

IMPACTOS SOCIAIS E JURÍDICOS DAS NANOTECNOLOGIAS

Organizadores

Wilson Engelmann

Haide Maria Hupffer



Casa Leiria



Este livro é o resultado da pesquisa e das relações interinstitucionais produzidas no âmbito do seguinte projeto de investigação científica:

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 nano escala;

Processo n. 441831/2014-1: Apoio a Projetos de Pesquisa/MCTI/CNPQ/Universal 14/2014

IMPACTOS SOCIAIS E JURÍDICOS DAS NANOTECNOLOGIAS

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

Reitor

Pe. Marcelo Fernandes de Aquino, S. J.

Vice-reitor

Pe. José Ivo Follmann, S. J.

CASA LEIRIA
Rua do Parque, 470
93020-270 São Leopoldo-RS Brasil

Telef.: (51)3589-5151
casaleiria@casaleiria.com.br

IMPACTOS SOCIAIS E JURÍDICOS DAS NANOTECNOLOGIAS

Organizadores

Wilson Engelmann
Haide Maria Hupffer



CASA LEIRIA
São Leopoldo-RS
2017

IMPACTOS SOCIAIS E JURÍDICOS DAS NANOTECNOLOGIAS

Editoração: Casa Leiria

Revisão : Eliana Rose Müller

Os textos e as imagens são de responsabilidade de seus autores.

ESCOLA
de Direito

DIREITO
MESTRADO
E DOUTORADO



**DIREITO DA
EMPRESA E DOS
NEGÓCIOS**
Mestrado Profissional

Ficha catalográfica

I34 Impactos sociais e jurídicos das nanotecnologias [recurso eletrônico]. / Organização Wilson Engelmann, Haide Maria Hupffer; Universidade do Vale do Rio dos Sinos. – São Leopoldo: Casa Leiria, 2017.

ISBN 978-85-9509-024-8

1. Nanotecnologias – Impactos sociais e jurídicos. 2. Investigação científica – Impactos jurídicos – Nanotecnologias. 3. Direito – Pesquisas e produção industrial – Nano escala. I. Engelmann, Wilson (Org.). II. Hupffer, Haide Maria (Org.). III. Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

CDU 34:66-965

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária: Carla Inês Costa dos Santos – CRB 10/973

Todos os direitos reservados.

A reprodução, ainda que parcial, por qualquer meio, das páginas que compõem este livro, para uso não individual, mesmo para fins didáticos, sem autorização escrita dos organizadores, é ilícita e constitui uma contrafação danosa à cultura.

SUMÁRIO

- 9 APRESENTAÇÃO**
Cleber Prodanov
- 13 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:
UM ROMPIMENTO DE PARADIGMAS**
Fernando Dal Pont Morisso
Vanusca Dalosto Jahno
- 39 A NANOTECNOLOGIA: DO FASCÍNIO AO RISCO**
Juliane Altmann Berwig
Wilson Engelmann
- 75 AS NANOTECNOLOGIAS: ENTRE AUTORREGULAÇÃO
E GOVERNANÇA**
Haide Maria Hupffer
Wilson Engelmann
- 107 COMO AS POSSIBILIDADES TRAZIDAS PELAS
NANOTECNOLOGIAS AFETAM A SOCIEDADE E A
(DES)NECESSIDADE DE IMEDIATA REGULAÇÃO**
Wilson Engelmann
Patrícia Santos Martins
- 127 NANOCOSMÉTICOS: REFLEXÕES SOBRE O DIREITO
À INFORMAÇÃO DO CONSUMIDOR E ASPECTOS
ÉTICOS DO DESENVOLVIMENTO**
Patrícia Santos Martins
Daniele Weber da Silva
Afonso Vinício Kirschner Fröhlhich
- 159 SOCIEDADE DE RISCO E NANOAGROTÓXICO:
REFLEXÕES SOBRE OS RISCOS INVISÍVEIS POSTOS À
MESA**
Haide Maria Hupffer
Maicon Artmann
Jeferson Jeldoci Pol
- 185 O DIREITO E OS NANOALIMENTOS: REGULAÇÃO,
RISCOS E INCERTEZAS**
André Rafael Weyermüller
Bruno de Lima Silva
João Alcione Sganderla Figueiredo

SUMÁRIO

- 207** **NANOMEDICINA, ESCOLHA PELO TRATAMENTO
NANOTECNOLÓGICO E DIGNIDADE HUMANA:
ENTRE A PERSPECTIVA DE SALVAGUARDA DA SAÚDE
DO INDIVÍDUO E A (IM)POSSÍVEL AFETAÇÃO AOS
DIREITOS FUNDAMENTAIS DA PERSONALIDADE**
José Eduardo de Miranda
Andréa Corrêa Lima
- 233** **NOVAS TECNOLOGIAS, ESTADO E DIREITO: (RE)
PENSANDO O PAPEL DO DIREITO ADMINISTRATIVO**
Dailor dos Santos

APRESENTAÇÃO

O Brasil é um dos países que mais se desenvolveram nos últimos cem anos. Várias áreas podem atestar esse crescimento, como, por exemplo, a industrialização de nosso país, que foi reforçada com a vinda dos imigrantes europeus entre os séculos XIX e XX, importante força impulsionadora dos processos industriais. Entretanto, somente com as políticas públicas de apoio à industrialização, a partir dos governos Vargas e Juscelino, formou-se um parque industrial, consolidado ao longo da década de 70.

