vezes menor que a microescala. Já o vocábulo tecnologia, *verbis*: “teoria geral e/ou estudo sistemático sobre técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana”³.

Paulo Martins define nanotecnologia como “um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas [...]”⁸. A tecnologia “nano” é verdadeiramente uma ciência multidisciplinar, relacionada à manipulação de átomos e moléculas objetivando formar novos produtos, criar dispositivos que permitam trazer, aos produtos já existentes, novas funções, ou até mesmo criar seres vivos novos⁹, que possui vasto campo de desenvolvimento na era global e traz perspectivas extremamente grandes concernentes a avanços medicinais, eletrônicos e biotécnicos.

A “new technology” engloba as tecnologias da informação (bits), a nanotecnologia (átomos), a neurociência e a biotecnologia, portanto, a nanotecnologia encontra-se em processo de convergência. O gráfico abaixo mostra o desenvolvimento econômico da tecnologia nos maiores pólos mundiais – dados que demonstram a efetiva valorização desta nova tecnologia no início do século XXI.

⁴ TEDESCO, Antonio Claudio, SIMIONI, Andreza Ribeiro, PRIMO, Fernando Lucas. Introdução a nanotecnologia. Capítulo 16 em terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. p. 238.

⁵ Expressão cunhada por Winfred Weier, cfe. FARIA COSTA, José de. Linhas de Direito Penal e de Filosofia: alguns cruzamentos reflexivos. Coimbra: Coimbra Editora, 2005, p. 27.

⁶ HOUAISS Dicionário da Língua Portuguesa 1.0, 2001. DICIONÁRIO. Disponível em: <<http://www.dicionariohouaiss.com.br/>>. Acesso em: 4 abril 2009.

⁷ LAMPTON, Christopher. *Divertindo-se com nanotecnologia*. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994. p.72.

⁸ PREMEBIDA, Adriano; MARTINS, Paulo, DULLEY, Richard Domingues; BRAGA, Ruy. *Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*. São Paulo: Xamã, 2007. p.53.

⁹ Nanotecnologia: o futuro é agora (filme). Disponível em: <<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal/referencias/assista-o-documentario-em-video-201cnanotecnologia-o-futuro-e-agora/>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

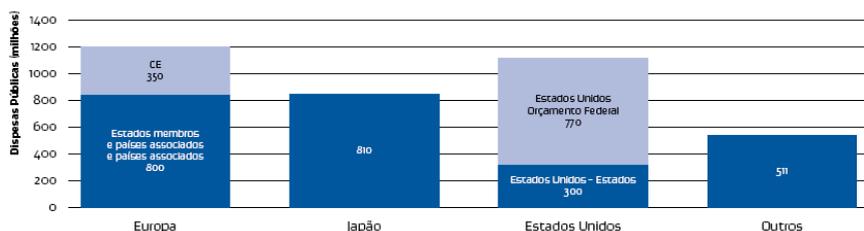
Anexo: Estimativa do financiamento público em nanotecnologias(De salientar que os dados apresentados a seguir foram derivados de várias fontes⁹)

Figura 1 - Níveis gerais de despesas públicas em nanotecnologias em 2003 para: Europa (incluindo CH, IL e NO como países associados ao 6º PQ), Japão, EUA e outros (1€ = 1\$)

Conforme estimativa realizada pela revista National Science Foundation¹⁰, num lapso temporal compreendido entre 10 (dez) e 20 (vinte) anos, significativa parte da produção industrial relativa à saúde e meio ambiente será alterada por esta nova tecnologia, o que gerará incomensurável crescimento econômico, a partir da criação de inúmeras oportunidades pessoais, calcadas no desenvolvimento sustentável e na preservação ambiental. Isso porque ao realizarem-se manipulações atômicas e moléculas individuais, a nanotecnologia permitirá maior controle sobre a tecnologia atual, admitindo, inclusive, controlar a poluição, a destruição ambiental e a reciclagem de tudo que se possa imaginar.

A multiplicidade de aplicações - juntamente com a facilidade, qualidade e velocidade da produção - é o centro da equação deste novo produto da ação humana. A nanotecnologia já encontra aplicações em praticamente todos os setores da indústria; a utilização em grande escala está relacionada aos nanocompósitos poliméricos, produzido a partir de *commodities* como os termoplásticos e argilas. Além disso, é utilizado em quantidades reduzidas, com maior valor agregado, fomentando os setores da tecnologia da informação e de telecomunicações¹¹.

