

A ÊNFASE SOBRE CONDUTA ÉTICA E OS FATORES INCERTEZA E A CONDIÇÃO HUMANA INERENTES ÀS NANOTECNOLOGIAS*

THE EMPHASIS ABOUT ETHICAL CONDUCT AND UNCERTAINTY FACTORS AND HUMAN CONDITION INHERENT TO NANOTECHNOLOGIES

NIVALDO DOS SANTOS**

LORECI GOTTSCHALK NOLASCO***

RESUMO: Enquanto muitos campos da ciência e tecnologia podem ser usados para fins frutíferos, como melhoria nas habilidades humanas, novas indústrias e produtos, resultados sociais e qualidade de vida, contudo, também podem ser destrutivos. As nanotecnologias são resultados da convergência tecnológica as quais tem capacidade de criação de novas formas de vida, aumentando os riscos de forma ilimitada e incontrolável, pois estão fundadas sobre a imprevisibilidade de resultados, o que pode, inclusive, causar perturbações em níveis molecular e celular, pois são semelhantes em tamanho às macromoléculas biológicas como proteínas, DNA e fosfolípidios, trazendo consequências importantes, pois levantam princípios éticos inteiramente inéditos em

ABSTRACT: *While many fields of science and technology can be used to fruitful issues such as improvement in human skills, new industries and products, social outcomes and quality of life, however, it can also be destructive. Nanotechnologies are the result of technological convergence which has the capacity to create new forms of life, increasing the risk of unlimited and uncontrollably because they are founded on the unpredictability of results, which can also cause disturbances in molecular and cellular levels because they are similar in size to biological macromolecules such as proteins, DNA and phospholipids, which has important consequences because up entirely unprecedented ethical principles in relation to other biotechnologies. Aiming to raise the*

* Este trabalho não recebeu nenhum tipo de financiamento.

** Docente da Faculdade de Departamento de Direito Extensão Goiás, da Universidade Federal de Goiás e do Programa de Pós Graduação, nível Doutorado da Rede Pró Centro Oeste de Pesquisa e Inovação em Biotecnologia e Biodiversidade, pela Universidade Federal de Goiás. Doutor e Pós-Doutor em Direito.
Email: nivaldodossantos@bol.com.br.

*** Docente do Curso de Direito da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Mestre em Direito. Doutora da Rede Pro Centro Oeste de Pesquisa e Inovação, em Biotecnologia e Biodiversidade, pela Universidade Federal de Goiás.
E-mail: lorecign@gmail.com

relação às demais biotecnologias. Objetivando levantar os aspectos éticos envolvendo as nanotecnologias em decorrência dos fatores incerteza e condição humana, utilizando-se da análise bibliográfica, concluímos que o agir com ética e responsabilidade (social) é fator de proteção da dignidade da pessoa humana. O ponto que se deve relevar agora e sempre é que a biologia e o desenvolvimento das pesquisas que mexem com a vida humana (a dignidade humana) e o seu entorno, como as nanotecnologias, deve necessariamente estar subordinado a valores éticos. Assim sendo, governos, indústrias, cientistas e demais atores envolvidos devem adotar condutas antecipatórias de precaução e cuidado, através de ações como o controle e gestão dos riscos na fase inicial do projeto, entendendo-os ao longo do ciclo de vida dos produtos, evitando a toxicidade e afastando os riscos de um desenvolvimento tecnológico perigoso, garantindo o valor segurança e demais direitos fundamentais assegurados às pessoas e ao meio ambiente em geral.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologias. Conduta ética. Responsabilidade. Dignidade da pessoa humana.

ethical aspects involving nanotechnologies as a result of uncertainty factors and the human condition, using the literature review, you conclude that the act ethically and accountability (social) is a protection factor of human dignity. The point that should be included in now and it's always that biology and the development of research that deal with human life (human dignity) and its surroundings, such as nanotechnology, must necessarily be subordinated to ethical values. Thus, governments, industries, scientists and other stakeholders, should adopt proactive behaviors of caution and care, through actions such as the control and management of risks in the initial phase of the project, understanding them throughout the life cycle of products, avoiding toxicity and away the risk of a dangerous technological development in order to ensure the safety value and other fundamental rights guaranteed to people and the environment in general.

KEYWORDS: Nanotechnology. Ethical conduct. Responsibility. Dignity of the human person.

INTRODUÇÃO

1. ÉTICA NO DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO: PROTEÇÃO DA DIGNIDADE DA PESSOA HUMANA

As nanotecnologias desafiam a capacidade de compreensão do mundo onde cada um está inserido desde sempre. Elas “representam um conjunto de técnicas multidisciplinares [talvez, transdisciplinares?] que permitem o domínio de partículas com dimensões extremamente pequenas (as nanopartículas), exibindo propriedades mecânicas, óticas, magnéticas e químicas completamente novas” (AUBENQUE, 2003; DUPAS, 2009, p. 57), bem como, tipicamente, as nanopartículas “têm diferentes propriedades físico-químicas, em comparação com o seu respectivo material em escala macro, incluindo diferentes propriedades ópticas, comportamento térmico, resistência do material, solubilidade, condutividade e atividade catalítica” (BURLESON, DRIESSEN

e PENN, 2004). As nanotecnologias são uma realidade da qual não se pode fugir e seus rebatimentos serão consideráveis (SILVA, 2003). Segundo a autora devemos pensar no significado, para a humanidade de *mexer* na intimidade da matéria, de manipular *átomo por átomo*, atividade essa sem precedentes, num trabalho de nanoengenharia que compreende a poderosa “habilidade de se trabalhar no nível molecular, ou mesmo átomo por átomo, para criar estruturas complexas com controle de sua organização em dimensões de bilionésimos do metro” (CNPq, 2001)¹.

Para SILVA (2003) se as pretensões se realizarem, toda a visão da humanidade mudará. Assim, imaginemos a concretização das potenciais realizações: síntese de materiais e manufaturamento, produção de nanoeletrônica e de nanotecnologia computacional, medicina e saúde, aeronáutica e exploração espacial, ambiente e energia, biotecnologia e agricultura, segurança nacional, ciência e educação, competitividade econômica e outras tantas aplicações. Essa nova materialidade representa verdadeiro desafio à ideia que temos de comportamento humano, moral, ética do trabalho (COMTE-SPONVILLE; FERRY, 1999; ETGES, 1996)², e educação, abalando a estrutura fragmentária que tornou irreconciliáveis a esfera natural, a artificialidade, o biológico, o social, o histórico e o ambiental.

Logo, aponta SILVA (2003): “o problema implícito nas predições feitas até agora, e nas *apostas* já consolidadas por cientistas pesquisadores das nanotecnologias e governos interessados, não é somente traçar os avanços da tecnologia”. É também marcar outras conquistas e transformações na sociedade por algum

1 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Edital 01/01. “Chamada de Convocação para Apresentação de Propostas de Projetos Inter e Multidisciplinares Visando a Formação de Redes Cooperativas de Pesquisa Básica e Aplicada em Nanociências e Nanotecnologia”.

2 Não é essa a ética que nos rege, uma ética fundamentada no determinismo do trabalho físico, como se estivesse o homem programado para executá-lo? Sobre essa questão, ver COMTE-SPONVILLE & FERRY (1999, p. 127-156). Também ETGES (1996) e sua análise das contradições resultantes das transformações da revolução tecnológica, desemprego e o valor do trabalho reproduzido no período pós-industrial. São textos essenciais para imaginar uma era em que o trabalho físico não mais será necessário.

tempo, assim como outras inovações anteriores representaram avanços sociais e assinalaram o tempo de determinada sociedade. A autora defende por isso, a importância das ciências sociais (e humanas) em estudar as consequências sociais, éticas e legais das nanotecnologias, oferecendo novas possibilidades para projetar pesquisas e conclusões. Afinal, haverá uma notável diferença para a humanidade, ao passar a conviver entre dois mundos, o macro e o nanoscópico. Surgirão fenômenos na dimensão da nanoescala inexistentes no macromundo, a exemplo da peculiaridade atômica, da precisão humana necessária com modos de ações finos, direcionados, precisos, rápidos, econômicos, qualitativos, discretos, calculados e aplicados com mais exatidão (LÉVY, 1998), materializando-se um viver sem equivalente no mundo do grande.

Provavelmente a mudança mais significativa nas propriedades de nanopartículas seja o aumento da relação entre superfície e volume. A proporção de átomos na superfície da partícula aumenta, inversamente, com o tamanho da partícula, de modo que as propriedades da superfície de nanopartículas podem dominar sobre as propriedades do material em escala maior. Estas partículas, também, podem transferir energia nas proximidades das moléculas de oxigênio, o que leva à formação de espécies reativas de oxigênio. A exposição aos oxi-radicais pode levar danos e morte à célula (CHOI, CHO, DESBARATS, LOVRIC, MAYSINGER, 2007). As nanopartículas são semelhantes em tamanho às macromoléculas biológicas como proteínas, DNA e fosfolipídios, de modo que é possível que os nanomateriais possam causar perturbações em níveis molecular e celular. Muitos outros fatores físicos e químicos podem influenciar a toxicidade dos nanomateriais, incluindo reatividade da superfície, coeficiente de dissolução e forma de partículas (WARHEIT, BORM, HENNES, LADEMANN, 2007).