Entretanto, esse processo todo provocou uma revolução industrial no país, projetando-o como uma das maiores economias mundiais, sem, no entanto, contar com uma efetiva revolução tecnológica. Industrializamo-nos, mas não realizamos o desenvolvimento de tecnologias que sustentem e ampliem esse processo. Ainda hoje, nos ramos mais modernos da nossa indústria, grande parte da tecnologia e dos avanços significativos vem do exterior.

Ao contrário dos países chamados de Primeiro Mundo, o Brasil promoveu um desenvolvimento econômico e industrial sem um processo de sustentação tecnológica ou de inovação, fazendo esse caminho sem pesquisa e desenvolvimento próprios. Salvo áreas como petróleo e sua produção em grandes profundidades e a agricultura tropical, para citar alguns exemplos, as outras atividades foram se desenvolvendo sem a sustentabilidade tecnológica e um programa nacional de pesquisa, desenvolvimento e transferência de

tecnologias dos centros de pesquisa e universidades para as empresas.

O Brasil funciona de modo contrário à Europa, ao Japão e aos Estados Unidos, onde os avanços do conhecimento foram gerados e financiados em uma estrutura triangular, tendo nas pontas a universidade, a empresa privada e o governo. Estes últimos apoiam com recursos a pesquisa aplicada e a sua transferência aos setores produtivos.

Cabe ressaltar que nem tudo em pesquisa, inovação e tecnologia é dinheiro, pois as políticas públicas têm papel importante para o desenvolvimento e a pesquisa, bem como a integração mais orgânica entre as universidades, as empresas e a sociedade. Nesse sentido, devemos trabalhar cada vez mais em nosso país, para aproximar a pesquisa e a universidade das empresas e das políticas públicas.

Somos um país de capitalismo tardio, industrialização tardia e criação tardia das universidades e centros de pesquisa, o que nos impediu de ver os processos andando juntos e funcionando em apoio mútuo. Cabe ressaltar, no entanto, que muitos governos têm se esforçado na criação de políticas de industrialização, pesquisa e inovação.

Além disso, algumas empresas sentiram há muito tempo essas necessidades e encontraram meios individuais de avançar, tendo o domínio científico e tecnológico. Entretanto, isso é muito pouco para um país como o nosso, que precisa de uma sólida política de tecnologia sustentada e transferência de tecnologia que, enquanto não se consolida, deve ser empreendida pelos diversos atores, principalmente as universidades e as empresas.

É nesse contexto que surge a necessidade de além, do desenvolvimento de novas tecnologias, estudá-las e entender o que elas representam para a sociedade, compreender também seus impactos socioeconômicos, ambientais, de saúde pública, entre outros. Para nos ajudar a fazer essa reflexão, o livro

Impactos Sociais e Jurídicos das Nano Tecnologias, organizado pelos professores e pesquisadores Wilson Engelmann e Haide Maria Hupffer, com o apoio do CNPq, vem em muito bom momento.

As novas tecnologias, especialmente aquelas na fronteira do conhecimento como as nanotecnologias, necessitam um olhar mais atento e maduro da comunidade científica, seja para conhecer, ampliar suas fronteiras de aplicação, como salvaguardar a sociedade e a natureza de seu impacto. Sem nenhum juízo de valor que condene ou exalte essa tecnologia, os textos possibilitam uma boa reflexão sobre as possibilidades e os limites de seu uso.

Uma excelente e oportuna leitura e um embasamento a novos estudos acerca das nanotecnologias e de outras ferramentas oriundas da capacidade humana.

Cleber Prodanov¹

¹ Doutor em História Social e educador. Pró-Reitor de Inovação da Universidade Feevale e ex Secretário de Estado de Ciência e Desenvolvimento Tecnológico do RS.

1

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: UM ROMPIMENTO DE PARADIGMAS

Fernando Dal Pont Morisso¹
Vanusca Dalosto Jahno²

-
- 1 Docente do Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale. Coordenador do Laboratório de Estudos Avançados em Materiais da Universidade Feevale. Contato: morisso@feevale.br
 - 2 Docente do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e do Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale. Coordenadora do Centro de Tecnologias Limpas da Universidade Feevale. Contato: vanusca@feevale.br

INTRODUÇÃO

Um paradigma é uma forma de ver o mundo. Uma maneira pela qual concebemos e tratamos as coisas. Um modelo coerente sobre o qual recaem as bases fundamentais de um conteúdo ou uma determinada disciplina do conhecimento científico, ou seja, trata-se de um modelo teórico que rege um campo da ciência (NOUAILHAT, 2010). Assim, lidamos com inúmeros paradigmas no nosso dia a dia e, neste contexto, paradigmas são alterados de acordo com o andamento do desenvolvimento do conhecimento. Para a nanociência não foi diferente!

