

## **Nanotecnologias: “A ciência encontra, a indústria aplica, o homem se adapta”<sup>1</sup>**

### **Nanotechnology: “Science finds, industry applies, man adapts”**

**Patricia Santos Martins<sup>2</sup>**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil  
patricia.mart@hotmail.com

**Wilson Engelmann<sup>2</sup>**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil  
wengelmann@unisinos.br

#### **Resumo**

O artigo pretende analisar, a partir de dados conceituais, o significado das nanotecnologias, técnica e economicamente. A partir deste ponto, verifica por meio da doutrina do Direito e Economia, ou da Análise Econômica do Direito, os parâmetros do campo econômico passíveis de utilização, no ambiente das nanotecnologias, que sejam capazes de auxiliar a área jurídica a desempenhar seu papel com eficácia em um setor da economia em franco desenvolvimento em que não há marcos regulatórios específicos vigentes. Além disso, também integra a reflexão proposta, um histórico da reificação, utilização e exploração do homem enquanto simples bem da natureza a serviço da técnica, buscando demonstrar a importância de se recolocar o ser humano (e o meio ambiente) como foco central do desenvolvimento. À luz dos conceitos econômicos elencados pela Análise Econômica do Direito, verifica a eficiência na alocação de recursos, equilíbrio entre os agentes econômicos, possibilidades do indivíduo desenvolver-se com liberdade e segurança, e das organizações, enquanto ausentes marcos regulatórios específicos às nanotecnologias, se autorregularem, através de pactos que representem benefícios em termos de competitividade, acesso ao mercado internacional, maior efetividade e transparência das organizações em relação ao consumidor, priorizando a informação e credibilidade que normas de

<sup>1</sup> Este artigo é resultado parcial dos seguintes projetos de pesquisa desenvolvidos pelos autores: (a) “Desenhando modelos regulatórios para nanomateriais no Brasil a partir da adaptação de estruturas normativas internacionais: especificando o cenário para o diálogo entre as fontes do Direito e a juridicização dos fatos nanotecnológicos”: Bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq; (b) “Observatório dos Impactos Jurídicos das Nanotecnologias: em busca de elementos essenciais para o desenvolvimento do diálogo entre as Fontes do Direito a partir de indicadores de regulação às pesquisas e produção industrial com base na nanoescala”: Edital Universal 14/2014 – CNPq; (c) “As Nanotecnologias como um exemplo de inovação: em busca de elementos estruturantes para avaliar os benefícios e os riscos produzidos a partir da nanoescala no cenário da pesquisa e inovação responsáveis (RRI) e dos impactos éticos, legais e sociais (ELSI)”. Apoio a Projetos de Pesquisa/Chamada CNPq/MCTI N° 25/2015 Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas.

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, 93022-750, São Leopoldo, RS, Brasil.

reconhecimento internacional oferecem, reconhecendo-as como um patamar regulatório com eficácia jurídica.

**Palavras-chave:** nanotecnologias, direito e economia, normas ISO.

## Abstract

The article analyzes, based on conceptual data, the technical and economic significance of nanotechnologies. It then checks, through the doctrine of law and economics, or the Economic Analysis of Law, the parameters from the field economics that can be used in area of nanotechnology and are capable of assisting the legal area to play its role effectively in a sector of the economy that is developing rapidly and where there is no specific regulatory framework in force. It also integrates reflections on a historical framework of reification, use and exploitation of man as a simple good of nature at the service of technology, seeking to demonstrate the importance of putting human being (and the environment) at the core of development. In the light of the economic concepts listed by the Economic Analysis of Law, it discusses the efficiency in resource allocation, balance between economic agents, the individual possibilities to develop in freedom and security, and the possibilities for organizations, in the absence of regulatory frameworks specific to nanotechnology, to self-regulate themselves, through agreements that bring benefits in terms of competitiveness, access to international markets, greater effectiveness and transparency of organizations in relation to consumers, by prioritizing information and credibility that internationally recognized standards offer, recognizing them as legally binding norms.

**Keywords:** nanotechnologies, law and economics, ISO standards.

## Introdução

As nanotecnologias representam o foco das pesquisas e do desenvolvimento de produtos na atualidade. Esta é a razão por que importa refletir sobre seus conceitos, características e possíveis riscos ao ser humano e meio ambiente.

Sabe-se que no Brasil não há marcos regulatórios específicos, razão pela qual se busca verificar outros meios de regulação, inclusive quanto às especificações e conceitos adotados pela nanociência, que possam ser adotados pelas organizações, possibilitando fomentar as pesquisas e proporcionar, ao mesmo passo, segurança para o consumidor.

O presente estudo busca averiguar também o impacto econômico do desenvolvimento do setor nanotecnológico na sociedade, com base em dados divulgados que representam os investimentos do setor a nível mundial. Logo, da análise se buscará perceber quais os impactos econômicos que produtos nanotecnológicos (ou desenvolvidos a partir de nanotecnologias) produzem na economia e, a partir daí, verificar os vínculos entre a Economia e o Direito, que sejam eficazes no sentido de suprir a ausência de marcos ou, pelo menos,

minimizar os possíveis impactos negativos (prejuízos) para agentes econômicos não detentores da alocação de recursos nanotecnológicos.

Também se pretende, ao fazer um recorte histórico a respeito da utilização do homem como bem explorável da natureza, demonstrar que é necessário um retorno ao “Espírito de Filadélfia”, mencionado por Alan Supiot, para recolocar o ser humano como motivo pelo qual o desenvolvimento acontece, respeitadas suas características quanto ao sexo, cor, crença, dando-lhe liberdade e segurança.

Neste ponto, pretende-se estudar se a Análise Econômica do Direito contribui para que se possam analisar o ambiente econômico e os impactos derivados das nanotecnologias no que tange à alocação dos recursos e ao grau de preservação da justiça social, bem como do atingimento dos objetivos quanto às expectativas dos agentes econômicos. Esse motivo leva necessariamente a ponderar a conduta das organizações ao adotarem normas ISO e avaliar a possibilidade de conferir a estas normas eficácia jurídica que seja suficiente para demonstrar o comprometimento das organizações em preservar o bem-estar dos consumidores, enquanto não existirem marcos regulatórios específicos para as nanotecnologias.

Por fim, visa-se refletir que o mote central do desenvolvimento é o homem, que já foi entendido como simples bem da natureza e, portanto, passível de ser explorado e exterminado; na atualidade, diante da globalização e do cenário das nanotecnologias, quer-se verificar o comportamento do Estado no que tange à produção normativa e a iniciativa das organizações no sentido de se autorregular, abordando a eficácia jurídica e econômica das normas de adoção voluntária ISO, sob a perspectiva jurídica e também econômica, no que diz respeito ao equilíbrio na alocação de recursos e aos objetivos dos agentes econômicos.

## As nanotecnologias e o desenvolvimento econômico

As nanotecnologias, conjunto de diversas técnicas que possibilitam a manipulação da matéria em escala atômica (Dupas, 2009, p. 57), são responsáveis por grande parte do avanço tecnológico e científico da atualidade. Além disso, pela multiplicidade de aplicações, que determina seu caráter transdisciplinar, possibilitam oferta de grande quantidade de produtos no mercado consumidor (Leite *et al.*, 2015, p. 3).