Para ter uma ideia aproximada do que se está a considerar, uma partícula de nanomaterial, tenha ele qual aplicação tiver, pode entrar por um poro da pele, ou seja, pode ser respirado e aspirado sem que ninguém saiba, inclusive, uma vez inserido no organismo não se tem noção dos efeitos que isso possa vir a ter, vez que pode interagir com as células do organismo humano, modificando-as, agredindo-as, adoentando-as, promovendo alterações genéticas.

Portanto, não se sabe qual é ou será a leitura do organismo humano quando em contato com uma nanopartícula, já que de dimensão celular e objeto estranho a ser reconhecido ou não pelo corpo humano. “Logicamente, uma vez que as biomoléculas (proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos) e a unidade básica da vida (células) estão compreendidas na mesma escala de tamanho que os nanomateriais, eles podem interagir quando colocados em contato, havendo a formação de uma bionanointerface” (MARTINEZ, ALVES, 2013, p. 32).

Assim, inobstante as promessas de benefícios que poderão advir das nanotecnologias, há uma preocupação crescente entre os membros da comunidade científica e os governos de que as mesmas propriedades que fazem os nanomateriais atrativos do ponto de vista do produto e do investimento podem ter o potencial de dar origem uma maior toxicidade. Aponta FORNASIER (2014) que as possibilidades de danos à saúde humana se intensificam no ambiente de trabalho, em razão da exposição notoriamente mais recorrente do trabalhador aos resíduos da produção. Os riscos da exposição do trabalhador às externalidades da produção envolvendo nanotecnologia têm sido objeto de várias pesquisas na Europa, por ex., o relatório da *U.K. THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING* (2004) em que se elencam possibilidades de contaminação nas etapas de produção, transporte, armazenamento, tratamento de resíduos. Ademais, ao adentrar de forma difusa no meio ambiente natural, as nanopartículas residuais poderiam contaminar as águas, ser transportadas pelas correntes de ar, instalar-se nos alimentos, afetando o trabalhador não apenas no ambiente de trabalho, mas também em sua dimensão de consumidor.

Por se tratar de organização acadêmica de prestígio, considerada independente em face dos interesses em jogo, INVERNIZZI e FOLADORI (2013) relatam que o conhecido documento elaborado pela *U.K. THE ROYAL SOCIETY* em 2004 foi amplamente divulgado e suas recomendações levadas em conta. Ademais, o relatório coincidia com a perspectiva das organizações sociais (ONGs e Sindicatos) ao enfatizar que as nanotecnologias envolvem riscos desconhecidos que deveriam ser avaliados e estudados imediatamente, o que nos faz considerar

que as reivindicações dessas organizações, se fortaleceram após esse documento, contribuindo, dessa forma, para pressionar os governos a iniciar discussões sobre regulamentação e a reconhecer as deficiências dos seus programas de nanotecnologia quanto à pesquisa sobre os potenciais riscos à saúde e ambientais, e reforçá-los com novos investimentos, como é o caso, por ex., do documento da *U.S. National Academies of Sciences* (2009) para os Estados Unidos, e *Nanosafety in Europe 2015-2025* elaborado sob a coordenação do cientista SAVOLAINEN (2013) e colaboradores para a União Europeia, ambos com objetivo de identificar as lacunas de conhecimento relacionadas com a segurança de nanomateriais engenheirados, e dirigir a investigação futura permitindo a redução da incerteza, garantindo, dessa forma, o desenvolvimento seguro e sustentável das nanotecnologias.

O desenvolvimento acelerado das novas tecnologias, principalmente da biotecnologia nas últimas décadas, fez com que fosse novamente levantada a questão da possibilidade das pesquisas científicas envolverem os seres humanos, apesar da proibição emanada ao final da segunda guerra mundial, haja vista as experiências conduzidas pelos cientistas nazistas (VIEJA, 2009, p. 65). A manipulação do conteúdo genético de cada indivíduo voltou ao cenário mundial como promessa de gerar benefícios aos homens, seja em melhorias nos tratamentos ou no aumento da qualidade de vida, mesmo havendo risco a própria existência da pessoa humana.

As pesquisas acontecem rapidamente independentemente da avaliação aprofundada dos riscos, o que poderá ocasionar certa margem de perigo aos próprios seres humanos que se pretende proteger e beneficiar com os resultados científicos.

Por isso, mesmo com as “perspectivas animadoras dos benefícios da nanotecnologia para a melhoria do meio ambiente, a comunidade em geral não deve subestimar o potencial para danos ao meio ambiente”, “[...] além da necessidade de pesquisa interdisciplinar voltada para as questões de toxicidade, epidemiologia, persistência e bioacumulação de nanopartículas” (QUINA, 2004). Do mesmo modo, CÓZAR ESCALANTE (2009) quando aponta para o cenário atual do desenvolvimento nanotecnológico, apoiado em Beck, afirma que a percepção e os indícios fundamentados de

nos encontrarmos em uma situação de risco e de crise global, nos faz aumentar a urgência em encontrar o mais rápido possível soluções tecnológicas para os problemas atuais e para os que estão por vir, novos e mais graves.

Por essa razão, prevê SILVA (2003): o potencial inovador das nanotecnologias demanda um esforço colaborativo de estudiosos de diferentes disciplinas das ciências formais, naturais, sociais e humanas, com coragem e determinação para pesquisar conjuntamente o que pode representar para o destino do homem, do universo, da cultura, da vida, enfim, o controle absoluto da estrutura da matéria. E, somado a isso, uma maior consciência da dimensão desse domínio incomparável em todos os tempos, mostrando em que medida as nanotecnologias colocam um novo desafio ético, legal, político, social e econômico para o Brasil, analisando se o País está ou não preparado para essas tecnologias emergentes. Com isso, torna-se “importante não esquecer que, embora não seja uma temática muito frequente no cotidiano, essa tecnologia está aí com todas as suas implicações e complicações, e, por se tratar de uma área em pleno avanço, a nanotecnologia traz perguntas até há pouco impensáveis, cujas respostas estão vindo paulatinamente ou ainda inexistem”.

A CONDUTA ÉTICA E OS FATORES INERENTES ÀS NANOTECNOLOGIAS

2. O FATOR INCERTEZA (CIENTÍFICA)

Provavelmente, as nanotecnologias não serão o derradeiro avanço tecnológico, assim como os anteriores não o foram. Contudo, embora não seja possível afirmar que os desafios éticos que impõe sejam completamente novos (ALLHOFF, 2007; NORDMANN, 2004), há algo que ao menos se potencializa na nanotecnologia: não os riscos em si, mas a impossibilidade de calculá-los (PYRRHO e SCHRAMM, 2012).

Mais especificamente, o que faz a biotecnociência trazer consequências éticas importantes não é somente a transformação de formas de vida já conhecidas, mas a criação de novas formas de vida.

Isso traz – juntamente com os benefícios esperados – uma expansão ilimitada dos riscos. De forma semelhante, a nanotecnologia propicia a criação de materiais novos, o que também aumenta os riscos de forma incontrollável. Em adição – e isto é novo –, a nanotecnologia é fundada, ela mesma, sobre esta imprevisibilidade de resultados (STIRLING, 2007).

Assim sendo, o primeiro aspecto eticamente significativo que aqui se destaca sobre as nanotecnologias refere-se ao que ela apresenta de inovador em relação às demais biotecnologias. Por se basear em propriedades imprevistas e desconhecidas, resultantes da manipulação em níveis nanoescalares, a nanotecnologia não somente pode criar materiais novos cujos riscos são desconhecidos, mas, ao alterar a disposição molecular e atômica de compostos já conhecidos, também pode trazer efeitos imprevisíveis com suas novas propriedades. De fato, além de os materiais novos poderem trazer riscos, a alteração daqueles já conhecidos pode ter consequências imprevisíveis. O que realmente importa é que essas consequências podem, igualmente, não ser mensuráveis pelo conhecimento científico atual (FERRARI, 2010).

Entretanto, não somente os riscos não podem ser calculados com precisão (na verdade, já não o eram com as demais biotecnologias em seus estágios iniciais); os efeitos, em si, não são previsíveis. É justamente isto o que a nanotecnologia parece ter de especial, ou ao menos mais destacado em relação às outras biotecnologias: representar uma situação epistêmica nova, em que incerteza e ignorância são intrínsecas, fundantes para este novo campo de conhecimento (STIRLING, 2007). Assim, torna-se pouco realística a expectativa de prever as possibilidades de uso dos materiais e dispositivos, sendo ainda menos tangível aquela de saber as consequências reais de seu uso.

Neste caso, a principal sugestão seria a adoção do princípio da precaução, já que as implicações do uso de nanomateriais têm a ver com a falta de certeza científica. Baseadas neste princípio, a análise de riscos e a regulamentação visariam a eliminar os riscos humanos e ambientais ou, ao menos, reduzi-los a níveis aceitáveis, como acontece com os compostos químicos convencionais (PYRRHO e SCHRAMM, 2012). Mas, no caso das nanopartículas,

se as possíveis maneiras de exposição e os prejuízos a ela associados são desconhecidos, então o risco só poderá ser delimitado se a liberação for evitada (CLIFT, 2005).