Um grande exemplo de mudança de paradigma foi a palestra proferida em 1959, em uma Conferência da Sociedade Americana de Física pelo físico Richard Feynman, que, em 1965, recebeu o Prêmio Nobel em sua área. A palestra era intitulada *There is plenty of room at the bottom – An invitation to enter a new field in physics* (em tradução livre – “Existe muito espaço lá no fundo – Um convite para entrar em uma nova área da física”). Nesta palestra Feynman apresentou um novo paradigma, propondo, em outras palavras, que um sólido não era tão sólido assim. Isto, naturalmente, percebido em uma dimensão intermediária entre o átomo e o conjunto de átomos que se entende por sólido. Hoje a nanociência é definida como os processos com que a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico ao nível atômico, molecular e macromolecular estão relacionados (BEHARI, 2010).

Para seguirmos nesta discussão é preciso entender alguns conceitos. O prefixo “nano”, do grego, significa anão. Em termos numéricos, um nanômetro corresponde à bilionésima parte de um metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Como exemplo destas dimensões é possível dizer que, em média, um fio de cabelo humano apresenta diâmetro de 100.000 nm, enquanto uma célula

vermelha do sangue tem algo em torno de 7.000 nm. Alguns vírus apresentam-se com tamanho entre 45 e 200 nm. Já as ligações químicas entre átomos de carbono e outros espaços interatômicos estão na faixa de 0,12 a 0,15 nm. Além disso, dois conceitos precisam ser entendidos.

O ISO-TC (*International Organization for Standardization – Technical Committee*) define que algo acontece em nanoescala quando se tem o controle da matéria e dos processos que ocorrem tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nm em uma ou mais dimensões e quando estas são definitivas para a observação do fenômeno que gera uma nova aplicação; outra abordagem da mesma organização determina que a utilização das propriedades dos materiais em nanoescala difere das propriedades de átomos individuais, moléculas ou mesmo de matéria em grande quantidade e promove melhorias na aplicação do material, dispositivo ou sistema que explora estas novas propriedades.

No entanto, para que um dispositivo seja considerado nanotecnológico é necessário que, além de atender às questões de dimensão, também apresente propriedades únicas observadas em nanoescala. Em contrapartida, a definição apresentada pela NNI (*National Nanotechnology Initiative of the US*) determina que a nanotecnologia deve estar entre 1 e 100 nm como dimensão de referência. Os limites inferiores são definidos pela dimensão dos átomos utilizados na construção dos dispositivos, enquanto o limite superior é delimitado pela nossa habilidade em manipular a matéria até os 100 nm e na observação dos fenômenos que dela decorrem. Esta definição diferencia o que é ou está em nanoescala do que é ou está em microescala e preconiza que nanotecnologia se dá pela habilidade de projetar, construir ou manipular dispositivos, materiais ou funções em escala nanométrica (OLIVEIRA JUNIOR, 2016).

Em dezembro de 2006, a ASTM E 2456-06 apresentou a primeira definição formalizada do termo "nanotecnologia", que geralmente é compreendido como abrangendo nanotecnologia e nanociência. Mas a nanociência é o estudo dos fenômenos e manipulação dos materiais em escala atômica e macromolecular, diferenciando-se nas propriedades em relação aos de maior escala. Visa a compreensão desses efeitos e sua influência nas propriedades do material. Já as nanotecnologias, pela mesma ASTM, são conceituadas como um design, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas, controlando a forma e o tamanho na escala nm, visando estudar esses efeitos para criar estruturas, dispositivos e sistemas com propriedades e funções devido ao seu tamanho.

Diferentemente da construção e da manipulação em escala nanométrica, o reconhecimento da capacidade tecnológica da dimensão *nano* não exige um profundo conhecimento científico e, assim, a nanotecnologia já assumiu lugar de destaque nos meios produtivos e consumidores. Um aspecto importante relacionado a esta questão é o fato de os mercados terem se apropriado do termo *nano* de forma indevida, atribuindo-o, muitas vezes, a produtos ou composições que estão longe de poderem ser classificados como nanotecnológicos.

Por outro lado, muitos países têm investido valores bastante substanciais em pesquisa e desenvolvimento desta nova área do conhecimento e em uma série de planos e estratégias de investimento e desenvolvimento do setor. Neste sentido, a literatura apresenta e discute a necessidade de o investimento e o desenvolvimento caminharem juntos. Assim, hoje é possível encontrar aspectos relacionados à nanotecnologia em diversas áreas do conhecimento. Em vista destes investimentos e estratégias, atualmente são conhecidas inúmeras vias físicas e químicas para se preparar materiais em escala nanométrica e por

estas vias estes materiais são obtidos em diversas formas diferentes, como coloides (dispersões, emulsões, etc.), pós, tubos, fios e fibras, filmes, etc. Muitas destas apresentações já são velhas conhecidas do homem, mas a possibilidade de manipular a matéria de forma a obtê-la em escala nanométrica proporciona a observação de propriedades, funcionalidades e aplicações bastante diferentes das clássicas.

A Comissão Europeia (2011) definiu o termo nanomaterial, que se entende por um material natural, incidental ou fabricado, que contém partículas em um estado desagregado ou na forma de um agregado ou de um aglomerado, e em cuja distribuição seja de 50% ou mais das partículas, tenha uma ou mais dimensões externas nos tamanhos compreendidos entre 1 nanômetro e 100 nanômetros.