O prefixo *nano* deriva do grego e significa “anão”; a escala nano indica que “1 nanômetro (nm) nada mais é que 1 bilionésimo de 1 metro (1 nm =  $1 \times 10^{-9}$  metros)”. Pode-se exemplificar a dimensão de 1 ‘nano’ de diversas formas: o tamanho é aproximadamente 100 mil vezes menor do que um fio de cabelo, 30 mil vezes menor do que um dos fios de uma teia de aranha ou, ainda, 700 vezes menor que um glóbulo vermelho (Borges *et al.*, 2014, p. 6-7).

A regulamentação do termo nanotecnologia parte de definições dadas pelo Comitê Técnico da Organização Internacional de Padronização (ISO – TC) e pela Iniciativa Nacional de Nanotecnologia nos Estados Unidos (NNI – *The National Nanotechnology Initiative*). “Para a ISO a definição compreende o controle da matéria e processos em escala nanométrica, mas não exclusivamente, é necessário o surgimento de fenômenos ligados ao tamanho, que permitam novas aplicações”, ou seja, para a ISO considerar um elemento “‘nanotecnológico’ não basta ter dimensões nanométricas, ele deve apresentar propriedades diferenciadas associadas à nanoescala” (Leite *et al.*, 2015, p. 5). A NNI considera apenas a escala entre 1 e 100 nm, em que o limite inferior é determinado pelo tamanho do átomo e o limite superior é determinado pela capacidade de “se modular propriedades até 100 nm” (Leite *et al.*, 2015, p. 5).

A nanociência, assim designada por compreender o estudo das nanotecnologias, da possibilidade de manipulação dos átomos na produção de melhorias das matérias cujas propriedades físico-químicas estejam ligadas à escala manométrica, não é recente:

Demócrito em 400 a.C. desenvolveu a teoria sobre atomística que foi concluída em 1913 por Ernest Rutherford e Niels Bohr; [...] entre 1934 e 1938, Lise Meitner, Otto Frisch, Otto Hahn e Fritz Strassmann estudaram os isótopos radioativos produzidos do bombardeamento do elemento químico urânio com nêutrons [...] desse estudo descobriram o fenômeno da fissão nuclear (Leite *et al.*, 2015, p. 6).

Em outras palavras, desde remotos tempos, o ser humano “manipulava materiais a nível nanométrico, mas não sabia que os efeitos obtidos eram devidos à nanoescala” (Leite *et al.*, 2015, p. 6).

Richard Feynman, em sua palestra “There is plenty of room at the bottom” (“Há muito espaço lá embaixo”), realizada no encontro anual da Sociedade Americana de Física no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em 29 de dezembro de 1959, abordou praticamente todos os conceitos importantes da nanotecnociência, embora não a tenha nominado desta forma (Borges *et al.*, 2014, p. 5). Segundo Leite *et al.* (2015, p. 8), o termo “nanotecnologia foi criado em 1974 por Norio Taniguchi da Universidade de Tóquio e foi usado para descrever a habilidade de se criar materiais em escala manométrica”. Todavia, nos anos 1980, o cientista Eric Drexler foi responsável por divulgar o termo nanotecnologia ao referir-se “à construção de máquinas tão pequenas que teriam escala molecular com poucos nanômetros de tamanho” (Borges *et al.*, 2014, p. 5).

Devido às diversas possibilidades de emprego das nanotecnologias, nas áreas de engenharia, química, física, biologia e informática (entre outras), pesquisadores de empresas e universidades em todo o mundo estão desenvolvendo nanomateriais, a fim de obter novos produtos que representem os avanços destas áreas, tais como materiais mais leves e mais resistentes, equipamentos com menor consumo de energia e melhor definição de imagem, medicamentos mais eficazes, de forma que a nanotecnologia tem sido o foco das pesquisas e do desenvolvimento em escala mundial (Leite *et al.*, 2015, p. 18). Interessante destacar a utilização da nanoescala na medicina, gerando a chamada “nanomedicina” e abrindo a possibilidade de criação de máquinas minúsculas capazes de reparar células; sistema de entrega de medicamentos; desenvolvimento de ferramentas baseadas em nanopartículas que se fixem em ou marquem moléculas

indicadoras de doenças; outras aplicações que usam as estruturas minúsculas para atacar vírus ou radicais livres causadores de inflamação; um curativo que começa a tratar a infecção imediatamente e cuja cor muda para alertar os médicos, entre tantas outras possibilidades que estão sendo desenvolvidas nos laboratórios de pesquisa (*National Geographic*, 2015, p. 60-61).

Respectivamente ao desenvolvimento, pode-se lançar mão de alguns dados para possibilitar a compreensão do que a escala nano representa em termos econômicos. “O mercado total de produtos que incorporam esta tecnologia atingiu US\$ 135 bilhões em 2007, em 2015 um valor próximo a US\$ 3,1 trilhões” (Leite *et al.*, 2015, p. 18).

Acredita-se que “os produtos terapêuticos de base nanotecnológica serão responsáveis por vendas que alcançarão US\$ 3,4 bilhões, incluindo sistemas de entrega de fármacos e liberação controlada” (Hohendorff e Engelmann, 2014, p. 25). Até o ano de 2008, os EUA investiram em nanotecnologias a importância de US\$ 3,7 bilhões, enquanto o Japão investiu US\$ 3,0 bilhões e a União Europeia, até 2013, já havia investido US\$ 7,5 bilhões (Leite *et al.*, 2015, p. 18).

Esta atração que as nanotecnologias têm produzido no campo econômico demonstra o quanto ainda é preciso refletir sobre a aplicação de recursos e o quanto se conseguiu conhecer/dominar, e, ainda, estipular graus de regulação à matéria, visando à administração de recursos com eficiência e ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, busca-se encontrar os possíveis vínculos existentes entre o sistema jurídico e o sistema econômico, respectivamente a liberdade de exploração das nanotecnologias, o fomento ao desenvolvimento econômico, o grau de eficiência na distribuição dos recursos, o bem-estar social e políticas públicas.

Contudo, ressalta-se que a reflexão a partir de uma análise econômica do Direito não pretende apresentar soluções prontas e matemáticas às questões que envolvem nanotecnologias e regulação; pelo contrário, segundo Salama (2008), os pontos centrais para o estudo do Direito e Economia estão basicamente fundamentados na busca de se atingir equilíbrio e eficiência, diante da escassez de recursos e da maximização racional dos indivíduos. Para Salama (2008), importa refletir sobre Direito e Economia de modo que, através da análise do texto normativo, se possa verificar se seus objetivos normativos estão corretos e, mais que isso, se os objetivos declarados são possíveis de serem atingidos.

Além disso, deve-se observar o impacto ou os efeitos que determinada lei pode causar diretamente na vida das pessoas, atingindo, distanciando-se ou maximizando seu bem-estar (Salama, 2008, p. 8-9).

Para Persio Arida, o elo entre a evolução normativa e a economia, bem como as inter-relações que os dois sistemas estabelecem devem ser observados nos seguintes pontos:

O pensamento econômico encontra dentro de seu próprio movimento os conceitos que lhe permitem captar o efeito da norma sobre a vida econômica; é também capaz de entender a evolução da norma como adaptação às vicissitudes da vida econômica ou como resultante da ação de grupos de interesse; não é, no entanto, capaz isoladamente de compreender a evolução da norma quando decorrente de dinâmicas normativas ou internas do próprio sistema jurídico (Arida, 2005, p. 12).

Em outras palavras, Arida quer dizer que, do ponto de vista econômico, o que tende a possibilitar a evolução normativa são as constantes alterações no campo econômico, porém não descarta a possibilidade de uma norma ser adaptada à realidade da vida, através de provocação de “grupos de interesse”; entretanto, não reconhece que seja adequado dizer que uma norma jurídica evoluiu e que tal evolução decorre de necessidades internas do sistema jurídico.