O princípio da precaução é, via de regra, concebido para ser usado se uma ação expõe a um determinado risco ou perigo. Embora os dois estados não possam, em princípio, ser confundidos, pois conforme PYRRHO e SCHRAMM (2012) o risco tem a ver com probabilidades e potencialidades, ao passo que o perigo se refere, em tese, a algum grau de certeza, na argumentação existe, muitas vezes, uma transição semântica sub-reptícia do primeiro conceito para o segundo, pois se inicia com um estado potencial – o risco – e infere-se um estado atual – o perigo –, referido a causas de danos reais. Em outros termos, na aplicação do princípio da precaução, admite-se que a ação prescrita possa variar de acordo com a percepção da gravidade da ameaça – que se situa entre “riscos” e “danos” – e que a percepção do evento ameaçador seja plausível segundo o conhecimento científico existente, ainda que sua probabilidade de causar danos não possa ser calculada com precisão (SCHRAMM, 2010).

Em particular, no caso dos produtos nanoestruturados, o uso do princípio recomendaria a realização de análises de risco aprofundadas e, talvez, a desaceleração da produção até que a natureza do perigo seja conhecida (admitindo que esta seja uma possibilidade). Quanto à questão da privacidade, especificamente, a precaução consistiria na regulação do uso antes da ampla disponibilização das tecnologias ditas invasoras (WECKERT e MOOR, 2006).

3. A CONDIÇÃO (IDENTIDADE) HUMANA

As nanotecnologias apresentadas como revolucionárias, parecem colocar ao alcance das mãos a possibilidade técnica de alcançar todas as pretensões humanas de organizar e controlar o mundo, desde sua menor unidade. A nanobiotecnologia, particularmente, aliada a técnicas de engenharia moderna, promete interferir, modificar e modelar qualquer característica do humano, do seu corpo e da sua mente, de acordo com sua própria conveniência (ZEBROWSKI, 2006).

Atualmente, as nanotecnologias vêm sendo desenvolvidas com dimensão e profundidade por DREXLER (1986, p. 4): “[essa] nova tecnologia irá lidar com átomos e moléculas individualmente com controle e precisão, chamada tecnologia molecular. Isso irá mudar nosso mundo de muitas formas que nós nem podemos imaginar”.

É justamente pelas expectativas de impacto sobre o ser humano, seu corpo, sua identidade individual e social que a nanotecnologia é tomada como revolucionária, e é por levantar a questão da condição humana que o debate sobre a área adquire tamanha importância. Com efeito, se, à primeira vista, a condição humana – como objeto de intervenção e dimensão ética fundamental – parece ser comum às demais biotecnologias, a intervenção nanotecnológica não se dá da mesma forma que as propostas anteriores, pois, segundo o discurso científico, o controle absoluto proporcionado pela nanotecnologia sobre a síntese de produtos e dispositivos permitirá que outras tecnologias alcancem suas metas antes inatingíveis. Assim, dispositivos nanotecnológicos permitiriam, enfim, a manipulação genética eficaz, possibilitando a terapia gênica. Seriam, também, dispositivos nanoestruturados a tornar cada vez mais compatíveis a memória humana e os atuais computadores (ROCO, 2011).

Mas o aspecto do discurso científico que parece mais significativo do ponto de vista ético, segundo PYRRHO e SCHRAMM (2012), é o anúncio do DNA como material ideal para quase todo fim. “Justificado por sua flexibilidade, sua fácil sujeição à manipulação e pela possibilidade de se autorreplicar a partir da programação estrutural desejada, o uso do DNA teria tantas finalidades quantas a imaginação permitisse” (LIU e YAN, 2009).

Ao descrever suas pesquisas, os cientistas afirmam que as nanotecnologias nos convidariam a olhar a molécula de uma forma nova e ainda mais promissora. A possibilidade infinita de obter conformações diversas do DNA permitiria que a molécula servisse como material para os mais diversos fins, como a produção de *chips*, e como molde para produzir outros nanomateriais (ALDAYE, PALMER e SLEIMAN, 2008).

O anúncio do uso massivo do DNA tem certamente

importância ética determinada pelos possíveis impactos sobre a saúde do ser humano e do meio ambiente natural e a hereditariedade. Estudos realizados demonstraram que nanoestruturas de RNA, quando introduzidas no conteúdo citoplasmático, podem apresentar efeitos negativos, como estresse celular, prejuízo das funções celulares e ruptura da membrana celular em virtude da característica de autorreplicação da molécula e seu rápido crescimento citoplasmático (THODEY e SMOLKE, 2011).

Tratando tanto de incertezas quanto da condição humana, DUPUY (2006) questiona: qual é o programa metafísico de pesquisa que sustenta a dita convergência NBIC (que é a convergência entre nano, bio, info-tecnologias e ciências cognitivas)? Uma de suas características maiores é que as tecnologias convergentes pretendem substituir a natureza e a vida, e se tornarem os engenheiros da evolução. “Evolução que até agora consistiu fundamentalmente em uma simples ‘bricolagem’. Ela pode imobilizar-se em caminhos indesejáveis ou em impasses. É por isso que o homem pode ser tentado a tomar seu lugar e se tornar o designer dos processos biológicos e naturais. O homem pode participar da fabricação da vida”.

Quando o relatório da *U.S National Science Foundation* (NSF), de junho de 2002, intitulado *Converging Technologies for Improving Human Performance* enuncia que a convergência NBIC vai acarretar uma “mudança de civilização”, é consciente disso: “É possível que princípios éticos inteiramente inéditos prevalecerão em setores nos quais o progresso tecnológico será radical - como a aceitação de implantes cervicais, o papel dos robôs na sociedade e a ambivalência da morte diante dos avanços relacionados à clonagem...” O relatório faz a seguinte ressalva: “a identidade e a dignidade humana devem ser preservadas”.

Atento às distorções da língua que, tal como nos lapsos e sintomas revela as camadas mais profundas do imaginário científico ou tecnológico, DUPUY (2006) relata que em novembro de 2003, cientistas israelenses construíram transístores a partir de nanotubos de carbono, utilizando o DNA como modelo. Um cientista do Technion-Israel disse: “o que temos feito consistiu em conduzir a biologia a auto-reunir um mecanismo eletrônico em

um tubo de ensaio [...]. O DNA é utilizado como uma base ou um modelo que determina onde os nanotubos de carbono vão se encontrar. É a beleza da utilização da biologia” (CHANG, 2003). Para DUPUY “essa utilização transitiva de um verbo reflexivo denuncia, por si mesma, melhor que um longo discurso, a ambição das nanobiotecnologias, de *abordar* [o *Gestell* heidggeriano] as propriedades auto-organizadoras do vivente para colocá-las a serviço de fins humanos”.

Seria um erro pensar que, ainda que original, nossa situação atual, diante das consequências de nossas escolhas tecnológicas, não é o produto de um longo processo histórico. Descontinuidades e rupturas devem ser sempre analisadas sobre o fundo de dinâmicas contínuas. DUPUY cita que em estudo sobre as fraquezas da ação humana, *Condição Humana*, publicado pela primeira vez em 1958, ARENDT (1961, p. 259-261) colocou em evidência o paradoxo fundamental de nossa época: enquanto os poderes humanos aumentam sob o estímulo do progresso tecnológico, somos cada vez menos senhores das consequências de nossas ações. Uma longa citação adquire aqui todo o seu valor, pois sua pertinência em relação ao nosso objeto de estudo não pode ser negligenciada:

[...] tentando suprimir a ação, devido a sua incerteza, e preservar a fragilidade das ocupações humanas, tratando-as como se fossem ou pudessem tornar-se produtos de uma técnica, conseguimos inicialmente concentrar a faculdade de agir, de empreender processos novos e espontâneos, que não existiriam sem o homem, em uma atitude para com a natureza que até o último estágio da época moderna consistiu em explorar as leis naturais e fabricar os objetos com materiais naturais. Podemos perceber a que ponto começamos a *agir sobre a natureza*, no sentido literal da palavra, através de uma observação feita de modo rápido por um cientista que, no entanto, falava seriamente: *a pesquisa fundamental ocorre quando faço o que não sei que faço*. Isso começa de modo inofensivo pela experimentação, na qual os homens não se contentam mais em observar, constatar e contemplar o que a natureza, tal como a vemos, está prestes a entregar, mas em tentar prescrever condições e provocar processos naturais. A evolução que aperfeiçoa sem cessar a arte de *desencadear processos elementares*, que sem a intervenção do homem permaneceriam virtuais e não teriam talvez nunca lugar, desemboca finalmente em uma verdadeira arte de “*fazer a natureza*”, ou, dito de outro modo, de criar processos “naturais” que não existiriam sem o homem e que a natureza terrestre parece incapaz de

realizar [...] O simples fato de que as ciências naturais se tenham tornado exclusivamente ciências de processos e, em última escala, *ciências de “processos sem retorno” virtualmente irreversíveis, irremediáveis*, indica claramente que não importa qual seja a potência cerebral necessária para desencadeá-los. A faculdade humana subjacente à origem desse estado de coisas não é uma faculdade “teórica” (contemplação ou ação): é a *faculdade de agir, de desencadear processos sem precedente cujo resultado permanece incerto e imprevisível* no domínio humano ou natural em que eles vão ocorrer. Nesse aspecto da ação [...] desencadeiam-se processos cujo resultado é imprevisível, de modo que *a incerteza, mais que a fragilidade, torna-se a característica essencial das ocupações humanas*.