1. ALGUNS MÉTODOS E MATERIAIS NA ESCALA NANOMÉTRICA

Como temas isolados, cada uma destas tantas formas com que a matéria em escala nanométrica pode se manifestar podem dar a impressão de que se tratam de objetos específicos de trabalho de uma ou de outra área também específica da ciência, mas como manifestações nanométricas, todas elas estão sob o guarda-chuva da nanociência e da nanotecnologia. Assim, esta grande e nova área da ciência é entendida como multidisciplinar e incorpora técnicas físicas, químicas, biológicas e algumas híbridas para chegar aos seus objetivos. Estas vias de preparação são apresentadas de forma esquemática na Figura 1. No entanto, é importante ter em mente que a aplicação de cada uma destas vias de preparação depende do material que se quer preparar, da quantidade, do tamanho, da aplicação, etc. A Figura 1 não apresenta a totalidade das vias de preparação, mas oferece uma visualização do que é mais comumente utilizado (KULKARNI, 2015).

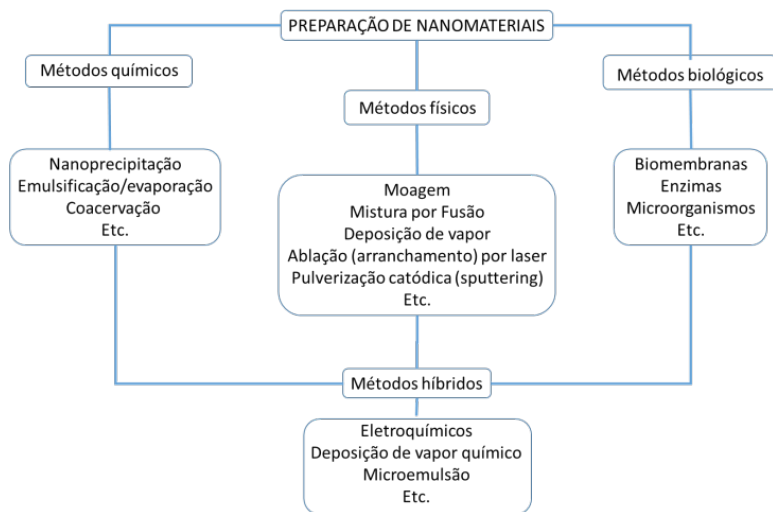


Figura 1: Diferentes vias de preparação de materiais nanométricos.

Caso se deseje, considerando que se tenha recurso para tal, preparar pós nanométricos de metais ou ligas metálicas, é possível utilizar um moinho de bolas, por exemplo. A parte principal deste tipo de moinho é composta por um compartimento onde são dispostas bolas, normalmente de aço duro ou de carbeto de tungstênio. Este compartimento tem tamanho compatível com a quantidade de material a ser processado e são utilizados tantos compartimentos quantos forem necessários para se chegar à dimensão desejada. Um compartimento com bolas grandes pode proporcionar uma moagem mais eficiente, mas também pode proporcionar defeitos do material preparado.

A presença de gases não especiais ou de ar não preparado previamente pode ser fonte de impurezas e outras variáveis do processo devem ser consideradas para que se alcance o resultado desejado. Podem ser processados metais como o cromo e o tungstênio ou ligas como as de alumínio-ferro ou prata-ferro, em quantidades de poucos miligramas até

vários quilogramas, com dimensões de poucos nanômetros até dezenas de nanômetros em tempos que variam de poucas até várias horas.

Também alguns polímeros podem ser processados por esta via, ao mesmo tempo em que cargas (materiais incorporados à matriz polimérica para agregar ou alterar propriedades, normalmente mecânicas) produzidas por moagem em moinho de bolas são utilizadas para variar propriedades do conjunto polímero/carga. O conjunto polímero/carga é chamado compósito e, conceitualmente, cargas têm origem inorgânica. As cargas, antes mesmo de serem incorporados a um polímero, podem ser obtidas por moagem em moinho de bolas. Cargas têm sido oferecidas comercialmente de forma bastante ampla e esta oferta tem chamado muita atenção para o caso dos compósitos poliméricos. Cargas produzidas com dimensões nanométricas a partir de moagem apresentam características bastante variáveis justamente devido à dimensão em que se apresentam e à alta relação volume/área superficial. Esta característica estrutural afeta propriedades do material polimérico em escalas maiores, na ordem de grama ou quilograma.

Um dos motivos de compósitos em geral serem preparados, é o fato de terem suas propriedades alteradas em relação ao polímero puro. As propriedades eletrônicas, ópticas e muitas vezes químicas do polímero são diretamente influenciadas pela dimensão nanométrica da carga, assim como pela dimensão do próprio polímero. A carga nanométrica pode ser dispersada de maneira diferente de uma carga macroscópica e, por isso, influencia efeitos colaterais da inserção da carga e o comportamento do compósito alterando suas propriedades mecânicas, por exemplo. Tanto polímero quanto carga têm sido moídos concomitantemente para comporem uma mistura física em processo que antecede, por exemplo, a fusão reacional, quando, então, o compósito é preparado de forma propriamente dita. A moagem em moinho

de bola apresenta como vantagens o fato de ser processada à temperatura ambiente, com misturas secas de pós, o que é muito mais amigável do que a utilização de altas temperaturas, de solventes perigosos e mecanismos complexos de polimerização. Neste caso, a literatura específica descreve a utilização de polietileno, polipropileno, poliestireno, poliésteres, poliamidas, poliéteres, poliimidazidas, etc., como objeto de moagem e preparação de nanocompósitos (aquele composto em que a carga tem dimensão nanométrica) (DELOGU, 2017).