Sabe-se que, no Brasil, não há marco regulatório específico às nanotecnologias, e debates tem sido feitos no sentido de analisar o conjunto normativo e propostas legislativas em trâmite. Como resultado deste debate, cita-se audiência pública realizada em 29 de junho de 2015, em que representantes de diversos ramos da ciência manifestaram suas percepções a respeito da regulação em nanotecnologias.

Na referida audiência, representantes das comissões do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática da Câmara dos Deputados, juntamente com cientistas da Fundação Osvaldo Cruz, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, representantes do Legislativo e o professor e doutor Wilson Engelmann, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, discutiram sobre a regulação, sendo que foi lembrada a adesão do Brasil ao NanoReg<sup>3</sup>; além disso, pode-se verificar que há resistência das diversas áreas da ciência em torno

<sup>3</sup> NanoReg é um projeto europeu que trata da regulação internacional em nanotecnologia. Tal iniciativa envolve 64 instituições de 16 países europeus, além de Austrália, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão. Essa adesão foi aprovada pelo Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN), que envolve quase uma dezena de ministérios, dentre os quais MCTI, as pastas do Meio Ambiente, da Agricultura, de Minas e Energia, e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Monteiro, 2015).

da regulação, pois alega-se que ela poderá “travar as pesquisas e trazer impactos negativos para o Brasil”. Todavia, Engelmann afirmou que “o Brasil poderia valorizar melhor os seus grupos de pesquisas que atuam no setor de regulamentação. Nesse caso, citou a Unisinos, que reúne um conjunto de pesquisadores de várias áreas, segundo ele, muito parecido com o Nanoreg”. Além disso, ressaltou que o NanoReg recebe apoio financeiro da União Europeia e que os interesses do NanoReg devem atender às expectativas europeias e não brasileiras. Defendeu, assim, as propostas legislativas em curso na Câmara, considerando que sejam aos moldes de um “sistema aberto, exatamente genérico e abrangente para que possa ser modificado com o andar do conhecimento científico, sem a necessidade de um novo projeto de lei” (Academia Brasileira de Ciências, 2015). A reflexão proposta sobre regulação e os tipos de regulação importa também à economia, especialmente pelo motivo de se estar caminhando em direção à denominada “nanoeconomia”, como uma das modalidades das novas economias, que têm como característica o rápido avanço, a partir do momento em que surgem no contexto global (Canton, 2016).

Retomando-se as reflexões propostas por Arida, pode-se compreender que o programa econômico neoclássico considera uma norma a partir do efeito que gera sobre a alocação de recursos. Ele classifica as normas, segundo o ótimo de Pareto<sup>4</sup>, como: (i) norma como distorção; (ii) norma corretiva; e (iii) norma fundante, sendo (i) aquela editada a fim de impor valores que, por vezes, podem distorcer o equilíbrio de mercado, supondo-se que o equilíbrio de mercado, na ausência da norma, atenda ao ótimo de Pareto; logo, o impacto da norma é negativo do ponto de vista da geração de riquezas. O programa neoclássico considera (ii) norma corretiva aquela que, não havendo equilíbrio de mercado, seja capaz de corrigir as distorções – Arida, porém, observa que “normas reguladoras eficazes em determinados momentos podem se tornar obstáculos ao bom funcionamento do mercado em outras ocasiões” (2005, p. 15). E como (iii) normas fundantes como regramentos segundo os quais os contratos e mercados são estruturados. Nas palavras de Arida, “dissolve-se a figura do legislador abstrato de quem emanam normas corretivas ou distorcivas e surge em seu lugar uma pluralidade de legisladores sem propósito comum e que não agem necessariamente visando maximizar o bem-estar da socie-

dade” (2005, p. 16). Por fim, o autor refere que “a ênfase na adaptabilidade nos conduz naturalmente a [...] compreender a evolução da norma como uma consequência de inovações oriundas da dinâmica do próprio mercado ou como uma maneira de se apropriar de externalidades” (Arida, 2005, p. 16).

Arida questiona: “Como pensar normas editadas na contramão do que se desejaria?” e propõe que a resposta parta da premissa de que, em havendo ausência de normas, três são os fatores determinantes para seu surgimento ou evolução. Primeiramente, a pressão dos grupos de interesse ou, na linguagem dos economistas, “a ‘captura’ do Estado por interesses privados”; em segundo lugar, distorções nos processos de representação que comprometem a relação entre interesses dos eleitores e interesses de seus representantes; e, por fim, “a ignorância do legislador quanto aos efeitos econômicos das normas que promulga” (Arida, 2005, p. 16). Desta perspectiva se pode aduzir que a evolução socioeconômica em um cenário de ausência de marco regulatório cria um espaço de tensão social, responsável, por fim, por provocar uma produção normativa; em outras palavras, as tensões sociais derivadas do desvio do ótimo de Pareto é que são capazes de provocar o surgimento de uma norma (Arida, 2005, p. 19).

No caso específico das nanotecnologias e do cenário de ausência de marco regulatório, importa acrescentar reflexões (que perpassem a possibilidade de normas fundantes) sobre a relevância de atender às necessidades de desenvolvimento, visando encontrar soluções de mercado eficientes e mais rentáveis, sem deixar de observar as incertezas quanto aos riscos que envolvem as nanotecnologias.

Para Arida, o ponto relevante para a pesquisa econômica e jurídica encontra-se no fato de que uma norma jurídica pode existir e evoluir em razão de uma diversidade de fatores. Dessa forma, a historicidade da norma não é determinante para fundamentar, por exemplo, políticas públicas, mas sim a “sua possível interação com desdobramentos futuros da vida econômica” (Arida, 2005, p. 12).

Neste sentido, Arida explica, com conceitos trazidos da economia, que uma norma pode ser considerada benéfica quando indutora de comportamentos que levam ao ‘ótimo de Pareto’ e é nociva se dificulta a obtenção de condições que levam ao ‘ótimo de Pareto’. Assim, “escolhas valorativas devem ser realizadas

<sup>4</sup> O economista Vilfredo Pareto especificou como condição para a alocação ótima de recursos a situação na qual é impossível que todos os indivíduos ganhem como consequência de uma troca posterior, que é conhecida como condição de eficiência de Pareto. Assim, um estado da economia é eficiente no sentido de Pareto quando não há nenhuma possibilidade de se melhorar a posição de pelo menos um dos agentes dessa economia sem que com isso a posição de um outro agente seja piorada. Também é chamada de alocação ótima dos recursos de Pareto, otimização de Pareto, máximo de Pareto e critério de Pareto (Costa, 2005).

no interior do conjunto de alocações de recursos que atendem ao critério de Pareto” (Arida, 2005, p. 13).

Portanto, seguindo o pensamento de Arida, a gestão de recursos em consonância com parâmetros estipulados pelo critério de Pareto é que determina o grau de eficácia de uma norma e o quanto ela é benéfica.

Aplicando-se este pensamento ao contexto das nanotecnologias, necessariamente deve-se lançar luz sobre as incertezas que envolvem o contexto, com pesquisas em nanotoxicologia ainda incipientes. Engelmann afirma que “a nanotecnociência deverá inspirar-se nos limites humanamente construídos a partir da experiência, para avaliar os benefícios e riscos dos resultados produzidos” (2010, p. 262).