Não há dúvida do quanto essa análise, com uma inacreditável presciência, aplica-se perfeitamente à convergência NBIC, principalmente no que concerne a dois pontos (DUPUY, 2006): primeiro, podemos dizer que a ambição de (re) *fazer* a natureza é uma dimensão importante do que “chamei de metafísica subjacente ao campo da pesquisa”; segundo, será uma tentação inevitável aos nanotecnologistas do futuro, para não dizer uma tarefa ou uma obrigação, “desencadear processos sobre os quais não tenham nenhum controle. O mito do aprendiz de feiticeiro deverá ser atualizado: não será por erro ou por terror que o homem estará despossuído de suas próprias criações, mas *intencionalmente*”.

4. TOMADAS DE AÇÕES DE RESPONSABILIDADE ÉTICA FRENTE ÀS INOVAÇÕES CIENTÍFICAS EM ESCALA NANOMÉTRICA

Dados os fatores que se impõem uma conduta ética perante o processo de fabricação e desenvolvimento de produtos e processos contendo nanotecnologias, tal conduta ética também desempenha um papel importante na regulamentação das nanotecnologias, tal como foi elaborado pela Comissão de Québec *L'éthique de la Science et de la Technologie* (2006). Ela começa a sua declaração de posição de “Ética e Nanotecnologia - uma base para a ação”, discutindo o estado da ciência das nanotecnologias, os possíveis riscos e os instrumentos reguladores, mas o principal foco é a questão ética. Por exemplo, a Comissão considera que as empresas devem proteger a dignidade humana não tratando os trabalhadores

como simples meios de produção, mas sim como pessoas cuja exposição aos materiais nocivos deve ser minimizada, especialmente, quando possíveis efeitos não são conhecidos. Quando nanomateriais são usados em aplicações em biomedicina, a comissão considera que os pesquisadores devem considerar as questões éticas tais como a confidencialidade de informações pessoais e respeito pelo consentimento livre e esclarecido.

Quando nanotecnologias são utilizadas em vigilância, controle biométrico ou detecção de substância em nome da segurança, a Comissão adverte que não devem ser usadas de uma forma que afete as liberdades civis. A Comissão também discute outras questões éticas, tais como a finalidade e o sigilo das aplicações militares, a legitimidade e a transparência do processo de tomada de decisão do governo, a justa distribuição mundial dos benefícios e riscos da nanotecnologia e se a nanotecnologia pode alterar, fundamentalmente, a identidade humana (através do reforço da *performance*) ou a relação humana com a natureza (através da modificação do ambiente).

O relatório da *Royal Society* (2004) inclui um enfoque sobre as implicações éticas e sociais da nanotecnologia, juntamente com sua discussão das questões científicas, observando, por ex. que nanomateriais em dispositivos capazes de coleta de informações pessoais não devem ser utilizados para comprometer as liberdades cívicas da população; o relatório considera também a possibilidade de que as nanotecnologias podem, primordialmente, beneficiar o bem estar das classes sociais, e que estas poderão agravar os problemas da divisão de classe. A instituição leva essas questões a sério, e recomenda que todos os cientistas que trabalham na área considerem as consequências sociais e éticas das nanotecnologias, como parte da sua formação.

A carta de política do *International Risk Governance Council* (IRGC, 2007), também, manifesta preocupação sobre se as vantagens das nanotecnologias irão favorecer um país em detrimento de outro, ou se certos países terão requisitos de segurança menores, a fim de obter uma vantagem tecnológica concorrencial. Outras preocupações éticas incluem, se a identidade humana será comprometida pelas nanotecnologias, bem como o que poderia

acontecer se “nanobio” híbrido escapar do controle humano. No documento sobre a abordagem de governança de risco do IRGC (2005), a aceitabilidade ética do processo e seu resultado é também enfatizada. Aceitabilidade ética é enfatizada no documento de governança em nanotecnologia do IRGC (2006) como boa, e também considera os riscos de segurança e políticos, tais como a distribuição desigual dos riscos e benefícios na comunidade internacional. Da mesma forma, o plano de ação da Comissão Europeia inclui consideração dos impactos sociais mais amplos, e recomenda uma análise ética da nanomedicina e um estudo do impacto provável da nanotecnologia na sociedade (EC, 2005). Por seu esquema/regime de comunicação voluntária, o *U.K. Department for Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA, 2006) especificamente desencoraja a geração de novas informações que exigiria a experimentação animal.

No artigo: ‘*Mind the gap*’: *science and ethics in nanotechnology*, MNYUSIWALLA, DAAR e SINGER (2003) vinculados ao Centro de Bioética da Universidade de Toronto, revelavam que a nanotecnologia seria a maior revolução do início do século XXI, um campo de rápida progressão, mas que apesar do impacto potencial e abundância de recursos, existiria escassez de pesquisa e publicações com implicações éticas, legais e sociais em relação à área. Nesse caso alertam: “À medida que a ciência salta à frente, a ética fica para trás. Há o perigo de descarrilamento das nanotecnologias se o estudo das implicações éticas, legais e sociais não alcançar a velocidade do desenvolvimento científico”. Para os pesquisadores, “a ética e a ciência estão em rota de colisão. Ao passarmos da ciência de ficção para a realidade surge um confronto similar ao proveniente da questão dos organismos modificados geneticamente.”

Inobstante suas muitas virtudes, o impacto que podem criar no futuro próximo na vida cotidiana, torna este um assunto que deve ser tratado com cautela. Essa precaução pode ser vista nos relatórios da Comissão Europeia (IÑIGO, 2012) a este respeito:

A nanotecnologia deve ser desenvolvida de forma segura e responsável. Seu progresso deve respeitar os princípios éticos e será necessário estudar cientificamente os seus riscos potenciais para a saúde, segurança e meio ambiente. Suas aplicações devem atender aos requisitos mínimos para

um elevado nível de proteção da saúde pública, segurança e proteção do ambiente e do consumidor. Devemos avaliar e ter em conta o impacto social de modo que será necessário manter um diálogo público com o objetivo de mostrar ao mundo que a nanotecnologia é uma ciência real e não meras demonstrações de ficção científica.

A linguagem da responsabilidade é presença constante em todos os documentos políticos da União Europeia em matéria de ciências e tecnologias em nanoescala (WICKSON e FORSBERG, 2014). Desde a sua primeira comunicação “Para uma estratégia Europeia para a Nanotecnologia” (EC, 2004), a Comissão Europeia sublinhou a importância do desenvolvimento da nanotecnologia de maneira “responsável”, o que implica a adesão a princípios éticos, sobre saúde, segurança, meio ambiente e as preocupações da sociedade em um estágio inicial, incluindo o diálogo com as partes interessadas e membros do setor público. Este sentimento foi ecoado e fortalecido através do posterior plano de ação, em que a estratégia global para a nanotecnologia foi caracterizada como segura, integrada e responsável (EC, 2005).

Estes documentos políticos foram seguidos pelo desenvolvimento de *Code of Conduct* (EC, 2008) específico para investigação responsável em nanociências e nanotecnologias, contendo os seguintes princípios fundamentais: significado, sustentabilidade, precaução, inclusão, excelência, inovação e prestação de contas. Além disso, devem respeitar os direitos fundamentais e serem conduzidas no interesse do bem-estar dos indivíduos e da sociedade, na sua concepção, execução, divulgação e utilização. Em essência, o código prega que as atividades de pesquisa precisam ser seguras, éticas, que contribuam para o desenvolvimento sustentável, estejam alinhadas com o princípio da precaução e atendam aos mais altos padrões científicos, além de indicar a prestação de contas que deverá ser feita não só por pesquisadores, mas também pelas instituições, no que diz respeito à investigação quanto aos impactos sociais, ambientais e de saúde humana.

Em paralelo, foi recomendado pela Comissão Europeia liderada pela *U.K. Royal Society, Insight Investment and the Nanotechnology Industries Association* (NIA), o “*Responsible NanoCode*” (2008), concebido em colaboração com um número

de empresas interessados na comercialização de nanotecnologias, com seguintes princípios caracterizadores: responsabilização e participação dos interessados, saúde e segurança do trabalhador, saúde pública, segurança e riscos ambientais, ambições sociais, saúde, implicações e repercussões éticas e ambientais, interação com parceiros de negócios, transparência e divulgação.

Além dos documentos políticos e iniciativas da indústria, organizações internacionais de *standards* também começaram a desenvolver atividades na área demonstrando interesse específico no avanço da inovação responsável na emergência das ciências e tecnologias em nanoescala. A *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) em 2006, criou grupo de trabalho sobre nanomateriais fabricados, que focou no desenvolvimento de cooperação internacional e de harmonização e testes de segurança ambiental e na saúde humana. Em 2007 (OECD) estabeleceu um grupo de trabalho mais amplo sobre a nanotecnologia com a intenção explícita de “aconselhar sobre questões de política de ciência, tecnologia emergente e inovação relacionada com o desenvolvimento responsável das nanotecnologias”.

Em 2005, a *International Organization for Standardization* (ISO) criou comissão técnica sobre as nanotecnologias (TC-229), com o objetivo específico de “apoiar o desenvolvimento sustentável e responsável da disseminação global destas tecnologias emergentes”, ao lado de facilitar o comércio global em nanotecnologias, garantir segurança ambiental e saúde, e promover as boas práticas na sua produção, utilização e eliminação (ISO 2011). O *European Committee for Standardization* (CEN) criou em 2004, comissão técnica sobre nanotecnologias (TC 352), manifestando compromisso específico de manter contato com as suas normas e coordenar os trabalhos que decorram em ambos ISO e OECD. Em 2011, o grupo de trabalho sobre “Aspectos comerciais das partes interessadas e outros” do CEN-TC-352 começou um novo item de trabalho específico sobre “desenvolvimento nano-responsável: integração de risco e avaliação do benefício na produção, comercialização e utilização das nanotecnologias, nanomateriais e/ou produtos que incorporam nanomateriais”. Esta iniciativa em desenvolver uma norma específica para o desenvolvimento responsável da

nanotecnologia (atualmente concebida formalmente como uma especificação técnica) ainda está em andamento.