Já os métodos que se dedicam ao uso da evaporação e dos fenômenos afins para a preparação de materiais na dimensão nanométrica proporcionam a obtenção de filmes finos, filmes multicamadas ou filmes nanoparticulados. Estes últimos são descritos como filmes formados por nanopartículas próximas o suficiente para manterem-se interagindo como agregados e na forma de filme. Um exemplo bastante comum deste tipo de tecnologia para a preparação de um filme fino é o processo de metalização com partículas de ouro para a visualização de amostras por microscopia eletrônica de varredura, uma das técnicas utilizadas para observação das características morfológicas de nanomateriais de diferentes naturezas.

Como metodologia preparatória de uma amostra para microscopia eletrônica de varredura, uma fina lâmina de ouro é submetida ao processo de pulverização catódica (*sputtering*) sobre a amostra que se deseja visualizar. O sistema lâmina de ouro/amostra é submetido a vácuo e, em determinado momento da rotina, por aplicação de alta voltagem, átomos da lâmina de ouro são projetados e acabam sendo depositados sobre a amostra, resultando em um filme fino nanométrico, condutor, que permite ao microscópio a geração da imagem por tratamento computacional. A Figura 2 apresenta um esquema de funcionamento de um equipamento metalizador uti-

lizado na preparação de amostras para microscopia eletrônica de varredura (DEDAVID, 2007).

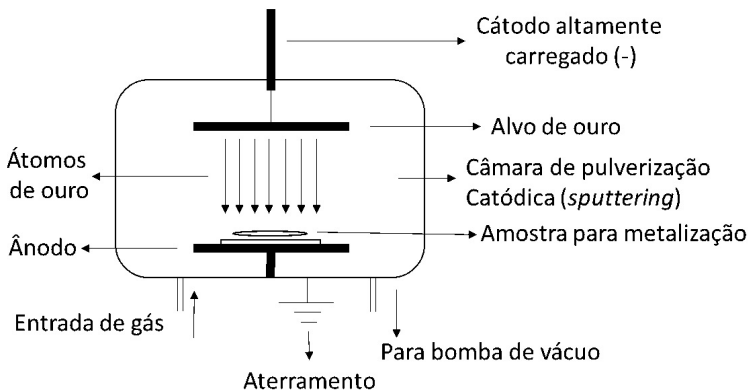


Figura 2: Esquema genérico de um equipamento metalizador utilizado na preparação de amostras para microscopia eletrônica de varredura.

Por outro lado, os métodos químicos de preparação de nanomateriais são relativamente mais baratos e menos exigentes em termos instrumentais do que os métodos físicos, proporcionam a obtenção de materiais em grandes quantidades, com diversos tamanhos e formas, normalmente em fase líquida que pode ser seca com certa facilidade, dentre outras características.

A preparação de coloides é um representante bastante expressivo dos métodos químicos de obtenção de nanomateriais. Os coloides são conhecidos e suas preparações bem desenvolvidas desde há muito tempo. Os sistemas coloidais podem ser descritos como coexistências de fases líquidas e gasosas (*fog's*), sólidas e líquidas (dispersões), líquidas (emulsões), gasosas e líquidas (espumas), etc. e, dentre tantas aplicações atuais, são muito importantes na área da farmácia e na subárea cosmética. Esta preparação é conceituada como aquela em que, em diferentes componentes coexistentes, pelo menos um apresenta dimensões menores do que um micrometro. Já na perspectiva nanométrica, um coloide tem

a mesma descrição, mas a dimensão das partículas componentes do sistema, sejam sólidas ou líquidas, deve ser nanométrica.

Exclusivamente com a intenção de situar o leitor, considerando somente as dispersões coloidais poliméricas, aquelas em que a fase sólida dispersa na fase líquida é um polímero, e visando somente métodos mais comuns de preparação, podem ser citados os métodos de nanoprecipitação e de emulsificação-
-evaporação do solvente, por exemplo.

A nanoprecipitação consiste na preparação de uma fase aquosa em que é adicionado um tensoativo e de uma fase orgânica preparada com um solvente solúvel em água, tensoativo, o polímero e um componente ativo que será incorporado na matriz polimérica ou encapsulado por ela. Ao se misturar as duas fases, a difusão do solvente promove o cisalhamento necessário à formação de partículas de dimensões nanométricas que, por mecanismos mais complexos e ainda com parâmetros desconhecidos, formam as nanopartículas poliméricas insolúveis em água. O solvente compatível com a fase aquosa é, então, evaporado naturalmente (por agitação ao ar) ou com auxílio de um equipamento evaporador, resultando na fase aquosa contendo as partículas nanométricas. À semelhança da nanoprecipitação, a emulsificação-
-evaporação do solvente também prevê a preparação de fase aquosa e de fase orgânica, mas a fase orgânica deve ser produzida com solvente insolúvel em água. A mistura destas duas fases e a aplicação de um processo auxiliar como dispersão com *ultraturrax* (dispersor específico de alta energia) ou com ultrassom leva à formação da emulsão. A emulsão deve ser submetida, neste momento, à evaporação do solvente utilizando os mesmos equipamentos da nanoprecipitação e, neste processo, são geradas as nanopartículas (SOUTO, 2012).