A preocupação com os riscos delas derivados advém essencialmente dos resultados de pesquisas que observam reações de nanopartículas e o respectivo grau de toxicidade. Estudos realizados em parceria por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas, do Laboratório Nacional de Nanotecnologia e do Instituto de Pesca do Estado de São Paulo mostraram que, em ambiente aquático, nanotubos de carbono, ao entrarem em contato com substâncias tóxicas como chumbo ou pesticidas, provocam um aumento expressivo da toxicidade para determinadas espécies de peixes. Como resultado final da pesquisa, obteve-se que “os nanotubos aumentam em até cinco vezes a toxicidade aguda do chumbo” (Ereno, 2014). Dados informados pela mesma autora indicam que à época, dezembro de 2014, a produção de nanotubos era da ordem de 20 toneladas por ano, em 600 diferentes tipos disponíveis no mercado para aplicações que envolvem nanocompósitos, concreto, energia, tintas especiais, aplicações médicas e ambientais. Isso indica a necessidade de se pensar no futuro e na regulação, além de aprofundar o conhecimento acerca do ciclo de vida do material e das formas de seu descarte (Ereno, 2014). Hohendorff e Engelmann (2014) também relatam pesquisa realizada com plantas de soja submetidas ao solo com materiais nanomanufaturados cujos resultados demonstraram que, no caso de “alguns nanomateriais são biodisponíveis para as plantas e têm o potencial de afetar drasticamente a produção de alimentos, restou provada a bioacumulação de nanomateriais” (2014, p. 79). Segundo os autores, “as nanopartículas representam novos riscos, porque possuem maior reatividade química do que as partículas maiores. Assim acabam tendo maior acesso ao nosso organismo, podem possuir uma maior biodisponibilidade e uma maior bioatividade” (Hohendorff e Engelmann, 2014, p. 72). Tal fato se deve às peculiaridades derivadas do “tamanho diminuto dos nanomateriais engenheirados que pode dotá-los de propriedades físicas, químicas e biológicas

inovadoras e úteis”. Segundo os autores, entretanto, “a alta reatividade, mobilidade e outras propriedades, que acompanham a matéria em nível molecular, podem gerar de maneira paralela níveis de toxicidade desconhecidos” (Hohendorff e Engelmann, 2014, p. 73).

Recente notícia no portal eletrônico GI (2016) divulgou que “cientistas da Universidade de Yale desenvolveram protetor solar capaz de bloquear raios ultravioleta sem penetrar na pele. A vantagem é que, dessa forma, o produto não entra na corrente sanguínea, evitando possíveis riscos para a saúde”. A conquista se deve ao fato dos pesquisadores terem “encapsulado um protetor solar comum, o padimato O, dentro de uma nanopartícula, estrutura minúscula normalmente usada para transportar medicamentos para dentro do organismo”. Segundo os pesquisadores, os testes foram realizados em porcos e camundongos, e os próprios cientistas reconhecem que os efeitos nocivos ao organismo humano ainda não são conhecidos.

Um dos autores do estudo, professor de dermatologia de Yale, Michael Girardi, “observa que há pouca pesquisa sobre os efeitos do uso do protetor solar na geração de moléculas conhecidas como reativas ao oxigênio, que são capazes de provocar danos nas células” (GI, 2016). Nas palavras dele, “protetores químicos protegem contra os efeitos diretos dos raios ultravioletas no DNA, mas não protegem contra os efeitos indiretos”. Além dele, também manifestou-se a pesquisadora Jessica Tucker, do Instituto Nacional de Imagem Biomédica e Bioengenharia dos Estados Unidos, entidade financiadora do estudo, no sentido de ressaltar “que o potencial risco para a saúde da entrada do protetor solar na corrente sanguínea ainda é pouco conhecido”, e afirma: “Todos sabemos dos benefícios do protetor solar, mas as potenciais toxicidades devido à penetração no organismo e à criação de agentes capazes de danificar o DNA não são bem conhecidas” (GI, 2016).

Por essa razão se deve refletir sobre as manifestações ocorridas na audiência pública em 25 de junho de 2015, no que tange às pressões de mercado e regulação, perguntando se atendem aos anseios de proteção e precaução em relação ao ser humano e meio ambiente.

### **“A ciência encontra, a indústria aplica, o homem se adapta”: o ser humano como um bem (explorável) da natureza**

“A ciência encontra, a indústria aplica, o homem se adapta” foi o *slogan* de abertura da Exposição Uni-

versal de Chicago em 1933, que, indiretamente, difundia uma “ideologia da gestão científica no humano” (Supiot, 2014, p. 14). Salienta-se que a difusão desta ideologia não se deu apenas em países totalitários, e mesmo países protestantes adotaram as leis da eugenia, com exceção do Reino Unido, “onde o parlamento resistiu à propaganda cientista” (Supiot, 2014, p. 14).

A Segunda Guerra Mundial teve por marco final “a experimentação de bombas atômicas sobre populações civis de Hiroshima e Nagasaki”, demonstrando que a “destruição industrial de massas humanas pode também fazer parte de regimes democráticos” (Supiot, 2014, p. 14-15). Portanto, em qualquer dos regimes vigentes à época, os indivíduos não possuíam nenhum direito absoluto (Supiot, 2014, p. 16); “tanto sob o comunismo como sob o Terceiro Reich, o Estado Legal era sempre exposto à intervenção das prerrogativas do estado de exceção”, e mesmo “o primeiro artigo do Código Civil da URSS dizia claramente: ‘a lei garante os direitos dos cidadãos, com exceção dos casos em que sua realização esteja em contradição com seus objetivos socioestatais’” (Supiot, 2014, p. 16).

A experiência histórica acabou mostrando que “o Estado totalitário é para o Estado de Direito o que a loucura é para razão: o fantasma de um poder sem limites que só pode se saciar com o assassinato” (Supiot, 2014, p. 18).

Neste período ocorreu um retorno ao pensamento de “uma ordem internacional civilizada”, necessariamente fundada no respeito aos direitos e liberdades universalmente reconhecidos, e tentou-se “lançar as bases normativas de um ideal de justiça comum a ‘todos os povos do mundo’” (Supiot, 2014, p. 18). Assim nasceu a Declaração de Filadélfia (1944), posteriormente a Declaração Universal de 1948, sendo que a primeira estipulava cinco pontos fundamentais, constantes também no preâmbulo da Carta das Nações Unidas e na Declaração Universal dos Direitos do Homem.

Dentre estes pontos, pode-se citar a ênfase de que os princípios não eram “revelações de um texto sagrado”, mas afirmados pelo homem; que tais afirmações decorriam da experiência com as barbáries e indizíveis sofrimentos impostos à humanidade; que, “tendo a experiência mostrado os efeitos mortíferos da reificação do ser humano, é preciso reconhecer que a ‘dignidade inerente a todos os membros da família humana’ constitui a base da liberdade, da justiça e da paz no mundo”; logo, “o princípio da dignidade obriga a ‘ligar os imperativos da liberdade e da segurança’ (para falar, crer, para que gozem segurança física e econômica); por fim, destaca-se um último ponto segundo o qual “este elo entre

liberdade de espírito e segurança do corpo conduz, enfim, a subordinar a organização econômica ao princípio de justiça social” (Supiot, 2014, p. 20-22).

Logo, idealizava-se na Declaração de Filadélfia “uma definição global e compreensiva da justiça social” (Supiot, 2014, p. 23):

Todos os seres humanos, quaisquer que sejam sua raça, sua crença ou seu sexo, têm o direito de perseguir seu progresso material e seu desenvolvimento espiritual na liberdade e na dignidade, na segurança econômica e com chances iguais (Supiot, 2014, p. 23).