No campo da medicina é encontrado o terreno mais fértil para o avanço das pesquisas em nanotecnologia e o desenvolvimento da nanociência. A produção da medicação (tecnologia molecular que pode ser produzida a partir de matérias-primas decorrentes da natureza, ou ser criada em laboratório) é uma das áreas com maiores indícios de desenvolvimento, porquanto os medicamentos trabalham em nanoescala (escala, na qual as próprias enfermidades tendem a agir), por esse motivo, são os meios mais empregados no combate a doenças. Os vírus¹², por exemplo, são nanomáquinas naturais que se ligam às células e as forçam a sintetizar proteínas capazes de dotar de energia outro pequeno vírus, ocasionando o

¹⁰ Dados da Fundação Nacional de Ciências (NSF) dos Estados Unidos. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: < <http://www.nsf.gov/>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

¹¹ PREMEBIDA, Adriano; MARTINS, Paulo, DULLEY, Richard Domingues; BRAGA, Ruy. *Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*. São Paulo: Xamã, 2007. p. 56.

¹² “Agente causador de doenças infecciosas. Cada um de um grande grupo de agentes submicroscópicos infecciosos, dos quais uns são organismos vivos e outros, moléculas complexas autocatalíticas, proteínas, que contêm ácidos nucléicos, comparáveis a genes, capazes de reproduzir-se por multiplicação somente em células vivas, e que causam importantes doenças no homem, em animais e em plantas”. HOUAISS Dicionário da Língua Portuguesa 1.0, 2001. Disponível em: <www.dicionariohouaiss.com.br/>. 4 de abril de 2009.

desaparecimento dessa célula e desenvolvendo milhares de novos vírus para perpetuar o processo. Nesse diapasão, a nanotecnologia poderá ser usada para combater tais agentes infecciosos e todas outras doenças de forma mais veloz e eficiente do que o próprio organismo natural. Ao mesmo tempo, a tecnologia “nano” poderá desenvolver medicamentos com princípios ativos permanentes por um período de tempo mais longo e com melhor controle sobre o corpo humano, não ocasionando efeitos colaterais, conseguindo, deste modo, os resultados desejados.

Em um futuro não muito distante, a nanotecnologia poderá ser o instrumento ideal para a criação de uma medicação que será o modelo perfeito do próprio processo da doença. Segundo Lampton¹³, “uma nanomáquina de combater às doenças, com objetivos múltiplos, poderia assumir a forma de uma miniatura de um submarino que navegaria pela corrente sanguínea”. Nesse submarino estaria um poderoso computador. Esses “computadores” poderiam ser destinados a cuidados com a saúde, como por exemplo: desbloqueamento de artérias, dissolução de tumores cancerígenos, etc. Nesse sentido, atuais pesquisas desenvolvem a construção de: nano-reatores que reforçam o metabolismo, fazendo com que as células lutem contra o câncer¹⁴; nanopropulsores, que acionados por luzes, operam no interior de células vivas, conseguindo localizar células cancerosas, carregando e liberando medicamentos em pontos específicos do organismo (sendo possível, inclusive, a utilização por controle remoto); Biochips que detectam células cancerosas entre um bilhão de células saudáveis, identificam grupos sanguíneos por meio de sequenciamento genético, diminuindo o risco de reações adversas em transfusões de sangue – atingindo uma precisão de 99,8% de acerto, e capazes de fazer diagnósticos automáticos de doenças, e permitem estudo detalhado de neurônios; máquinas de costura microscópica capazes de costurar longas cadeias de DNA sem quebrá-las que poderão ser utilizadas em sequenciamento genético, bem como na eletrônica molecular; mecanismos que permitem a criação de açúcares de forma automatizada, construindo organelas artificiais que finalizam o processo de síntese de proteínas, recobrando-as com açúcares em arranjos altamente especializados, que se assemelham ao complexo golgiense¹⁵; entre outros.

¹³ LAMPTON, ob cit. p. 72.

¹⁴ Wolfgang Méier e outros pesquisadores da Universidade de Bazel construíram organelas artificiais com polímeros e verificaram, em uma experiência, in vitro, que elas ativam o funcionamento celular (essas nanocápsulas de polímero foram recobertas com um composto químico que aumenta a chance de que elas sejam engolidas por glóbulos brancos, células do sangue chamadas macrófagos. Em seu interior foram colocadas enzimas que produzem compostos fluorescentes, permitindo que os pesquisadores acompanhassem os pontos onde elas estavam funcionando sem afetar a célula hospedeira). NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanorreator-reforca-metabolismo-e-faz-celulas-lutarem-contra-o-cancer&id=010165080530>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