A natureza possui uma enorme quantidade de material intocado proveniente da flora e da fau-

na terrestre e marinha, de micro-organismos e de outros seres vivos. Estes materiais podem ser utilizados em substituição de reagentes químicos e processos físicos agressivos ao meio ambiente e são alternativas para tanto. Assim, os métodos biológicos de preparação de nanomateriais também merecem atenção, embora, em um primeiro olhar, o leigo possa não perceber o quanto estão presentes no nosso dia a dia, deixando para o meio acadêmico e científico o privilégio deste ponto de vista. Num primeiro momento, quando se menciona um processo biológico, o que nos vem à mente são condições delicadas, processos complexos e resultados tão complexos quanto, se não mais ainda. No entanto, a natureza não se ocupa somente das questões envolvendo matéria orgânica, mas dedica-se, também e naturalmente, à preparação de inorgânicos de diversas fontes e para diversos fins (dentes e ossos, por exemplo). E ainda estamos escrevendo, quase que somente, de questões relacionadas aos processos biológicos envolvidos com o corpo humano! Assim, o leitor pode imaginar a quantidade de processos ditos "naturais" que ocorrem com materiais não humanos e para fins também não humanos.

Muitos dos materiais preparados por agentes naturais como micro-organismos, plantas e animais podem ser obtidos em laboratório e em quantidades bem maiores do que as obtidas de forma natural usando os mesmos personagens que os produzem na natureza. Estes processos são chamados ecologicamente corretos (*eco-friendly*) ou processos verdes (*green-synthesis*). Um bom exemplo, dentre tantos, desta abordagem é a preparação de nanopartículas metálicas a partir de seus sais. Neste caso, um sal metálico em solução aquosa é misturado a um extrato vegetal de forma a manterem o maior e mais eficiente contato possível, o que pressupõe, no mínimo, agitação magnética. Esta mistura é deixada em contato e sob agitação durante alguns minutos e as partículas, não mais salinas, mas metálicas propriamente ditas, são

isoladas do meio por filtração seguida de centrifugação, por exemplo. Este tipo de procedimento não é tão simples quanto parece, pois encontrar a condição adequada de processamento e de extração pode não ser tão fácil. No entanto, uma vez encontrada, torna-se quase que mera repetição. Uma questão importante a ser pontuada neste tipo de procedimento é o fato de não se usar solventes químicos ou não em quantidades comuns nas rotinas químicas, nem tanta energia como nas rotinas físicas (SHAMAILA, 2016). Plantas utilizadas neste contexto são, dentre tantas, o cacau, o limão, alguns cogumelos, berinjelas, romã, babosas, gengibre, carambola, hortelã, etc. A Figura 3 ilustra esse processo.

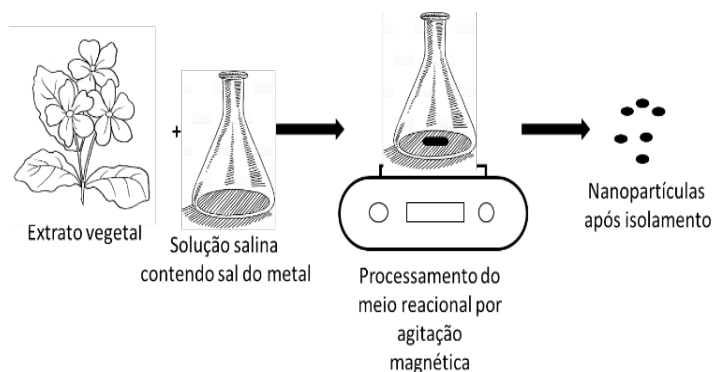


Figura 3: Esquema genérico de utilização de extrato vegetal na produção de nanopartículas.

Ainda na linha vegetal, um material que tem recebido muita atenção é a celulose. As celulosas de origem vegetal, utilizadas para a fabricação de papel, e as de origem bacteriana são utilizadas na preparação de cristais de dimensão nanométrica. Estes cristais são utilizados como carga biocompatível, por exemplo, tanto quanto podem ser utilizados como ferramentas auxiliares em processos analíticos. Como um exemplo de utilização de nanocelulose como ferramenta pode ser mencionada aplicação de derivados como fase estacionária de recheio de colunas cromatográficas.

tográficas (parte de um equipamento analítico promotor de separações muito utilizadas nos ambientes de laboratório). Neste caso, o material aceita bem a modificação química que permite, que os elementos de separação propriamente ditos sejam incorporados também por vias químicas. A partir daí, basta preencher a coluna metálica de contenção desta fase estacionária e utilizar no equipamento (RUIZ-PALOMERO, 2017). Um revés da utilização de nanocelulose é a quantidade de resíduos químicos que o processo gera, um tanto em desacordo com a ideia de processo verde.