A Declaração também idealizou uma justiça social como centro de qualquer política nacional ou internacional, de sorte que dispôs expressamente que todos os programas de ação e medidas, tanto no plano nacional como internacional, principalmente no plano econômico e financeiro, devem apreciar este ponto de vista e ser aceitos quando, e somente na medida em que, não obstaculizarem, mas facilitarem o cumprimento do objetivo fundamental (Supiot, 2014, p. 23).

Entretanto, as disposições da Declaração de Filadélfia são inversas à realidade atual de globalização, em que a justiça social acaba substituída pelo livre comércio e circulação de capitais; segundo Supiot “em lugar de indexar a economia às necessidades dos homens e a finança às necessidades da economia, indexa-se a economia às exigências da finança, e tratam-se os homens como ‘capital humano’ a serviço da economia” (Supiot, 2014, p. 23).

Neste sentido, propõe-se refletir sobre o quanto a evolução nanotecnológica está a serviço do bem-estar do homem e do meio ambiente ou o quanto o homem está a serviço dos interesses econômicos, que, segundo Arida, são defendidos por grupos de interesse que acabam por promover a “captura do Estado por interesses privados” (Arida, 2005, p. 16); especificamente no caso das nanotecnologias, procrastinando marcos regulatórios que promovam ou garantam, ainda que minimamente, a segurança das pesquisas e do desenvolvimento de produtos que já estão à disposição do consumidor.

A nova ordem mundial política e econômica difundida em todos os países ocidentais a partir da década de 1980, conhecida como neoliberalismo ou doutrina ultraliberal, promove a primazia da “ordem espontânea do Mercado”, todavia, “colocando a ordem espontânea do Mercado ao abrigo do poder das urnas”; ou seja, ela retirou o poder de repartição das riquezas bem como o dinheiro da esfera política, alegando que essa proteção seria necessária porque “populações ignorantes” não poderiam se imiscuir em leis da economia, uma vez que fogem ao seu conhecimento (Supiot, 2014, p. 30).

Há três pontos a serem salientados a respeito da doutrina ultraliberal, sendo o primeiro deles que, ao não reconhecer um elo entre a liberdade e a segurança material, a doutrina está reconhecendo que “a insegurança econômica dos trabalhadores e sua exposição ao risco são os motores de sua produtividade e criatividade”; em segundo lugar, ao não reconhecer a submissão da organização econômica aos interesses e objetivos sociais, faz da segurança financeira um imperativo categórico cujo respeito deve ser imposto aos Estados pelas instituições que escapam a qualquer controle democrático; em terceiro lugar, refutando a ideia de justiça social, reconhece que a “repartição do trabalho e de seus frutos precisa da ordem espontânea do Mercado e deve ser, assim, retirada da intervenção pública” (Supiot, 2014, p. 30-31).

Deste modo, pode-se dizer que, enquanto a Declaração de Filadélfia buscava promover o progresso social e assegurar melhores condições de vida com liberdade, a doutrina ultraliberal confronta os que não a adotam, buscando promover e

‘concretizar a concorrência’ em escala internacional, não só dos trabalhadores, mas também dos Direitos e das Culturas, defendendo o pressuposto de que cada país deve, enfim, tirar o melhor partido de suas supostas ‘vantagens comparativas’, o que implica eliminar ‘obstáculos regulamentares’ ao livre jogo dos mercados (Supiot, 2014, p. 33).

Assim, pode-se considerar que o resultado destes movimentos é o incentivo a que as organizações que representam o conjunto de alocações de recursos promovam a captura dos interesses do Estado, no intuito de defender seus próprios interesses e, no caso das nanotecnologias, no Brasil, ainda a manutenção da ausência de marcos regulatórios, segundo se pode extrair do resultado da audiência pública ocorrida em 25 de junho de 2015. Esse fato invariavelmente fomenta o desenvolvimento de novos produtos, que entram cotidianamente no mercado e acabam por integrar a vida dos consumidores, sem que sequer sejam informados.

Logo, a ausência de marco regulatório específico às nanotecnologias representa um desequilíbrio com relação ao Critério de Pareto, segundo o qual se pode analisar que, na ausência de marco regulatório e concomitante fomento ao desenvolvimento nanotecnológico, há um grupo de agentes da economia beneficiando-se da alocação das “riquezas nanotecnológicas” em detri-

mento de outra parcela de agentes em posição piorada (consumidores) (Arida, 2005, p. 15).

Ressalta-se, assim, a necessidade de se tratar sobre a Análise Econômica do Direito, escola nascida ainda no século XVIII, com Adam Smith, ao discutir os efeitos econômicos na legislação mercantilista; com Jeremy Bentham (1789), que indiretamente utilizava a economia para analisar a regulação de atividades não relacionadas ao mercado e, através de seus estudos, examinou sistematicamente como se dá o comportamento dos atores sociais, ao se depararem com incentivos legais e, assim, pôde avaliar os resultados de um estado medido através do nível de bem-estar social. Entretanto, diretamente a Análise Econômica do Direito foi introduzida por Ronald H. Coase (1960), que afirma que se os agentes envolvidos com externalidades puderem negociar (sem custos na transação) a partir de direitos de propriedade bem definidos pelo Estado, poderão chegar a um acordo em que as externalidades serão internalizadas (Monteiro, 2015, p. 1088).

Monteiro relata que Posner<sup>5</sup> lançou alguns fundamentos da Análise Econômica do Direito, entre os quais se destaca o objetivo de trazer segurança e previsibilidade ao ordenamento jurídico; a aplicação do Equilíbrio de Nash ou da Teoria dos Jogos<sup>6</sup> como meio para alcançar o princípio do equilíbrio; e o Ótimo de Pareto.

Para Monteiro, “o escopo (determinável e uniforme) do Direito é a busca da eficiência alocativa, atrelada sempre ao bem-estar do consumidor. Consequentemente, o grau de eficiência alocativa é diretamente proporcional ao bom fluxo das relações econômicas” (2015, p. 1090). Além disso, o mesmo autor refere que “cabe ao Direito os marcos regulatórios, diminuindo o risco a ser suportado, aumentando o grau de segurança e previsibilidade” (Monteiro, 2015, p. 1092) e que “a única função do direito é possibilitar a melhor eficiência alocativa, neutralizando as falhas. Caso não haja falhas, o mercado se responsabilizará pela alocação de recursos” (Monteiro, 2015, p. 1093).

Desse modo, a Análise Econômica do Direito preocupa-se com a determinação dos efeitos das normas legais e com a avaliação do grau de desejo dos efeitos dessas normas (Monteiro, 2015, p. 1093), podendo ser aplicada em casos concretos, pois tem como pressuposto maior “o aumento do grau de previsibilidade e eficiência nas relações intersubjetivas, próprias do Direito, a partir da utilização de postulados econômicos

<sup>5</sup> Richard Posner (1972), professor da Universidade de Chicago, um dos expoentes da Análise Econômica do Direito.

<sup>6</sup> Teoria dos Jogos é aquela em que a combinação de estratégias que mais provavelmente será escolhida pelos jogadores é aquela em que nenhum jogador pode se sair melhor do que o outro ao escolher a estratégia, e a estratégia de cada jogador deve ser a melhor resposta à estratégia dos demais (Monteiro, 2015, p. 1089).



para aplicação e interpretação de princípios e paradigmas jurídicos” (STJ, 2009, p. 8).