No âmbito do Plano de Negócios da ISO/2011-TC-229, tem-se argumentado que os esforços internacionais de normalização irão “apoiar o desenvolvimento tecnológico, a aceitação social e a expansão de mercado” nas ciências e tecnologias em nanoescala para: *identifying gaps in knowledge* a) identificar as lacunas nos conhecimentos; b) identificar as necessidades e incentivar o desenvolvimento de instrumentos e métodos de ensaio para utilização em nanoescala; c) desenvolver métodos de ensaio para detectar e identificar as nanopartículas, e caracterizar materiais e dispositivos em nanoescala; d) desenvolvimento de protocolos de testes de toxicidade; e) o desenvolvimento de protocolos de avaliação de todo o ciclo de vida dos materiais, dispositivos e produtos em nanoescala; f) desenvolvimento de ferramentas de avaliação de risco relevantes para o domínio das nanotecnologias; g) desenvolvimento de protocolos de confinamento, a interceptação e destruição de nanopartículas e entidades em nanoescala; h) desenvolvimento de protocolos de saúde ocupacional relevantes para as nanotecnologias, em especial para as indústrias que lidam com nanopartículas e dispositivos em nanoescala; i) suporte da regulação na área das nanotecnologias; j) comunicação de suporte de informações precisas e quantificável sobre nanotecnologias.

Esta lista extensa demonstra a importância potencial das normatizações/padrões para moldar a investigação, inovação e política e destaca o papel que podem desempenhar não só para apoio e moldar o desenvolvimento técnico e harmonizado, mas também para a compreensão e regulamentação de impactos quanto à segurança relacionada à saúde humana e ambiental.

Os governos enfrentam agora o ato de equilíbrio entre apoiar as inovações em nanociências para o crescimento econômico futuro, enquanto também permitem aos cidadãos, influenciar nas orientações políticas para proteger a saúde, segurança e o meio ambiente. Mas como alcançar o equilíbrio legítimo neste ponto? A inovação tecnológica, por um lado não pode levar ao progresso sustentável em longo prazo, sem que a segurança e o meio ambiente sejam abordados em algum momento. Por outro

lado, estas preocupações não podem ser tratadas de forma eficaz na ausência do desenvolvimento de produtos e serviços decorrentes da inovação. Os dois estão inextricavelmente interligados. No passado, a inovação foi normalmente precedida de discussões sobre a saúde pública, levando à fiscalização e à regulação reativas. Em contraste, as nanotecnologias e outras tecnologias emergentes solicitam um pensamento novo sobre governança pró-ativa e “inovação responsável” (OWEN, 2009). No entanto, existe a preocupação de que o diálogo atual sobre segurança em torno das nanotecnologias e nanomateriais, em particular, seja apenas um complemento para o processo de inovação, em vez de integrante. Estas preocupações surgem, em parte, pelo duplo papel de promoção e vigilância tomado pelos governos que, inevitavelmente, têm interesse nos investimentos em nanotecnologias que levam à estimulação econômica.

Para HODGE, MAYNARD e BOWMAN (2014) reequilibrar a tensão inovação-regulação pode obrigar a reconhecer que as grandes áreas de desenvolvimento das nanotecnologias, como o avanço de *hardware* para as tecnologias da informação, podem envolver pouco novo risco em tudo, e continuará a ser manuseado com segurança pela indústria. Outras arenas, como o avanço da saúde e segurança ocupacional em locais de trabalho, onde existem nanopartículas recentemente projetadas, podem exigir um repensar considerável. Para os pesquisadores, encontrar novas maneiras de trazer os cidadãos nos processos de desenvolvimento de inovação tecnológica responsável é essencial para atingir um equilíbrio entre inovação e segurança.

Na Reunião Anual da *American Association for the Advancement of Science* (Associação Americana para o Avanço da Ciência – AAAS, na sigla em inglês), FRANKEL (2013), diretor do programa de Lei, Direitos Humanos e Responsabilidade Científica da AAAS, argumentou que os cientistas devem pensar profundamente sobre suas responsabilidades sociais e obrigações éticas nos seus resultados de pesquisa. De acordo com Frankel, os cientistas têm responsabilidades “internas” ou profissionais por suas pesquisas científicas, o que significa respeitar as “normas acordadas pela comunidade científica”. Além disso, Frankel argumentou que os cientistas têm responsabilidades externas, sociais “para a

comunidade em geral”, porque a investigação científica é muitas vezes financiada por dinheiro público. Para CORLEY, KIM e SCHEUFELE (2015) este é um exemplo recente de uma chamada para a responsabilidade social dos cientistas; no entanto, tem havido preocupações sobre a responsabilidade social da ciência ao longo da era moderna tardia.

Dentro do campo das ciências sociais, vários estudiosos têm alertado para um aumento da responsabilidade social e obrigações éticas dos cientistas na sua investigação. Além dos cientistas sociais e cientistas naturais, organizações profissionais e grupos também têm alertado para a responsabilidade social científica. Como exemplo, CORLEY, KIM e SCHEUFELE (2015) citam o *Committee on Scientific Freedom and Responsibility* da AAAS o qual observa que “as responsabilidades científicas surgem como resultado de um conhecimento especial do cientista, e da visão emergente do conhecimento”, concluindo que “as questões de liberdade e responsabilidade científica são basicamente inseparáveis”.

Também o *Committee on Science, Engineering, and Public Policy* (COSEPUP, 2009) da *U.S. National Academy of Sciences* publicou um guia de conduta responsável em pesquisa, intitulado “*On Being a Scientist*”. De acordo com as edições anteriores, publicadas em 1989 e 1995, este documento fornece uma visão geral dos padrões de responsabilidade na investigação. Ele aponta como resultados científicos influenciam grandemente a sociedade e porque agentes públicos, políticos e eleitores confiam na ciência ao tomarem decisões, assim, “os investigadores têm a obrigação de agir de forma a servir o público”. Além disso, o Conselho Consultivo Científico Nacional de Biossegurança (NSABB, na sigla em inglês, 2012) órgão ligado ao Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos, reconheceu o potencial da dupla utilização da ciência, sob o argumento de que “indivíduos envolvidos em qualquer fase da investigação das ciências da vida têm obrigação ética no sentido de evitar ou minimizar os riscos e danos que possam resultar do uso maléfico dos resultados da pesquisa”.

Não só os cientistas consideram cada vez mais ter responsabilidades éticas e sociais durante a sua pesquisa, estudiosos de outras áreas também têm argumentado que estes conceitos devem

ser uma parte essencial de formação e educação dos cientistas e engenheiros (ZANDVOORT, BORSEN, DENEKE e BIRD, 2013). No entanto, em departamentos tradicionais, os cientistas muitas vezes são levados a prosseguir o seu trabalho com o objetivo de avançar a ciência, o mais rapidamente possível, enquanto se afastam de lidar com os aspectos de não-ciência de sua pesquisa (como a política, a ética ou responsabilidade social). Na verdade, como assevera EVERS (2001), os cientistas são tratados como especialistas confiáveis porque sua pesquisa foi acreditada por ser baseada exclusivamente no método científico (separado de pontos de vista da sociedade). De acordo com essa visão de mundo tradicional, a principal tarefa dos cientistas é testar teorias e promover o avanço do conhecimento científico, enquanto a aplicação deste conhecimento (bem como a gestão de riscos) é deixada para a indústria, os decisores governamentais ou políticos.

Muitas organizações profissionais e governamentais estão desafiando essa visão de mundo tradicional, argumentando que as disciplinas científicas devem mudar a forma como os cientistas são treinados para melhor abordar questões de responsabilidade social (COLBY e SULLIVAN, 2008). Por exemplo, em 1999, a Conferência Mundial sobre a Ciência da UNESCO (2000) emitiu a “Declaração sobre a Ciência e o Uso do Conhecimento Científico”, propondo a inclusão da ética nos currículos científicos. A declaração afirma que a ética e a responsabilidade científica são partes integrantes do trabalho dos cientistas e, portanto devem ser uma parte primária da educação e da formação de todos os cientistas.

Enquanto várias declarações são projetadas para medir o sentido das responsabilidades sociais e éticas dos cientistas sobre suas pesquisas em geral, várias dessas estão focadas especificamente em questões de responsabilidade pela segurança dos trabalhadores com nanopartículas. Esse foco é importante porque uma das questões éticas mais urgentes em torno da nanotecnologia está relacionada com os potenciais riscos relacionados com a saúde (SCHUMMER, 2004), sendo um aspecto significativo que a regulamentação envolva a proteção dos trabalhadores quanto à exposição insalubre com nanomateriais (POLAND, DUFFIN, KINLOCH, MAYNARD, WALLACE, SEATON, 2008). Ademais, mesmo que desde 1970 a

U.S Occupational Safety and Health Administration (OSHA) exija que as empresas forneçam condições de trabalho livres de perigos, poucos são os regulamentos em vigor para proteger os trabalhadores de laboratório e de fabricação de nanomateriais. Embora o Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional dos Estados Unidos (sigla no inglês, NIOSH) seja responsável em investigar melhores práticas de segurança de trabalhadores com nanotecnologias, a instituição não emitiu regulamentos formais.