Na área da saúde também encontraremos muitos dos exemplos de materiais e técnicas mencionados antes. Hoje o termo nanomedicina é relativamente bem conhecido, mesmo que os usuários não detenham exatamente a extensão do conceito. Por outro lado, este não é um conceito recente. Em 1966, Isaac Asimov, no filme *Viagem Fantástica* propunha que um microdispositivo tripulado poderia viajar no interior do corpo humano a fim de resolver problemas sanguíneos no cérebro de um paciente. A dimensão nano reside no fato de que, se o transporte era micrométrico, quem o pilotava e o que operava era nanométrico. Atualmente não são os dispositivos, mas os meios, por exemplo, que estão atuando em escala nanométrica na medicina. Um meio celular não cresce da mesma forma em uma placa de vidro estéril e em uma placa com rugosidade compatível com a dimensão do meio original da célula. Também instrumentos recebem revestimentos nanométricos para que suas vidas úteis e suas funcionalidades sejam ampliadas (ROSSI-BERGMANN, 2008).

Outro aspecto importante relacionado à área da saúde é o do diagnóstico. Neste sentido, um diagnóstico deve ser rápido, confiável, específico e preciso, permitindo o mínimo de falsos resultados possíveis. O avanço tecnológico para o desenvolvimento de técnicas e sensores, por exemplo, torna possível ava-

liar amostras cada vez menores e mais rapidamente do que jamais foi possível, devido à dispositivos de diagnóstico *in vitro* miniaturizados. Estes dispositivos apresentam-se integrando muitas funções e expressando as características mencionadas anteriormente como desejáveis. No entanto, estes dispositivos não estão somente em salas de operação ultrassofisticadas, mas sim já na rua em um "bafômetro" ou em um equipamento portátil para medida de glicemia e são capazes de medir concentrações de íons, moléculas pequenas e até testar sequencias específicas do DNA (FILIPPONI, 2013). Outro exemplo destes dispositivos são os que se utilizam de pontos quânticos, materiais nanométricos semicondutores que apresentam comportamentos quânticos, principalmente no que diz respeito à emissão de luz, são utilizados para este tipo de acompanhamento. Nanopartículas biocompatíveis de ação específica, como rompimento controlado de acordo com o pH do meio em que se encontram, já são amplamente utilizadas para levar fármacos seletiva ou até mesmo especificamente ao local de tratamento no corpo humano (ROSSI-BERGMANN, 2008).

Os sensores nanométricos não estão somente na área da saúde e uma série de dispositivos tem sido apresentada ao público mais ou menos específico. É possível colocar o assunto da seguinte forma: a nanotecnologia revolucionou a área dos sensores eletromecânicos e opto-eletromecânicos da mesma forma que o silício o fez, quando trouxe estes dispositivos para a dimensão microscópica. Muitos dos sensores nanométricos eletromecânicos funcionam baseando-se na frequência de vibração de nanotubos de carbono, à semelhança de *cantilevers* (haste presa somente em uma das extremidades, com liberdade de movimento vibracional, à semelhança grosseira de um trampolim de piscina) de silício, promovendo uma detecção de alteração de massa, por exemplo, com níveis altíssimos de sensibilidade e em tempo real (BOGUE, 2009).

Atualmente sensores nanométricos aparecem em um sem número de áreas, bastando uma busca rápida por termos como *nanosensors*, em bases de dados como *Science Direct* que, até o final da redação deste trabalho, mostrava um total de 5.979 itens, dos quais 19 programados para publicação em 2018, 823 publicados em 2017 e 726 em 2016. Do total de itens publicados e programados para publicação, 581 eram artigos de revisão sobre o assunto e 4.204 eram artigos originais de pesquisa. O restante dividia-se em enciclopédias, capítulos de livros e outros.

É interessante como muitos destes itens estão relacionados à área de alimentos, com 1.307 chamadas para o cruzamento das palavras chave *nanosensor* e *food*. Outros 804 itens foram encontrados por cruzamento das palavras chave *nanosensor* e *pharmaceutics*. Mil duzentos e vinte e oito itens foram encontrados com as palavras chave *nanosensor* e *electronics*, e 633 itens por cruzamento das palavras chave *nanosensor* e *optics*.

2. ASPECTOS REGULATÓRIOS E SUAS ORIGENS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

O assunto é tão vasto quanto a imaginação e os recursos podem permitir e se considerarmos que o tema é cientificamente recente, certamente ficaremos impressionados com a possibilidade de onde será possível chegar.

Mas um outro aspecto que é necessário ser questionado é: para onde vai tudo isso que não vemos, que dizemos ter propriedades diferentes das macroscópicas e que se não tomarmos cuidado na manipulação, não temos certeza das consequências que podem trazer ao organismo humano?

Em material recente, a literatura demonstra preocupação com o marco regulatório europeu relacionado com a área de cosméticos que, mesmo quase finalizado, ainda sofre muito ceticismo e a necessi-

dade de se tratar caso a caso, o que complica muito as atividades de fiscalização e, conseqüentemente, manipulação, dispensação, comercialização e uso propriamente dito (MUSAZZI, 2017). Uma das críticas que este trabalho apresenta diz respeito ao fato de o controle estar muito relacionado ao tamanho das partículas e ao fato de que não leva em consideração as características físico-químicas do material, que mesmo em tamanhos maiores do que 100 nm, podem acarretar prejuízos severos aos seres e ao ambiente. No entanto, esta é somente uma manifestação de preocupação com a conduta dos setores governamental e produtivo.