No julgamento do Recurso Especial nº 1.163.283 – RS, o Superior Tribunal de Justiça, através do Ministro Relator Luis Felipe Salomão, reconheceu que a análise econômica do Direito não pretende submeter as normas jurídicas à economia, “mesmo porque o Direito não existe para atender exclusivamente aos anseios econômicos” (STJ, 2009, p. 8), mas “visa a aproximação das normas jurídicas à realidade econômica, por meio do conhecimento de institutos econômicos e do funcionamento dos mercados” (STJ, 2009, p. 10), e que “a regulamentação jurídica pode influenciar empreendimentos econômicos e promover o desenvolvimento e a mudança social” (STJ, 2009, p. 10).

No contexto das nanotecnologias, aplicando-se a Análise Econômica do Direito a partir do parâmetro exposto por Ronald H. Coase de que os agentes envolvidos com externalidades possam negociar, de forma que externalidades sejam internalizadas e atendendo às expectativas do Critério de Pareto, em que a busca da melhor eficiência alocativa deve observar também a menor afetação ao bem-estar do consumidor, é sábio ponderar sobre os meios de autorregulação das organizações, como patamar regulatório mínimo das nanotecnologias, através da adoção de normas voluntárias, especificamente aquelas com reconhecimento internacional, cuja adoção é primordialmente determinada pelo Mercado (interno e externo) que exige padronização, competitividade e qualidade, aos moldes da ISO.

## As Normas ISO como ferramentas de negociação e meio de autorregulação em termos de nanotecnologias

A própria conceituação de nanotecnologias parte de uma terminologia imprecisa, fato que conduziu a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) a adotar a definição atual, com base nas orientações do Comitê 229 da ISO (International Organization for Standardization). A ISO é uma organização internacional de padronização, emissora de normas técnicas internacionais, de caráter voluntário, que visa garantir que produtos e serviços ofertados pelas organizações sejam seguros, confiáveis e de boa qualidade. Para as empresas, sua adoção representa uma ferramenta estratégica para a redução de custos, evitando erros e desperdícios, aumentando a produtividade e, conseqüentemente, proporcionando às empresas aceder a novos mercados, em

níveis competitivos. Assim, ela facilita as relações econômicas mundiais de modo livre e reduz a desigualdade (ISO, 2015a).

Leite et al. (2015, p. 5) referem que, “para regulamentar o termo nanotecnologia, existem duas definições, uma dada pelo Comitê Técnico da Organização Internacional de Padronização (ISO – TC)”.

A ISO emite normas de especificação, normas de gestão, dentre elas normas para gestão da qualidade e gestão de riscos. Tais normas definem padrões que devem ser utilizados, em nível mundial, independentemente do tipo de atividade das organizações, sejam elas públicas ou privadas, pois visam garantir ao consumidor segurança e qualidade adequadas; além disso, tais normas possibilitam assegurar que produtos e serviços tenham um padrão de qualidade, transparência nas informações de produção e credibilidade das normas no sentido de que apoiam a legislação de defesa do consumidor (ISO, 2015b).

As normas emitidas pela ISO são “documentos que fornecem requisitos, especificações, diretrizes e características que podem ser utilizados de forma consistente para assegurar que materiais, produtos, processos e serviços são adequados aos seus fins” (ISO, 2015c).

As normas surgem a partir de uma necessidade, que é passada então para um conjunto de especialistas componentes dos Comitês Técnicos que analisam a necessidade e desenvolvem o projeto de norma. Assim que o projeto tiver sido desenvolvido, seguem-se os passos ulteriores, de compartilhamento e votação pelos demais membros da ISO. Logo, com o consenso no resultado da votação, o projeto torna-se um padrão ISO (ISO, 2015c). A necessidade de padronização não é imposta pela ISO, a qual apenas responde a uma necessidade apontada através de um pedido da indústria ou de outras partes interessadas, por exemplo, um grupo de consumidores. Os integrantes dos comitês técnicos são peritos de diversas partes do mundo, especialistas da indústria, associações de consumidores, universidades e governos, chamados a negociar aspectos da norma, seu escopo e conteúdo (ISO, 2015c). Sediada em Genebra, Suíça, a ISO é uma organização sem fins lucrativos, composta por mais de 100 países-membros (D’Isep, 2004, p. 151). No Brasil “a ISO é representada pela ABNT”. Por esta razão, tendo natureza jurídica de ente privado, “todas as suas normas, aprovadas por consenso, são voluntárias, ou seja, a sua adesão não acontece por força de lei – embora alguns países, ao adotarem as normas ISO, tornem-nas compulsórias –, mas sim por pressões comerciais, sociais ou por mero ato de vontade” (D’Isep, 2004, p. 151).

Engelmann (2010, p. 320), ao tratar do *déficit legislativo* propõe uma nova forma de pensar a produção jurídica, que não necessariamente advenha da iniciativa estatal, apontando para a possibilidade de “acessar novos horizontes da produção do jurídico” (2010, p. 345). Logo, constatando-se que os conceitos de nanotecnologias e nanopartículas até então adotados pelos países e, especificamente, pelo Brasil através da ABDI, na busca de um consenso, são conceitos emitidos pela ISO, há que se verificar a possibilidade de que tais normas, inclusive as de gestão (de qualidade e riscos), sejam, em um primeiro momento, úteis às organizações que utilizam nanotecnologias e desenvolvem seus produtos a partir delas, no sentido de adotá-las e aplicá-las em todos os seus processos.

A Norma ISO 14001:2015 – Gestão Ambiental, tal como a Norma 9001:2015 – Gestão de Qualidade, possuem alterações em seus dispositivos e requisitos para incluir o pensamento voltado ao risco, “contribuindo para um enfoque mais estratégico, contemplando, além dos aspectos de impacto ambiental e identificação de riscos, os meios de controle e oportunidades a serem aproveitadas no que diz respeito à gestão ambiental” (Total Qualidade, 2015).

Do ponto de vista econômico, é relevante a adoção de normas ISO pelas organizações, pois, independentemente do porte das organizações, segundo Mello *et al.* (2009, p. 2-3), elas

possuem sistemas de gestão como por exemplo: financeiro, estratégicos, logístico, inovação, recursos humanos, produção e qualidade [...] estes sistemas são integrados, assim torna-se relevante o estabelecimento de referenciais baseados nas melhores práticas, que socializem as características específicas e permitam às organizações obterem melhores resultados.

Mello *et al.* (2009, p. 3) ainda referem que as normas ISO foram projetadas para se completarem mutuamente, podendo também ser utilizadas de forma independente; logo, é correto afirmar que dentro das organizações elas desempenham um papel de obter a máxima eficiência na alocação de recursos.

Juridicamente se está diante da autorregulação, ou seja, segundo Engelmann *et al.* (2013, p. 120), “um processo de regulação voluntária, instituído independentemente da regulamentação estatal, criada por atores não governamentais, inclusive por seu(s) próprio(s) destinatário(s), como é o caso das empresas”. Desse modo, a autorregulação, com base nos princípios e normas emitidas pela ISO, não representa apenas um interesse organizacional em manter-se economicamente

competitivo, mas também proporciona credibilidade de que seus processos e/ou produtos ocorrem ou são fabricados a partir de procedimentos orientados pelos princípios estabelecidos pela ISO, como melhoria contínua, e princípios de gestão de riscos aplicáveis ao caso, como a criação e proteção de valor (p. ex., a segurança e saúde das pessoas, conformidade legal e regulatória, proteção do meio ambiente, gerenciamento de projetos, eficácia nas operações, entre outros), integração de todos os processos organizacionais (demonstrando o comprometimento da administração com a gestão), integração da tomada de decisões, abordando explicitamente as incertezas, a natureza das incertezas e como elas podem ser tratadas; a gestão de riscos, que deve ser sistemática, estruturada e oportuna, colaborando para a eficiência e resultados consistentes e confiáveis; fundamentação nas melhores informações disponíveis, como dados históricos, experiências, previsões e observações de especialistas; consideração de fatores humanos e culturais, transparência e inclusão (Total Qualidade, 2015).