¹⁵ Conforme pesquisa no Rensselaer Polytechnic Institut. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=estudante-cria-complexo-de-golgi-artificial-para-pesquisa-de-novos-medicamentos&id=010165080515>>. Acesso 4 de abril de 2009. É uma organela encontrada em quase todas as células eucarióticas. A maior parte das vesículas transportadoras que saem do retículo endoplasmático, e em particular do retículo endoplasmático rugoso (RER), são transportadas até ao complexo de Golgi, onde são modificadas, ordenadas e enviadas na direção dos seus destinos finais. O complexo de Golgi está presente na maior parte das células eucarióticas, mas tende a ser mais proeminente nas células de órgãos responsáveis pela secreção de certas substâncias, tais como: Pâncreas, Hipófise, Tireóide, etc.

Todavia, para o desenvolvimento de tal tecnologia será necessário o aprimoramento das pesquisas, sendo imperioso, a redução de escalas de dispositivos microeletrônicos; a criação e aplicação de técnica nanolitográficas (Arte ou processo de produzir um desenho em escala nano); o desenvolvimento de microssistemas e dispositivos optoeletrônicos e fotônicos¹⁶. Neste âmbito, pesquisas¹⁷ já concretizam a criação de dosímetro descartável que mede nível de exposição aos raios ultravioleta; micro-microscópio, quatro vezes mais preciso que o microscópio eletrônico; peças metálicas usando moldes de polímero – com detalhes estruturais cerca de 100 vezes menores do que uma bactéria¹⁸; nanoturbina de elétrons que possibilitará a movimentação de nanorrobôs, bem como o chaveamento ultra-rápido em sistemas de telecomunicações¹⁹; nanomolas capazes de absorver choques com grande eficiência (além de proteger equipamentos miniaturizados, os pesquisadores acreditam que suas nanomolas logo poderão se tornar parte integrantes de pára-choques de automóveis, mancais, solados de sapatos esportivos e qualquer outro equipamento que requeira proteção antichoque²⁰); materiais artificiais com capacidade de curvar as ondas eletromagnéticas; nanocircuitos; supercomputadores, que são capazes de tornar objetos invisíveis ao olho humano²¹; além de aplicações no segmento de cosméticos e eletrodomésticos.

Para tal acontecimento, pesquisas e experiências, necessariamente, acontecerão. Eis, aqui, o maior perigo do emprego de nanotecnologias, pois, pouco se sabe sobre os riscos sobre emprego em escala nano.

Exposto em linhas gerais o desenvolvimento das nanotecnologias nos últimos anos. Cabe, agora, enfatizar que no Brasil, foi patenteado recentemente o *spray drying* envolvendo a adição de partículas de SIO₂ antes da secagem, na preparação de nanocápsulas ou nanoesferas para encapsulação de diclofenaco, o conhecido antiinflamatório. Com isso, consegue-se “maior estabilidade de dispersão, melhor distribuição do tamanho das partículas e uma viabilidade industrial para a produção das nanopartículas, evitando o processo de liofilização²²”.

¹⁶ OZIN, Geoffrey A.; ARSENAULT, André C. *Nanochemistry: a chemical approach to nanomaterials*. Cambridge: RSC, 2005. p. 357.

¹⁷ O Instituto de Química da Universidade de São Paulo construiu um dispositivo de uso pessoal capaz de medir o nível de exposição aos raios UV. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://noticias.usp.br/acontece/obter/Noticia?codnucjrn=1&codnt.>> ou <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165070912>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

¹⁸ Conforme pesquisas na Universidade de Cornell nos Estados Unidos. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanoturbina-de-eletrons-e-a-ultima-palavra-em-nanomotores&id=010165080618>>. Acesso em: 4 de abril de 2009..

¹⁹ Desenvolvido na Universidade de Lancaster. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/0806.1468>>. Acesso: 4 de abril de 2009.

²⁰ Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanomolas-vaoproteger-nano-maquinas-de-macroimpactos&id=010165080819>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

²¹ Revistas Nature e Science. NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=metamateriais-prometembeneficios-mais-praticos-do-que-invisibilidade&id=010165080814>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

²² Essa tecnologia desenvolvida, denominada de nanoencapsulamento de fármacos - isto é, nanoemulsões – sistemas coloidais, nos quais a fase interna constitui um microambiente,