Assim, defendemos que um forte senso de responsabilidade social por parte dos cientistas, é desejável para a sociedade e para a ciência. A investigação científica pode ter um impacto significativo sobre o meio ambiente, a saúde dos seres humanos, desenvolvimento econômico, privacidade pessoal, de segurança nacional, e muitos outros aspectos da vida humana. Enquanto muitos campos da ciência e tecnologia podem ser usados para fins frutíferos, eles também podem ser destrutivos (IAC, 2012). Além disso, quando se trata de tecnologias que têm altos níveis de incerteza científica, as partes interessadas e envolvidas (por exemplo, o público, organizações profissionais e civis, cientistas e agentes públicos e políticos) esperam que os cientistas e engenheiros sejam responsáveis por suas pesquisas e seus impactos (FRANKEL, 1994).

Nesse sentido conveniente é o posicionamento de JONAS (2006) ao afirmar “que os novos tipos e limites do agir exigem uma ética de previsão e responsabilidade compatível com esses limites, que seja tão nova quanto às situações com as quais ela tem de lidar (...). O *homo faber* aplica sua arte sobre si mesmo e se habilita a refabricar inventivamente o inventor e confeccionador de todo o resto”. O ponto que se deve relevar agora e sempre é que a biologia, o desenvolvimento das pesquisas que mexem com a vida humana, a dignidade humana, tudo isso deve necessariamente estar subordinado a valores éticos. Esses valores devem prevalecer sobre os argumentos meramente utilitaristas ou sobre aqueles que pretendem tornar ilimitada a busca científica. Não foi outro propósito que levou MORIN (2005) a advertir:

A ciência, aventura desinteressada, cai nas malhas dos interesses econômicos; a ciência, aventura apolítica, tornase refém das forças

políticas, em primeiro lugar pelo Estado. Como a ciência moderna, pela própria natureza, é indiferente a qualquer consideração ética estranha à ética do conhecimento e à ética do respeito às regras do jogo científico, há uma cegueira de muitos cientistas em relação aos problemas éticos postos pela atividade científica. Essa cegueira é criada por um processo de cegamento inerente ao conhecimento objetivo. Husserl, numa célebre conferência feita há 70 anos sobre a crise da ciência europeia, mostrou que havia uma mancha cega no objetivismo científico; era a mancha da consciência de si.

Para o filósofo francês estamos numa espécie de *Titanic*. “É um mundo conduzido pela ciência, tecnologia, mercado e o lucro, que são motores poderosos, mas é um mundo ao qual falta ética, que é a única que possui uma bússola. Em lugar de sermos objetos passivos desse Titanic, temos que passar a sermos sujeitos, devolvendo à ética seu lugar central” (MORIN, 2005).

5. A CONDUTA ÉTICA-RESPONSÁVEL REAFIRMA A PROTEÇÃO DA DIGNIDADE DA PESSOA HUMANA, DA PRECAUÇÃO E DA INFORMAÇÃO.

Os direitos humanos da terceira dimensão em uma concepção de solidariedade em que as pessoas se obrigam umas com as outras, para garantir o bem-estar das gerações presentes e futuras, formados por direitos difusos, entre estes, o direito de viver em um meio ambiente saudável e não poluído, objetiva não admitir atividades que poluam o meio ambiente e o comprometam para as futuras gerações. A conquista desse direito ocorreu por movimentos ecológicos (ou verdes) preocupados com a vida em si, pois o meio ambiente saudável é essencial para a continuidade da vida na Terra (Silveira *et al.* 2015).

No entanto, a questão aqui proposta é um pouco diferente, pois ainda que necessite invocar o direito ao meio ambiente saudável, apenas este não é suficiente, vai além, considerando-se que as nanotecnologias incorporadas em diversos setores oferecem riscos e os testes de toxicidade são insuficientes. Nesse caso, torna-se imperiosa uma conduta ética/responsável por parte de quem explora esta e outras tecnologias, para preservar a dignidade da pessoa humana.

Portanto, o valor *ética-responsabilidade* entendido como o novo valor que concretiza a dignidade da pessoa humana, diante das necessidades dessa era tecnológica para além da solidariedade, reflete-se como um caminho, no plano de afirmação de valores, para garantir um progresso técnico e científico seguro à humanidade. Nessa linha, cumpre apontar que, a partir do valor/base dignidade da pessoa humana, novos valores são reconhecidos como importantes, concedendo lugar a novas construções jurídicas no sentido de ampliar a proteção humana. Por intermédio da ética é possível identificar uma série de direitos e princípios vitais para a transparência e o avanço da ciência, como no caso da difusão correta da informação científica ou até mesmo quando se assume desconhecer os impactos e efeitos colaterais das novas tecnologias e/ou experiências.

Pode-se notar, em termos de consumo, que a informação relativa ao uso da nanotecnologia em determinado produto não é fornecida ao consumidor. Todavia, faz parte de uma conduta ética a devida e adequada divulgação e, quando necessário, a ressalva do não conhecimento dos efeitos colaterais.

O direito à informação de forma clara e adequada dos produtos e serviços, inclusive sobre os riscos que apresentem, foi elevado à categoria de direito básico do consumidor, expresso no artigo 6º, III, do Código de Defesa do Consumidor. Para LOPEZ (2010, p. 191) “[...] a informação é instrumento obrigatório da aplicação dos princípios da precaução e prevenção,” o que nos permite afirmar que a informação se torna um meio de prevenir os possíveis riscos, sejam estes conhecidos ou hipotéticos.

A afirmação do valor *ética-responsabilidade* no cenário de desenvolvimento em série de novas tecnologias reflete na ampliação do direito para concretizar e reafirmar princípios como da dignidade da pessoa humana, precaução, informação, os quais, quando interpretados, não permitem condutas potencialmente prejudiciais ao bem-estar humano.

Conforme JONAS (2006, p. 351), uma das condições da ação responsável é assumir a responsabilidade pelo desconhecido. Isso é o que se entende por “coragem para assumir a responsabilidade”, de modo que “[...] o medo que faz parte da responsabilidade

não é aquele que nos aconselha a não agir, mas aquele que nos convida a agir.”

Destarte, convém deixar de considerar as nanotecnologias apenas como uma das “áreas de futuro” para o desenvolvimento de importantes avanços tecnológicos para também considerá-las como potencialmente perigosas, assumindo, em sua utilização, a responsabilidade pelo desconhecido.

Sobre a conduta ética, vejamos o que considera COMPARATO (2006, p. 509):

[...] O fim visado pelo agente, como acentuamos, deve ser em si mesmo bom, de acordo com o critério supremo da dignidade humana; [...] Para que a decisão seja eticamente justificável, é preciso proceder de forma prudente, isto é, com a previsão, tão exata quanto possível, da extensão e da intensidade dos bons e maus efeitos a serem produzidos, os quais devem ser sopesados em função de uma determinada hierarquia de valores.

Nesse sentido, no que se refere à dignidade da pessoa humana, é possível afirmar que cabe aos poderes estatais, bem como aos entes privados, defendê-la a partir de uma perspectiva de dever de cuidado recíproco, ou seja, de uns para com os outros, como sustenta SARLET (2009, p. 32):

[...] assume particular relevância a constatação de que a dignidade da pessoa humana é simultaneamente limite e tarefa dos poderes estatais e, no nosso sentir, da comunidade em geral, de todos e de cada um, condição dúplice esta que também aponta para uma paralela e conexa dimensão defensiva e prestacional da dignidade. Como limite, a dignidade implica não apenas que a pessoa não pode ser reduzida à condição de mero objeto da ação própria e de terceiros, mas também o fato de a dignidade gerar direitos fundamentais (negativos) contra atos que a violem ou a exponham a graves ameaças.

De outra parte, a dignidade como limite implica ainda na limitação de determinadas atividades que, embora permitidas, possam oferecer riscos à coletividade. Logo, pode-se entender que a figura dos direitos fundamentais (negativos) tem potencial para impedir ações, como, por ex., a colocação no mercado de consumo à disposição da sociedade, tecnologias cujos efeitos colaterais ainda não são descartados por meio de testes científicos e que podem acarretar danos.

Em atenção a esse novo quadro social de riscos invisíveis, ENGELMANN, ALDROVANDI e BERGER FILHO (2013) alertam:

É preciso antecipar – critério do princípio da precaução – o cuidado com o fomento da inovação acompanhada de riscos muitos dos quais ainda desconhecidos [...] a melhor atitude não é aguardar nem a ocorrência de um desastre e, muito menos, o surgimento de uma lei a partir da iniciativa do Poder Legislativo. O momento exige outras condutas que possam minorar no presente-futuro a caracterização da responsabilidade civil, penal e ambiental.

Assim, iniciativas antecipatórias de precaução devem ser tomadas antes da ocorrência de fatos danosos. Para tanto, podem ser consideradas ações como o controle dos riscos por parte dos interessados na expansão das nanotecnologias, a importante participação do Estado como ente fiscalizador do cumprimento dos preceitos fundamentais, bem como regulador dos requisitos de ética e responsabilidade como dever para concessão de fomento econômico direcionado ao desenvolvimento de novas tecnologias. Considerando, também, a participação da sociedade por meio do diálogo e da crítica nos espaços públicos e privados.