Refletindo sob a ótica da Análise Econômica do Direito, dentro da perspectiva da eficiência, alocação de recursos e bem-estar social, a adoção de normas técnicas voluntárias não apenas atende a uma exigência do mercado, mas também proporciona efetividade do ponto de vista da transparência das organizações em relação ao consumidor, e, poderia juridicamente representar liberdade (de pesquisa, desenvolvimento e consumo) e segurança (quanto aos riscos e informação ao consumidor), além de colocar o homem como ponto central de todo o desenvolvimento, priorizando a transparência, informação e credibilidade, como pretendiam os ideais da Declaração de Filadélfia ao dispor sobre uma definição global e compreensiva de justiça social em que todo ser humano, independente de raça, crença, sexo, etc. pudesse desenvolver suas competências no sentido de perseguir seu progresso com liberdade, dignidade, segurança econômica, e minimizando a atual reificação do ser humano.

No cenário de desenvolvimento de nanotecnologias, acredita-se que a adoção das normas ISO, especialmente a de gestão de riscos (ISO 31000), oportunize melhor adaptabilidade aos resultados das pesquisas que envolvem os riscos das nanotecnologias, uma vez que a gestão de riscos continuamente percebe as mudanças e reage a elas. Na medida em que acontecem eventos externos e internos, o contexto e o conhecimento se modificam, o monitoramento e a análise crítica de riscos são realizados, novos riscos surgem, alguns se modificam e outros desaparecem (Total Qualidade, 2015).

Além disso, a partir dos pensamentos de Ronald H. Coase, citados anteriormente, a adoção de um sistema de normas como as propostas pela ISO representa também a prova de que os agentes econômicos podem negociar, ajustando as “externalidades” de modo a atenderem expectativas e atingindo o equilíbrio proposto pelo Critério de Pareto, qual seja, a busca da melhor eficiência alocativa e a menor afetação do bem-estar do consumidor.

Engelmann *et al.*, ao tratarem da ausência de marcos regulatórios, referem a necessidade de “uma estratégia de supervisão do Estado sobre os mecanismos da autorregulação” (2013, p. 120). Trata-se de uma regulação em diferentes níveis, sendo que “cada camada regula a regulação da outra, em várias combinações de influência horizontal e vertical” (Engelmann *et al.*, 2013, p. 120).

Os mesmos autores fazem a seguinte observação:

O Direito, em diversos setores, passa por um momento de transformação no qual se amplia a influência da regulação transnacional, regulação técnica e da autorregulação privada em relação ao Direito predominantemente estatal. A concepção positivista, monista, centrada na territorialidade do Estado, fechada enquanto sistema formal e hierárquico [...] cede espaço para novas estruturas do Direito. Em questões envolvendo temas emergentes como direitos humanos, novas tecnologias, meio ambiente e comércio internacional, percebe-se uma pluralidade de formas de regulação, que pode ser descrita como uma rede complexa que envolve tanto as tradicionais normas estatais obrigatórias, providas de sanção, como novas manifestações do Direito, compostas por normas não obrigatórias conhecidas como *soft law*, desvinculadas dos processos formais de produção legislativa” (Engelmann *et al.*, 2013, p. 116).

O Brasil já deu alguns passos no sentido da regulação, aprovando, em 2014, a adesão ao projeto europeu NanoReg (Portal Brasil, 2014), que é “um projeto mundial que visa dar suporte técnico e científico a todas as questões de regulação em nanotecnologia” (Portal Brasil, 2014). Trata-se de uma iniciativa que conta com a participação de 64 instituições de 16 países europeus, além da Austrália, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão, e é coordenada pelo Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente da Holanda. Também está vinculada aos principais organismos globais que lidam com regulação, como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a Organização Internacional de Padronização (ISO) e a Agência Europeia de Produtos Químicos (ECHA) (Portal Brasil, 2014).

Além disso, o país tem, aprovado pelo Senado Federal e sancionado pela presidente, o Projeto de Lei da Câmara nº 77/2015, que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação, nos termos da Emenda Constitucional nº 85/2015, que, por sua vez, dispõe que o Estado promoverá, incentivará e proporcionará meios de colaboração entre iniciativa pública e privada, no sentido de fomentar o desenvolvimento científico, dando tratamento prioritário ao progresso da ciência com vistas ao bem público e apoiando a formação de recursos humanos através de condições especiais de trabalho, dentre outros aspectos (Nanolei, 2016).

Embora o referido projeto de lei não seja específico às nanotecnologias, pode-se verificar que seu conteúdo inclui as mesmas, posto que trata de priorizar a inovação tecnológica, demonstrando a preocupação do Estado de proporcionar, paralelamente, desenvolvimento e marcos regulatórios que possibilitem o desenvolvimento.

Em última análise, pode-se dizer que a adoção das normas ISO representa um interesse das organizações em pactuar a respeito de limites legais e voluntários com base nos quais irão empregar seus recursos e definir a sua atuação no mercado; juridicamente, isso pode implicar um pacto regulatório mínimo (tendo em vista a adoção se dar a partir de ato contratual) com eficácia jurídica entre as partes e, em alguns casos, com efeitos em face de terceiros (como, por exemplo, os compromissos que visam menor impacto social e ambiental das organizações). Já por parte do Estado, este movimento regulatório ainda é incipiente, mas demonstra o interesse de que haja desenvolvimento com eficácia na alocação de recursos, representando a própria iniciativa regulatória o equilíbrio entre os agentes econômicos.

## Conclusão

Conclui-se do presente estudo que as nanotecnologias são o foco das pesquisas e da captação de recursos para o desenvolvimento de novos produtos em grande parte dos países. Os recursos investidos estão na casa de milhões de dólares, o que representa um impacto significativo na economia.

Além disso, também foi possível verificar que os conceitos e especificações para nanotecnologias se fundamentam em normas emitidas pelo ISO (Organização Internacional de Padronização), que também emite normas de gestão de riscos, gestão ambiental e gestão da qualidade, amplamente adotadas pelas organizações visando a interesses de natureza econômica, ou seja,

competitividade, maior eficiência na oferta de produtos e serviços e produtos e serviços de melhor qualidade para o consumidor.

Contudo, no cenário das nanotecnologias verificou-se que há incertezas quanto aos possíveis riscos, motivo que levou a refletir sobre um ponto específico: os elevados investimentos e a ausência de marcos regulatórios específicos no Brasil. Logo, impôs-se a necessidade de lançar mão de conceitos da Economia para melhor entender os reflexos econômicos das nanotecnologias e os possíveis caminhos a serem trilhados pela área jurídica no sentido de possibilitar o desenvolvimento com segurança e eficiência.

A partir deste ponto, verificou-se que a Economia contribui para o mundo jurídico com conceitos como: melhor alocação de recursos, eficiência, justiça social e teorias como a do Critério de Pareto, para demonstrar que, num ambiente de ausência de marcos regulatórios, possivelmente haja um desequilíbrio econômico entre os agentes da economia que detêm a alocação de recursos em detrimento do grupo de agentes que não detêm a alocação de recursos, porém fomentam a economia através do consumo. Essa situação gera ineficácia e injustiça social, não proporcionando, conseqüentemente, aos indivíduos a devida liberdade e segurança em áreas em constante movimento, como a econômica e de desenvolvimento tecnológico.