Além disso, outras áreas de desenvolvimento dessa nova tecnologia podem ser enumeradas. Entre elas, destacam-se: a) à nanoeletrônica (desenvolvimento de microeletrônica de ultra-alta compactação e miniturização, especialmente para as tecnologias de informação e computação, mas em escalas significativamente menores, permitindo a manipulação de quantidades de informações extremamente grandes associados a rápida velocidade de processamento); b) à nanomateriais (controlar com precisão a morfologia em dimensão nanométrica das substâncias ou partículas para produzir materiais nanoestruturados é o objetivo da ciência que trabalha com nanomateriais; os instrumentos medem e manipulam estruturas ultrapequenas, como os microscópios de resolução à escala atômica, o microscópio de varredura por tunelamento, o campo próximo e a microscopia de força atômica); c) a nanobiotecnologia (denominamos nanobiotecnologia a união da nanoengenharia com a biologia para manipular sistemas vivos ou construir materiais biologicamente inspirados em nível molecular. Promover novos bionanosensores para apoiar a investigação à escala molecular e implementar novas técnicas de diagnóstico são alguns exemplos dessa nova tecnologia)²³.

Em vista disso, já existem produtos eletrodomésticos no mercado que utilizam nanopartículas de prata com objetivo central de matar bactérias e inibir seu crescimento, e alguns cosméticos que objetivam entrar mais profundamente na pele e prolongar os efeitos que normalmente desaparecem em um espaço curto de tempo. Contudo, não existem, ainda, estudos aprofundados, em longo, médio e curto prazo que visualizem os impactos que essas partículas em escala “nano” poderão ter, tanto em contato com o solo e com a água, quanto à população (podendo, inclusive, gerar consequências exacerbadamente grandes à saúde). Assim, surge, pois, a seguinte indagação: como ficará os (direitos) humanos frente a esses avanços (nano) tecnológicos?

Conforme afirma o consultor de projetos em TI da empresa Redes&Cia, a não regulamentação, bem como, o estudo ainda não aprofundado sobre as consequências do tema em questão, são um dos possíveis problemas dessa nova tecnologia, in verbis:

Os cientistas reclamam que o uso comercial do carbono em escala nanométrica não possui regulamentações e tampouco um corpo de leis para supervisionar essa nova tecnologia. Mesmo sem esse cuidado, empresas já estão produzindo toneladas de nanomateriais para que sejam usados como catalisadores, em cosméticos, tintas, revestimentos e tecidos. Outro agravante apontado por eles é o fato de que alguns materiais são compostos familiares que nunca foram comercializados, enquanto outros materiais são produzidos a partir de elementos atômica e quimicamente modificados que não existem na

dimensionalmente restrito, com propriedades particulares, podendo ligar ou associar moléculas com diferentes polaridades, atuando como agregados esféricos e com diâmetros menores que 1.000 nm - são, de forma geral, definidas como sistemas termodinamicamente estáveis, isotrópicos, de dois líquidos imiscíveis, estabilizados por um filme de compostos tensoativos, localizados na interface óleo/água procuram mudar a distribuição da substância ativa, aumentando a permanência na circulação sistêmica para que se alcance maior eficácia terapêutica, com doses menores e baixa toxicidade

²³ TEDESCO. Ob cit. p. 238.

natureza. Portanto, seus efeitos negativos são ainda desconhecidos pelos cientistas.²⁴

Há ainda que se destacar as dificuldades geradas pela poluição ocasionada por tais partículas “nano”, inobstante inexistir estudo sobre o impacto ambiental das mesmas. Por um lado, vislumbra-se a possibilidade de maior controle sobre a tecnologia atual, admitindo, inclusive, controlar a poluição. Conforme pesquisas no Instituto de Química da Universidade de São Paulo²⁵:

Não há dúvida de que a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Nos próximos parágrafos, analisaremos resumidamente os possíveis benefícios e perigos da nanotecnologia. As três principais áreas nas quais podemos esperar grandes benefícios provenientes da nanotecnologia são:

- a) na prevenção de poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente²⁶;
- b) no tratamento ou remediação de poluição²⁷
- c) na detecção e monitoramento de poluição²⁸.

Por outro, não se sabe os riscos de nanopoluição (poluição que pode ser gerada pelos materiais utilizados, ou até mesmo, pelo desprendimento durante a

²⁴ NANOTECNOLOGIA. Disponível em: <http://www.redesecia.com.br/interface/doc/Artigo>. Acesso em: 4 de abril de 2009. Além disso, existe a produção de preenchedores de rugas como uma alternativa nanocosmética às injeções de preenchimento com ação rápida, profunda e cumulativa - desenvolvido com a nanotecnologia farmacêutica de atomização de última geração, que permite a redução de partículas de ácido hialurônico em até 1 micron, para eficaz penetração do produto na pele, na qual não há estudos sobre seus impactos.

²⁵ Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000600031&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 4 de abril de 2009.