Desse modo, feitas essas reflexões sobre a nanotecnologia, no atual momento histórico da (pós)-modernidade, sob o enfoque dos direitos humanos, considera-se que o caminho continua sendo a afirmação da dignidade da pessoa humana como fundamento dos direitos humanos e valor primeiro ante os demais. Nesse sentido, cumpre utilizar-se da ética como o fio condutor para as ações nessa corrida sem fim pelo avanço tecnológico, pois como atesta COMPARATO (2006, p. 470): “[...] a mais importante de todas as espécies de razão é, sem dúvida, a razão ética, porque atua como guia ou governante da vida humana”.

Portanto, a razão ética como um valor que concretiza a dignidade da pessoa humana poderá auxiliar a ciência jurídica a conduzir o desenvolvimento tecnológico a um patamar de segurança, confiabilidade e sustentabilidade, afastando os riscos de um desenvolvimento tecnológico perigoso.

CONCLUSÃO

Desde várias décadas, senão há mais de um século, os cientistas tentam domar o infinitamente pequeno, plenamente conscientes de que é ao nível das moléculas, das partículas e dos átomos que se joga parte importante do jogo da vida e da própria composição e funcionamento do infinitamente grande, isto é, do universo. Essa busca resultou em enormes avanços científicos e materiais para a humanidade, assim como no deslançar de forças que chegaram a ameaçar a própria sobrevivência da civilização sobre o planeta, tanto sob a forma do holocausto nuclear como na perspectiva de uma guerra biológica ou química.

A nanotecnologia inaugura um momento histórico da humanidade, chamado por alguns cientistas: “*The New Industrial Revolution*”, mobilizando, fundamentalmente, as ciências da vida, sob a forma da biotecnologia, bem como uma gama multidisciplinar de ciências exatas e cognitivas que responde pelo nome de nanociência. As promessas revolucionárias da nanotecnologia, – comparáveis à introdução da revolução da eletricidade, da biotecnologia e da informação digital, poderá afetar profundamente as formas como as pessoas vivem, quão saudáveis são, o que produzem, como interagem e se comunicam com os outros, como produzem e utilizam novas formas de energia, e como defendem o meio ambiente, com incorporação de produtos e serviços em quase todos os setores industriais e áreas médicas, resultando na melhoria do desempenho humano através da integração de tecnologias, do aumento da produtividade, do desenvolvimento mais sustentável e de novos empregos.

Aliado ao fato das nanotecnologias serem revolucionárias, as mesmas prometem interferir, modificar e modelar qualquer característica do humano, do seu corpo e da sua mente, de acordo com sua própria conveniência, permitindo a manipulação genética e a terapia gênica, sendo o DNA o material ideal para quase todo fim. Neste ponto, levanta-se a questão da condição (identidade) humana, pois sua manipulação poderá desencadear processos sobre os quais não se terá nenhum controle. Nesse caso, torna-se imperioso o agir com ética e responsabilidade por parte de quem explora esta e outras tecnologias, para preservar a dignidade da pessoa humana.

É justamente pelas expectativas de impacto sobre o ser humano, seu corpo, sua identidade individual e social que as nanotecnologias são tomadas como revolucionárias, e é por levantar a questão da condição humana que o debate sobre a área adquire tamanha importância. Por isso, as partes envolvidas e interessadas no desenvolvimento nanotecnológico, desde os governos, indústria, laboratórios, cientistas, engenheiros, juristas, devem dar atenção às questões éticas inerentes à tecnologia, desempenhando um forte senso de responsabilidade social no desenvolvimento da ciência, mormente, em se tratando de tecnologias com alto nível de incerteza científica, somado ao fato de que a investigação científica pode ter um impacto significativo sobre o meio ambiente, a saúde dos seres humanos, o desenvolvimento econômico, a privacidade pessoal, a segurança nacional, e muitos outros aspectos da vida humana.

Concluimos inferindo o mesmo alerta que outrora muitas instituições fizeram aos governos e líderes da indústria, bem como aos cientistas, para que, se quisessem que o processo científico nanotecnológico continuasse a avançar rapidamente, de maneira segura e responsável, deveriam também dar atenção a questões éticas e às necessidades da sociedade, adaptando ou criando regulamentação jurídica específica, além da implementação de medidas acautelatórias (precaução e cuidado) com vistas a eliminar e gerenciar os riscos desde a fase inicial do projeto, e entendendo os riscos apresentados ao longo do ciclo de vida dos produtos e serviços, a fim de garantir o valor fundamental da segurança e outros direitos fundamentais (confiança, informação e sustentabilidade) às pessoas (trabalhadores e consumidores) e ao meio ambiente natural. É isto que se espera para que as nanotecnologias resultem em melhoria nas habilidades humanas, novas indústrias e produtos, resultados sociais e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALDAYE, F.A, PALMER A.L, SLEIMAN H.F. Assembling materials with DNA as the guide. *Science*, 2008, 321:1795-9.

ALLHOFF F. On the autonomy and justification of nanoethics. *Nanoethics*, 2007, 1, 185-210.

ARENDDT, H. **Condition de l'homme moderne**, Chicago, Calmann-Lévy, 1961.

AUBENQUE, P. **A Prudência em Aristóteles**. Tradução de Marisa Lopes. São Paulo: Discurso Editorial, 2003.

BURLESON, D.J., DRIESSEN, M.D., PENN, R.L. On the characterization of environmental nanoparticles. **J. Environ. Sci. Health Part A.**, 2004, 39, 2707-2753.

CHANG, K. Smaller Computer Chips Built Using DNA as Template, **New York Times**, November 21, 2003, disponível em <<http://www.nytimes.com/2003/11/21/science/21DNA.html?ex=1075525200&en=67948bd27029a142&ei=5070>>.

CHOI, A.O., CHO, S.J., DESBARATS, J., LOVRIC, J., MAYSINGER, D. Quantum dot-induced cell death involves Fas upregulation and lipid peroxidation in human neuroblastoma cells. **J. Nanotechnol.**, 2007, 5, 1-2.

CLIFT, R. Nanotechnology: an example of risk management and regulation in an emerging technology. In: **Proceedings of Special Session of the Joint Meeting: Potential Implications of Manufactured Nanomaterials for Human Health and Environmental Safety**, 2005. Disponível em: <<http://sei.nnin.org/doc/resource/clift%20report.pdf>>. Acesso em 25/09/2015.

COLBY, A., SULLIVAN, W.M. Ethics teaching in undergraduate engineering education. **Journal of Engineering Education**, 2008, 97, 327.

COMPARATO, F.K. **Ética: direito, moral e religião no mundo moderno**. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

COMTE-SPONVILLE, A.; FERRY, L. **A Sabedoria dos Modernos: dez questões para o nosso tempo**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

CORLEY, E.A.; KIM, Y.; SCHEUFELE, D.A.; Scientists' Ethical Obligations and Social Responsibility for Nanotechnology Research, **Sci Eng Ethics**, 2015: DOI 10.1007/s11948-015-9637.

CÓZAR ESCALANTE, J. M. de. Imaginar la nanotecnología, controlarla democráticamente, **Estudios Sociales**, 2009, 17 (34).

DREXLER, E. **Engines of Creation: the coming era of nanotechnology**. Nova York: Anchor Books Editions, 1986.

DUPAS, G. Uma Sociedade Pós-Humana? Possibilidades e Riscos da Nanotecnologia. IN: Neutzling, Inácio e Andrade, Paulo Fernando Carneiro (Orgs.). **Uma Sociedade Pós-Humana: possibilidades e limites das nanotecnologias**. São Leopoldo: Unisinos, 2009.

DUPUY, J.P. Os Desafios Éticos Das Nanotecnologias. **Interfacehs Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, 2006, v.1, n.2, Tradução 1, <www.interfacehs.sp.senac.br>.

ENGELMANN, W; ALDROVANDI, A; BERGER FILHO, A.G. A (Re) Leitura do Direito Natural a partir de John Finnis como Pressuposto Ético para Alicerçar “Programas de Cumprimento” sobre os Riscos das Nanotecnologias. In: Rover, A.J; Filho, A.S; Pinheiro, R.F. (Coord.). **Direito e Novas Tecnologias. Congresso Nacional do CONPEDI**, 2013, 22, São Paulo.

ETGES, N. J. Sociedade do Trabalho sem Trabalho: desemprego estrutural e emergência do novo. **Revista Perspectiva**, Florianópolis, n. 26, p. 13-38, jul.-dez.1996.

European Commission. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the Economic and Social Committee: Nanosciences and nanotechnologies: **An action plan for Europe 2005-2009**. B-1050, Brussels, 2005: Disponível em: <http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano_action_plan_en.pdf>.

European Commission. **Regulatory Aspects of Nanomaterials: Summary of Legislation in Relation to Health, Safety and Environment Aspects of Nanomaterials, Regulatory Research Needs and Related Measures**. Brussels, 2008: European Commission.

European Commission. **Towards a European strategy for nanotechnology**. (COM(2004)338). <[ftp://www.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_en_new.pdf](http://www.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_en_new.pdf)>.

European Committee for Standardization (CEN). **CEN/TC 352 “Nanotechnologies”**, 2004. Disponível em <<http://www.safenano.org/knowledgebase/standards/european-committee-for-standardization/>>. Acesso em 29/01/2016.

EVERS, K. **Standards for ethics and responsibility in science: An analysis and evaluation of their content, background and function** (Vol. 89).