Também se estudou a possibilidade de considerar a adoção de normas técnicas voluntárias nos padrões da ISO como um patamar regulatório mínimo com eficácia jurídica (posto que parte da negociação entre as partes – contrato), capaz de garantir aos envolvidos a internalização contratual de fatores externos (nanotecnologias), assegurando o compromisso de manter a transparência e credibilidade e o atendimento, ainda que de forma incipiente, de um patamar legal mínimo exigível.

Além disso, é possível verificar que, assim como as organizações buscam a autorregulação para garantir competitividade, eficiência e credibilidade no Mercado, o Brasil tem avançado no sentido de aprovar determinados parâmetros legais, nos moldes do Projeto de Lei da Câmara nº 77/2015, que possibilitem o desenvolvimento técnico e científico sob o olhar do Estado.

Logo, reconhece-se o impacto das nanotecnologias na economia, porém não se pode dizer, à luz dos conceitos econômicos, que enquanto há ausência de marcos regulatórios haja equilíbrio, devida alocação de recursos e justiça social. Por esse motivo se questiona: por que não reconhecer a eficácia jurídica de normas de adoção voluntária, uma vez que permitem ao consumidor melhor transparência e informação em relação ao

desenvolvimento de produtos dos quais já é consumidor? Acredita-se, após este estudo, que há possibilidades deste reconhecimento da eficácia jurídica na adoção das normas ISO, na medida em que a adoção voluntária tenha efeitos entre as partes (organizações e terceiros) nos aspectos da liberdade de contratar e na responsabilidade pelos efeitos de suas pactuações.

## Referências

- ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. 2015. Ciência quer equilíbrio entre conhecimento e legislação da nanotecnologia. Disponível em: [www.abc.org.br/article.php?id\\_article=4244](http://www.abc.org.br/article.php?id_article=4244). Acesso em: 21/09/2016.
- ARIDA, P. 2005. A pesquisa em direito e em economia: em torno da historicidade da norma. *Revista Direito GV* 1, 1(1):11-22. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/revdireitogv/article/viewFile/35258/34055>. Acesso em: 21/02/2016.
- BORGES, I.C.P.; GOMES, T.F.; ENGELMANN, W. 2014. *Responsabilidade Civil e Nanotecnologias*. São Paulo, Atlas, 168 p.
- CANTON, J. 2016. The Strategic Impact of Nanotechnology on the Future of Business and Economics. Disponível em: <http://www.global-futurist.com/dr-james-canton/insights-and-future-forecasts/strategic-impact-of-nanotechnology-on-business-and-economics.html>. Acesso em: 21/02/2016.
- COSTA, S.S.T. 2005. Introdução à economia do meio ambiente. *Análise: Revista de Administração da PUCRS*, 16(2):1-23.
- D'ISEP, C.F.M. 2004. *Direito Ambiental econômico e a ISO 14000*. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 186 p.
- DUPAS, G. 2009. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. In: I. NEUTZLING; P.F.C. ANDRADE, *Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo, Editora Unisinos, p. 57-85.
- ERENO, D. 2014. Interações Fatais: nanotubos de carbono combinados com chumbo ou pesticidas potencializam efeitos tóxicos em peixes. *Revista Pesquisa FAPESP*, 226. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/12/29/interacoes-fatais/>. Acesso em: 21/02/2016.
- ENGELMANN, W. 2010. A nanotecnociência como uma revolução científica: os Direitos Humanos e uma (nova) filosofia na ciência. In: L.L. STRECK; J.L.B. MORAIS (org.), *Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica*. Porto Alegre/São Leopoldo, Livraria do Advogado Editora/ Editora Unisinos, p. 249-265.
- ENGELMANN, W.; ALDROVANDI, A.; BERGER FILHO, A.G. 2013. Perspectivas para a regulação das nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis. *Vigilância Sanitária em Debate*, 1(4):115-127. Disponível em: <http://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/69>. Acesso em: 21/09/2016.
- GI. 2016. Com nanotecnologia, cientistas criam protetor solar que não penetra na pele. Disponível em: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/01/com-nanotecnologia-cientistas-criam-protetor-solar-que-nao-penetra-na-pele.html>. Acesso em: 21/02/2016.
- HOHENDORFF, R.V.; ENGELMANN, W. 2014. *Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do diálogo entre fontes do direito*. Curitiba, Juruá, 230 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2015a. Histórico da ISO. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home.html>. Acesso em: 21/02/2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2015b. ISO e Consumidores. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/about/iso-and-the-consumer.htm>. Acesso em: 21/02/2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2015c. Padrões. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>. Acesso em: 21/09/2016.

- LEITE, F.L.; FERREIRA, M.; OLIVEIRA JUNIOR, O.N. 2015. *Nanoestruturas: Princípios e aplicações*. 1ª ed., Rio de Janeiro, Elsevier, 278 p.
- MELLO, C.H.P.; SILVA, C.E.S.; TURRIONI, J.B.; SOUZA, L.G.M. 2009. *ISO 9001: sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços*. São Paulo, Editora Atlas, 256 p.
- MONTEIRO, V. 2015. Ciência quer equilíbrio entre conhecimento e legislação da nanotecnologia. *Jornal da Ciência*, 5206, 29 jun. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/edicoes/?url=http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/1-ciencia-quer-equilibrio-entre-conhecimento-e-legislacao-da-nanotecnologia/>. Acesso em: 21/02/2016.
- NANOLEI. 2016. Brasil: NanoInovação – marco regulatório de ciência, tecnologia e inovação é sancionado. Disponível em: <http://nanolei.blogspot.com.br/2016/01/brasil-nanoinovacao-marco-regulatorio.html>. Acesso em: 21/02/2016.
- NATIONAL GEOGRAPHIC. 2015. 100 Descobertas científicas que mudaram o mundo. Nanomedicina. São Paulo, Abril, edição 188-A, p. 60-61.
- PORTAL BRASIL. 2014. Comitê de Nanotecnologia aprova adesão do Brasil ao NanoReg. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/08/comite-de-nanotecnologia-aprova-adesao-do-brasil-ao-nanoreg>. Acesso em: 21/02/2016.
- SALAMA, B.M. 2008. O que é “Direito e Economia”? *Artigos Direito GV*, n. 22. Disponível em: [http://works.bepress.com/bruno\\_meyerhof\\_salama/19/](http://works.bepress.com/bruno_meyerhof_salama/19/). Acesso em: 21/02/2016.
- SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA (STJ). 2009. Recurso Especial nº 1.163.283 – RS (2009/0206657-6). Disponível em: <http://www.stj.jus.br/SCON/deciso/es/toc.jsp?processo=1.163.283&&b=DTXT&thesaurus=JURIDICO&p=true>. Acesso em: 21/02/2016.
- SUPIOT, A. 2014. *O Espírito de Filadélfia: a justiça social diante do mercado total*. Porto Alegre, Editora Sulina, 159 p.
- TOTAL QUALIDADE. 2015. As novidades da ISO 14001:2015 – Gestão Ambiental. Disponível em: <http://www.totalqualidade.com.br/2015/12/as-novidades-da-iso-140012015-gestao.html>. Acesso em: 21/02/2016.

Submetido: 26/02/2016

Aceito: 23/06/2016