²⁶ Por exemplo, o uso de nanomateriais catalíticos que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais resultaria num aproveitamento mais eficiente de matérias primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis. A nanotecnologia vem contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético. Na área da informática, o uso de nanoestruturas de origem biológica pode oferecer uma estratégia alternativa para a fabricação de dispositivos microeletrônicos. A nanotecnologia também vem aprimorando o desenvolvimento de displays (como, por exemplo, monitores de computador ou displays dobráveis de plástico que podem ser lidos como uma folha de papel) que, além de serem mais leves e possuírem melhor definição, apresentam as vantagens da ausência de metais tóxicos na sua fabricação e de terem um consumo menor de energia.

²⁷ A grande área superficial das nanopartículas lhes confere, em muitos casos, excelentes propriedades de absorção de metais e substâncias orgânicas. A etapa subsequente de coleta das partículas e remoção de poluentes pode ser facilitada pelo uso, por exemplo, de nanopartículas magnéticas. As propriedades redox e/ou de semicondutor de nanopartículas podem ser aproveitadas em processos de tratamento de efluentes industriais e de águas e solos contaminados baseados na degradação química ou fotoquímica de poluentes orgânicos. Num cenário futurístico, um exército de nano-bots poderia ser utilizado para descontaminar microscopicamente sítios de derrame de produtos químicos.

²⁸ A nanotecnologia vem permitindo a fabricação de sensores cada vez menores, mais seletivos e mais sensíveis para a detecção e monitoramento de poluentes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente. Avanços em sensores para a detecção de poluentes implicam diretamente num melhor controle de processos industriais; na detecção mais precoce e precisa da existência de problemas de contaminação; no acompanhamento, em tempo real, do progresso dos procedimentos de tratamento e remediação de poluentes; num monitoramento mais efetivo dos níveis de poluentes em alimentos e outros produtos de consumo humano; na capacidade técnica de implementar normas ambientais mais rígidas, etc.

confeção dos produtos; ocasionado a suspensão destas partículas – invisíveis a olho nu – no ar, viajando por grandes distâncias, visto serem dotadas de propriedade mutáveis)

Um dos perigos que poderá ser originado da contaminação em epígrafe é o fato de que essas partículas não são provenientes da natureza humana; assim, as células dos seres vivos poderão não ter meios apropriados para combatê-las, podendo causar danos ainda não perceptíveis. Tais efeitos seriam sentidos, ainda, na fauna e na flora, assemelhando-se à propagação de metais pesados e de Dicloro-Difenil-Tricloroetano, no meio ambiente.

Conforme afirma Frank H. Quina:

As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com conseqüente interferência em processos biológicos *in vivo*; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente²⁹

Não se sabe exatamente quais os efeitos que a nanotecnologia acarretará. Sabe-se, apenas, que experimentos com animais desencadearam efeitos notórios, pois as nanopartículas (pelo fato de serem pequeníssimas) podem atravessar todas as barreiras biológicas do corpo humano, podendo, inclusive, passar da mãe para o feto, “devido à sua mobilidade e aumento de reatividade”. Além disso, conforme, bem relatam, Gustavo Franchi/Gustavo Morais, “evidências preliminares sugerem que algumas nanopartículas podem exibir propriedades toxicológicas imprevistas”.

Testes com peixes mostram que há riscos iminentes de contaminação, pois constatam que:

1) a exposição de peixes a uma concentração muito baixa de fluoreto – de aproximadamente uma parte por milhão – num curto período de tempo – apenas 48 horas de exposição – desencadeia na penetração da substância nas camadas adiposas dos alevinos que ao longo do tempo desenvolve danos ao cérebro desse animal.

2) submeter os peixes ao contato de nanotubos de carbono, acarreta conseqüências nas formações dos embriões, diminuindo a procriação dos animais, comprovando a toxicidade das pequeníssimas partículas³⁰.

²⁹Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000600031&script=sci_arttext&tlng=pt. Acessado em: 4 de abril de 2009.

³⁰Nanotecnologia: o futuro é agora (filme). Disponível em: <<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal/referencias/assista-o-documentario-em-video-201cnanotecnologia-ofuturo-e-agora/>>. Acesso em: 4 de abril de 2009.

Estudos sobre a inalação de Nanopartículas de Dióxido de Titânio com ratos (expostos à partículas de TiO_2 dispersas no ar em forma de aerossol em um período de 4h/dia durante 10 dias). Foram avaliados ratos logo ao término da exposição, e após 1, 2 e 3 semanas do término da exposição) mostraram os seguintes resultados:

- 1) Os ratos expostos no estudo agudo não apresentaram quadro patológico mesmo após avaliação dos tecidos.
- 2) Os ratos do experimento sub-agudo apresentaram um quadro inflamatório moderado, porém significativo, especialmente nos pulmões.