Paris: The International Council for Science, 2001. Disponível em <<http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/standards-responsibility-science/SCRES-Background.pdf>>. Acesso em 26/01/2016.

FERRARI, A. Developments in the debate on nanoethics: traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *Nanoethics*, 2010, 4, 27-52.

FORNASIER, M. de O. Princípio da precaução e regulação do risco nanotecnológico: Consequências Econômicas, *EALR*, V. 5, nº 2, p. 296-314, Jul-Dez, 2014.

FRANKEL, M. S. **Science as a socially responsible community**. Bloomington, *In*: Poynter Center, Indiana University, 1994.

FRANKEL, M. S. **The social responsibilities of scientists**. Speech presented at the American Association for the Advancement of Science (AAAS) annual meeting, Boston, MA, 2013.

HODGE, G.A; MAYNARD, A.D; BOWMAN, D.M. Nanotechnology: Rhetoric, risk and regulation, *Science and Public Policy*, 2014, 41,1-14-
doi: 10.1093/scipol/sct029.

IÑIGO, E. **El mercado de La Nanotecnología en la República Checa**. Oficina Economica y Comercial de la Embajada de Espana en Praga, 2012: <<http://www3.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4639340>>. Acesso em 23/04/2015.

Inter Academy Council. **Responsible conduct in the global research enterprise**, 2012.

International Organization for Standardization. Business plan ISO/TC 229 Nanotechnologies, 2011. <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_229__Nanotechnologies_.pdf?nodeid=6507632&vernum=-2>.

International Risk Governance Council. **Nanotechnology Risk Governance: Recommendations for a global, coordinated approach to the governance of potential risks**. CH-1219 Geneva, Switzerland, 2007: Disponível em: <http://www.irgc.org/IMG/pdf/PB_nanoFINAL2_2_.pdf>.

International Risk Governance Council. **White Paper on Nanotechnology Risk Governance**. By Ortwin Renn and Mike Roco with Annexes by

Mike Roco and Emily Litten. CH-1219 Geneva, Switzerland, 2006. Disponível em: <http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_white_paper_2_PDF_final_version-2.pdf>.

International Risk Governance Council. **White Paper on Risk Governance: Towards an Integrative Approach**. By Ortwin Renn with Annexes by Peter Graham. CH-1219 Geneva, Switzerland, 2005. Disponível em: <http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance_reprinted_version_.pdf>.

INVERNIZZI, N; FOLADORI, G. Posições de Sindicatos e ONGs sobre os riscos e a regulação da nanotecnologia. **Vigilância Sanitária em Debate**, 2013, 1, 72-84.

JONAS, H. **O Princípio Responsabilidade: Ensaio de uma Ética para a Civilização Tecnológica**. Tradução Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.

LÉVY, P. **A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Loyola, 1998.

LIU, Y; YAN, H. Designer curvature. *Science*, 2009, 325:685-6.

LOPEZ, T.A. **Princípio da Precaução e Evolução da Responsabilidade Civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

MARTINEZ, D.S.T.; ALVES, O.L. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. Ano 65. Número 3. Ciência e Cultura. Temas e Tendências. Nanotecnologias, 2013.

MNYUSIWALLA, A.; DAAR, A. S.; SINGER, P. A. *Nanotechnology*, 2003, 14, 9. doi:10.1088/0957-4484/14/3/201.

MORIN, E. **O Método – 6. Ética**. Sulina, 2005.

NORDMANN, A. Molecular disjunctions: staking claims at the nanoscale. In: Baird D, Nordmann A, Schummer J, editors. **Discovering the nanoscale**. Amsterdam: IOS Press, 2004, p. 51-62.

OWEN, R. A new era of responsible innovation, **Planet Earth Online**, 19 October, 2009. <<http://planetearth.nerc.ac.uk/features/story.aspx?id=460>>. Acesso em 23/04/2015.

POLAND, C. A., DUFFIN, R., KINLOCH, I., MAYNARD, A., WALLACE, W. A. H., SEATON, A. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotechnology*, 2008, 3, 423-428.

PYRRHO, M., SCHRAMM, F.R. A moralidade da nanotecnologia. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2012, 28, 2023-2033.

Québec Commission de l'éthique de la science et de la technologie (QC). **Position Statement: Ethics and Nanotechnology - A Basis for Action**. Québec G1V 4Z2, 2006. Disponível em: <<http://www.ethique.gouv.qc.ca/IMG/pdf/Avisanglaisfinal-2.pdf>>.

QUINA, F.H. **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos**, *Química Nova*, São Paulo, 2004, v.27, n. 6, p.1028-29: Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso em 25/01/2015.

ROCO, M.C. Nanotechnology: from discovery to innovation and socioeconomic projects. *Chem Eng Process*, 2011, 171:21-7.

SARLET, I.W. As dimensões da dignidade da pessoa humana: construindo uma compreensão jurídico-constitucional necessária e possível. In: Sarlet, I.W.(Org.). **Dimensões da Dignidade: Ensaios de Filosofia do Direito e Direito Constitucional**. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.

SAVOLAINEN, K. (Coord.). BACKMAN, U.; BROUWER, D.; FADEEL, B.; FERNANDES, T.; KUHNBUSCH, T.; LANDSIEDEL, R.; LYNCH, I.; PYLKKÄNEN, L. **Nanosafety in Europe 2015-2025: Towards Safe and Sustainable Nanomaterials and Nanotechnology Innovations**, 2013: <http://www.ttl.fi/en/publications/Electronic_publications/Nanosafety_in_europe_2015-2025/Documents/nanosafety_2015-2025>.pdf. Acesso em 23/04/2015.

SCHRAMM, F.R. Bioética, biossegurança e a questão da interface no controle das práticas da biotecnociência: uma introdução. *Redbioética*, 2010, 1:99-110.

SCHUMMER, J. Societal and ethical implications of nanotechnology: Meanings, interest groups, and social dynamics. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 2004, 8, 1-29.

SILVA, M.B.da. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre

processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. **Impulso**, Piracicaba, 2003, 14, 75-93.

SILVEIRA, V.O.da; SANTOS, Q.R.C.dos. **Nanotecnologia à luz da ética e dos Direitos Humanos**. Joaçaba, v. 16, n. 1, p. 65-86, jan./jun.2015.

STIRLING, A. Risk, precaution and science: towards a more constructive policy. **EMBO Rep.** 2007, 8, 309-15.

The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Working party on nanotechnology: Vision statement, 2007. <<http://www.oecd.org/sti/nano/oecdworkingpartyonnanotechnologywppnvisionstatement.htm>>.

The Responsible Nanocode, 2008: Disponível em <<http://www.nanotechia.org/activities/responsible-nano-code>>.

THODEY, K, SMOLKE, C.D. Bringing it together with RNA. **Science**, 2011, 333:412-3.

United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs. **UK Voluntary Reporting Scheme for engineered nanoscale materials**. London SW1P 3JR, 2006: Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech/policy/pdf/vrs-nanoscale.pdf>>.

United Kingdom Royal Society and Royal Academy of Engineering. (2004). **Nanoscience and nanotechnologies:**

opportunities and uncertainties. **Science Policy Section, The Royal Society**, London SW1Y 5AG. Disponível em: <<http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>>. Acesso em 02/08/2015.

United Kingdom Royal Society, Insight Investment and the Nanotechnology Industries Association (NIA). **The Responsible NanoCode**, 2008.

United Nations Organization for Education, Science and Culture (UNESCO). **Science for the twenty-first century**. A new commitment, 2000.

United States National Academies of Sciences. **Review of the federal strategy for nanotechnology**: related environmental, health and safety research. Washington DC: National Research Council, 2009.

United States National Academy of Sciences Committee on Science, Engineering, and Public Policy (COSEPUP). **On being a scientist**: A

guide to responsible conduct in research. Washington, DC: National Academies Press, 2009: <http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/12192.pdf>. Acesso em 25/04/2015.

United States National Science Foundation. **Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science**, Roco, MC, Bainbridge, W.S (Eds.), (NSF Report, 2002): Disponível em <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/1/NBIC_report.pdf>. Acesso em 03/05/2015.

United States. National Science Advisory Board for Biosecurity (NSABB). **Enhancing responsible science: Considerations for the development and dissemination of codes of conduct for dual use research**. 2012.

VIEJA, M.T. L. Bioética y Derechos Humanos. In: Arruda, P. (Org.). **Direitos Humanos: Questões em Debate**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2009.

WARHEIT, D.B., BORM, P.J., HENNES, C., LADEMANN, J. Testing strategies to establish the safety of nanomaterials: Conclusions of an ECETOC workshop. **Inhal. Toxicol**, 2007, 19, 631-643.

WECKERT, J. MOOR, J. The precautionary principle in Nanotechnology. **Int J Appl Philos**, 2006, 20, 191-204.

WICKSON, F.; FORSBERG, E.M. Standardising Responsibility? The Significance of Interstitial Spaces, **Sci. Eng. Ethics**, 2014: DOI 10.1007/s11948-014-9602-4.

ZANDVOORT, H., BØRSEN, T., DENEKE, M., & BIRD, S. Editors' overview perspectives on teaching social responsibility to students in science and engineering. **Science and Engineering Ethics**, 2013, 19, 1413: Doi: 10.1007/s11948-013-9495-7.

ZEBROWSKI, R.L. Altering the body: nanotechnology and human nature. **Int J Appl Philos**, 2006, 20, 229-46.

Recebido em 18/11/2015.

Aprovado em 07/11/2016.