Um estudo publicado em julho de 2004 descobriu que moléculas de carbono em nanoescala podem rapidamente desencadear danos cerebrais em peixes³¹. Além disso, a NASA (US National Aeronautics and Space Administration) publicaram que nanotubos de carbono disponíveis no mercado quando expostos aos pulmões de ratos causavam sérios danos pulmonares³². Em 2005, pesquisadores da Universidade de Rochester (EUA) demonstraram, que após a ingestão de fulerenos³³, coelhos tiveram aumento na suscetibilidade à coagulação do sangue³⁴.

Portanto, duas preocupações seguem. A primeira atinente à proteção dos direitos humanos com o emprego das nanotecnologias; a segunda em relação ao comportamento dos humanos frente às perspectivas nanotecnológicas.

2 A FILOSOFIA NO DIREITO COMO CONDIÇÃO DE POSSIBILIDADE À PRESERVAÇÃO DA HUMANIDADE NO MUNDO NANOTECH

Indagado e afirmado no capítulo anterior as preocupações concernentes ao Direitos humanos com o emprego de nanotecnologias, surge a necessidade de defini-los e caracterizá-los. De nada serviria analisarmos o tema das nanotecnológicas e do Direito, engendrado no âmbito dos Direitos Humanos, sem uma breve explanação de seus aspectos. Trata-se de uma tarefa complexa, mas em palavras breves, intencionar-se-á.

Perez Luño³⁵ advoga que os direitos humanos representam um imenso “*paradigma de La equivocidad*”, existindo várias definições e termos adotados³⁶, definindo como sendo:

O conjunto de faculdades e instituições que, em cada momento histórico, concretizam as exigências de dignidade, liberdade e igualdade humana, as quais dêem ser reconhecidas positivamente pelos ordenamentos jurídicos em nível nacional e internacional

³¹ PEDROSO, José; BORGHETTI, Flavio. GRUPO ETC. Nanotecnologia: os riscos da tecnologia no futuro. L&PM, 2005. p.32

³² PEDROSO, Ibidem. P. 34.

³³ Os fulerenos são a terceira forma mais estável do [carbono](#), após o [diamante](#) e o [grafite](#).

³⁴ PEDROSO, Ibidem. P. 33

³⁵ PEREZ LUÑO, Antonio Enrique. *Derechos humanos, estado de derecho y constitucion*. 5. ed. Madrid: Tecnos, 1995, p. 25.

³⁶ Para maiores considerações sobre o tema ver: RAMOS, André de Carvalho. *Direitos Humanos na integração econômica*. Editora Renovar. 2008. p.19.

Deste modo, os Direitos Humanos consistem em um conjunto básico/mínimo de direitos necessários para assegurar uma vida digna ao ser humano. Cançado Trindade³⁷ trazendo à baila a conceituação jurídica cocontemporânea dos direitos humanos, afirma que esses direitos indispensáveis, “inerentes a cada ser humano e inalienáveis, antecedem direitos dos Estados; de que o poder estatal deriva da vontade do povo; e de que a justiça prima sobre o direito estatal positivo”. Esta passagem esclarece o direito subjetivo, e demonstra que, apesar de estarem inseridos na Constituições, como norma suprema, ou nos tratados internacionais (compondo obrigações internacionais que devem ser cumpridas pelos Estados), representam ser um direito inafastável do ser humano³⁸.

Sustentou-se durante o desenvolvimento do presente estudo os benefícios e malefícios do emprego de nanotecnologias, mostrando-se os potenciais riscos, bem como a utilidade destes novos produtos na sociedade. Entretanto, ao passo que são apresentados a “pontencialidade” desta nova tecnologia do século XXI, surge, também, a necessidade de avaliação e “inclusão de esforços intensivos e transdisciplinares para preencher as lacunas de informações existentes a despeito do comportamento de nanomateriais”³⁹, mormentes ao ar, a água, ao solo, e aos seres humanos, para que se concretize a efetiva preservação ao meio ambiente, consolidando, deste modo, o desenvolvimento sustentável, bem como a preservação do direito humano à vida (considerando os dados do capítulo anterior que demonstram os riscos da (nano) tecnologia com animais).

Na medida em que a civilização constrói cada vez mais, menores aparelhos para seu bem estar e desenvolvimento, diminuindo os tamanhos dos seus artefatos utilitários, as possibilidades e os desafios aumentam. O que não pode ocorrer de fato é a consolidação da imanência “maquinista do homem”, que de tanto se servir da máquina, passe a refletir o humano pelo mecânico. E assim criar uma certa mentalidade mecanicista, pragmática, ativista, que coloque de quarentena [...] os direitos humanos. De tal modo não pode deixar-se empolgar pelo fazer, e perder a perspectiva do ser, nem deixar-se apaixonar pela ideia da produção, e perder o senso da perfeição. Na perspectiva do mais, não pode perder a perspectiva do melhor⁴⁰. Neste diapasão, surge a possibilidade/necessidade da construção da regulamentação⁴¹ jurídica, radicado nos aportes propedêuticos, filosóficos, do pensamento do ser, com supedâneo no pensamento da vida⁴², cujo

³⁷ CANÇADO TRINDADE, Tratado de direito internacional dos direitos humanos. Vol.1. Segunda edição. Porto Alegre. Sergio Antonio Fabris editor. 2003, p. 35.

³⁸ RAMOS, André de Carvalho. Direitos Humanos na integração econômica. Editora Renovar. 2008, p.21.

³⁹ www.nanobiotec.iqm.unicamp.br/download/Riscos%20Ambientais%20de%20Nanotecnologias.doc/download/Riscos%20Ambientais%20de%20Nanotecnologias.doc. Acessado em: 4 de abril de 2009.

⁴⁰ PRADO DE MEDONÇA, Eduardo. O mundo precisa de filosofia. Rio de Janeiro. Livraria Agir Editora. 1976, p.17.

⁴¹ Aqui vale a contribuição de que é (ou deveria ser) objetivo fundamental, nesse atual momento histórico, evocar a origem do direito para estabelecer uma legislação que possa buscar a continuação da humanidade, a preservação de seu habitat e sua qualidade de vida (BRAUNER, 1998, p.211).

⁴² Neste contexto, “os homens vivem agora num todo global e contínuo, no qual a noção de distância, inerente até mesmo à mais perfeita contigüidade de dois pontos, cedeu ante a furiosa arremetida da velocidade. A velocidade conquistou o espaço; e, ainda que este processo de conquista encontre seu limite na barreira inexpugnável da presença, simultânea do mesmo corpo em dois lugares diferentes, eliminou a importância da distância, pois nenhuma parcela significativa da vida humana – anos, meses, ou mesmo semanas – é agora necessária para que se atinja qualquer ponto da terra”. ARENDT, 1987. p. 262).

objetivo dever-se-á enraizar na preservação de bens jurídicos (vida, meio ambiente) já tutelados pelo Estado nas suas manifestações histórico-positivas⁴³ bem como seguir a “base principiológica” tipificada na Constituição da República Federativa do Brasil⁴⁴, de modo a construir normas jurídicas que tutelem os interesses do desenvolvimento nanotecnológico (das empresas, das pesquisas, etc). De outra banda, também, é indeclinável que se preserve e fomenta o desenvolvimento sustentável, norteado sobretudo, pelo princípio da precaução. Não basta a regulamentação da lei 10.973 de 2004 (dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências), denominada de “lei da inovação, e do decreto 6041/ 2007 (institui a política de desenvolvimento da biotecnologia, cria o comitê nacional de biotecnologia e da outras providências); a primeira que tipificou no seu artigo primeiro o estímulo à inovação através da criação de mecanismos de gestão para as relações entre as instituições de pesquisa, governo e setor produtivo, bem como o favorecimento de empresas em pesquisas científicas e tecnológicas no Brasil; e a segunda nos termos do seu artigo primeiro, *verbis*, “tem por objetivo o estabelecimento de ambiente adequado para o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos inovadores, o estímulo à maior eficiência da estrutura produtiva nacional, o aumento da capacidade de inovação das empresas brasileiras, a absorção de tecnologias, a geração de negócios e a expansão das exportações”. Apesar de ser de fundamental importância, existe a necessidade de algo mais concreto, que de fato, regulamente o emprego de nanotecnologias. no sentido de garantir os direitos humanos, mormente, o direito à vida, desenvolvendo-se mecanismos jurídicos ligados ao controle das relações intersubjetivas nanotecnológicas. Julgado gaúcho⁴⁵ já constata o uso de tecnologia em escala nano, consubstanciando e evidenciando a necessidade de tais regulamentações supracitadas.

Portanto, como afirma Comparato⁴⁶ “ os homens nunca se viram, tal como hoje, aproximados uns dos outros pelos instrumentos de informação e comunicação” gerados pela tecnologia. Os instrumentos “nano” poderão ampliar essa dimensão e estruturar uma sociedade cada vez mais tecnológica. Porém, chega-se, deste modo, a seguinte pergunta: “ Quais são as condições definidoras da ação e modeladoras deste futuro (nano)?

Chega-se a conclusão de que a diagnose é o discernimento da realidade presente (a publicação, divulgação do emprego de nanotecnologias será indispensável nesse sentido) adicionado com a escolha da via adequada para a construção do futuro. Buscar-se-á a *phronesis* aristotélica, a *prudentia romana*. Prudência que está arraigada a concepção de necessidade de regulamentação do emprego das tecnologias nano, pois a verdadeira prognose faz-se com sensibilidade

⁴³ PEREZ LUÑO, Antonio Enrique. *Derechos humanos, estado de derecho y constitucion*. 5. ed. Madrid: Tecnos, 1995, p. 62. HERVADA, Javier. Problemas que una nota esencial de los derechos humanos plantea a la filosofía del derecho. In: MASSINI-CORREAS, Carlos I. (Comp.). *El Iusnaturalismo actual*. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1996, P. 110.

⁴⁴ COMPARATO, Fábio Konder. *A afirmação histórica dos direitos humanos*. 5. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2007, p. 238.

⁴⁵ Acórdão. Decisão monocrática. Processual civil. Antecipação de tutela. Direito à saúde. Plano de saúde. Ipergs. Exame de cápsula endoscópica. Ausência de exclusão. Verossimilhança da alegação e risco de dano grave. Número: 70020535316

⁴⁶ COMPARATO, ob cit, p. 529.

valorativa e juízo ético dos direitos humanos. Assim, vigora caracteres filosóficos no direito, como condição de possibilidade e diretrizes à preservação da humanidade no mundo nanotech.

Definitivamente, diminuem-se os tamanhos, aumentam-se os desafios.

3 REFERÊNCIAS

ARENDDT, Hannah. **A condição humana**. 3 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1987.

AZAMBUJA, Celso Candido de. Transumanismo e nanotecnologia molecular. **Cadernos IHU Ideias**. São Leopoldo: Unisinos, v. 109, 2008.

BRAUNER, Maria Cláudia Crespo. A bioética e os progressos tecnocientíficos da medicina moderna: quais os limites de segurança? **Anuário do programa de pós-graduação em direito**. São Leopoldo, 1998, p. 193-214.

CANÇADO TRINDADE, **Tratado de direito internacional dos direitos humanos**. Vol.1. Segunda edição. Porto Alegre. Sergio Antonio Fabris editor. 2003.

COMPARATO, Fábio Konder. **A afirmação histórica dos direitos humanos**. 5 ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2007.

FARIA COSTA, José de. **Linhas de direito penal e de filosofia**: alguns cruzamentos reflexivos. Coimbra: Coimbra Editora, 2005.

FEYNMAN, Richard. **O senhor está brincando, Sr. Feymann!** Editora Campus. 2006.

HERVADA, Javier. Problemas que una nota esencial de los derechos humanos plantea a la filosofía del derecho. In: MASSINI-CORREAS, Carlos I. (Comp.). **El Iusnaturalismo actual**. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1996.

LAMPTON, Christopher. **Divertindo-se com nanotecnologia**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

NICOLESCU, Basarab. **O manifesto da transdisciplinaridade**. Tradução de Lucia Pereira de Souza. São Paulo: TRIOM, 1999.

OZIN, Geoffrey A.; ARSENAULT, André C. **Nanochemistry**: a chemical approach to nanomaterials. Cambridge: RSC, 2005.

PEDROSO, José; BORGHETTI, Flavio. GRUPO ETC. **Nanotecnologia**: os riscos da tecnologia no futuro. L&PM, 2005.

PEREZ LUÑO, Antonio Enrique. **Derechos humanos, estado de derecho y constitucion**. 5 ed. Madrid: Tecnos, 1995.

PRADO DE MEDONÇA, Eduardo. **O mundo precisa de filosofia**. Rio de Janeiro. Livraria Agir Editora. 1976.

PREMEBIDA, Adriano; MARTINS, Paulo, DULLEY, Richard Domingues; BRAGA, Ruy. **Revolução invisível**: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil. São Paulo: Xamã, 2007.

RAMOS, André de Carvalho. *Direitos humanos na integração econômica*. Editora Renovar. 2008.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais**. 9 ed. rev., atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008.

TEDESCO, Antonio Claudio, SIMIONI, Andreza Ribeiro, PRIMO, Fernando Lucas. **Introdução à nanotecnologia. Capítulo 16 em terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde**.