Outra manifestação desta natureza presente na literatura preocupa-se em definir um guia para a manipulação, o uso e o descarte seguros de nanopartículas (AMOABEDINY, 2009). Neste trabalho comenta-se o potencial risco de nanopartículas para o ser vivo em função de características como tamanho, área superficial, carga de superfície, propriedades químicas e solubilidade, dentre outras. Ainda é comentado que se atribui um risco muito maior a uma quantidade de nanopartículas quando comparado com a mesma quantidade de material macroscópico. O trabalho aponta que existem três maneiras de se precaver dos efeitos de nanopartículas, a saber: técnicas de engenharia, meios administrativos e equipamentos de proteção individual.

No que diz respeito aos equipamentos de proteção individual, a literatura traz poucos trabalhos quando se compara com a quantidade de trabalhos que apresentam novos materiais, novas aplicações e outros aspectos relacionados. Um trabalho de destaque vem sendo o que o grupo liderado pela pesquisadora canadense Patricia Dolez propõe. Em um de seus trabalhos (DOLEZ, 2010), a autora pontua que a situação dos equipamentos de proteção individual utilizados para todos os tipos de manipulação de nanopartículas é preocupante. O trabalho também

pontua que existe uma enorme lacuna mundial no que concerne à regulação, métodos padronizados para testes e orientações sobre a escolha correta dos equipamentos de proteção individual. Particularmente frágil é a situação de roupas e luvas utilizadas para a proteção individual, principalmente no que diz respeito a sistemas líquidos, como as dispersões.

Neste contexto, até 2014 a Universidade Feevale desenvolvia ações isoladas de preparação de nanoestruturas, utilizando métodos analíticos localizados em instituições parceiras, o que limitava bastante o escopo de atuação nesta área. Em 2014, um grupo de pesquisadores foi contemplado com um financiamento público de R\$ 1.000.000,00 do Programa de Apoio aos Parques Tecnológicos, para instrumentalizar o Laboratório de Estudos Avançados em Materiais (LabMat), vinculado aos Institutos de Ciências Exatas e Tecnológicas e de Ciências da Saúde, pela origem dos pesquisadores que nele trabalham. Atualmente o LabMat conta com uma infraestrutura bastante interessante e capaz para o preparo e caracterização de inúmeros materiais nanométricos e assim o vem fazendo. Neste contexto, alguns pesquisadores apresentavam experiência no assunto, outros nem tanto e foi neste ambiente de implementação e descoberta, de aprendizado e desenvolvimento do conhecimento, de mais momentos para se ouvir do que para se falar, que a percepção do grupo sobre o assunto teve alguns de seus paradigmas alterados. Hoje, o grupo dedica-se principalmente ao desenvolvimento e caracterização de nanopartículas poliméricas para diversas funções relacionadas à saúde e à tecnologia, mas também se dedica a questões relacionadas ao meio ambiente, com trabalhos envolvidos com a avaliação de propriedades microbiológicas, genéticas e celulares dos materiais preparados, e, em mesma proporção, dos resíduos gerados. Dedicar-se também ao desenvolvimento de vias de degradação destas partículas residuais e formas de descarte seguro do mate-

rial preparado, desenvolvendo, inclusive, um trabalho de avaliação da permeação de partículas poliméricas em luvas utilizadas para a manipulação das mesmas. Este último trabalho, particularmente, nasceu de uma discussão com integrantes do grupo de professores da área do direito envolvidos com o Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental que a Universidade mantém em paralelo com outros, incluindo o Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais.

Assim, como Instituição de Ensino e Pesquisa de excelência como é a Universidade Feevale, vamos na contramão do que a literatura (NOLASCO, 2017) define como o trânsito que se estabelece entre os laboratórios e o setor produtivo e de serviços sem que sejam avaliados de maneira adequada e efetiva os riscos à saúde e ao meio ambiente. Além disso, a Universidade continua atuando na contramão da literatura quando promove reflexões como a deste livro, alimentando bases jurídicas para que se possa definir uma via correta e efetiva de regulamentação do tema, que por si só é bastante controverso e exigirá, ainda, muita discussão para se chegar a um consenso satisfatório para todos os lados envolvidos.

Nesta perspectiva, é necessário mencionar os riscos da exposição humana aos nanomateriais, que estão presentes desde a sua fabricação (podendo ter exposição ocupacional) até a sua utilização como produto (exposição do consumidor). Em verdade, estes riscos não são completamente conhecidos, uma vez que não são conhecidas suas extensões e capacidades para gerar danos.

A literatura apresenta três desafios que poderiam incorporar marcos regulatórios. O primeiro diz respeito à necessidade de se obter dados sobre os materiais utilizados na preparação de diferentes nanopartículas quanto aos seus comportamentos toxicológicos em escala nanométrica, pois, como já foi discutido, materiais não tóxicos em escala macroscó-

pica podem assumir comportamentos bastante distintos quando apresentados em escala nano. O desafio complementar neste contexto é fazer com que a informação chegue ao usuário de forma correta e confiável. O segundo desafio diz respeito à elaboração de um sistema de codificação dos materiais em escala nanométrica e que estas informações estejam disponíveis aos responsáveis por estudar e discutir tecnicamente suas ações toxicológicas. Por fim, o terceiro e mais desafiador aspecto envolvendo a informação, é justamente a base da pirâmide. É necessário que se conheça mais e mais sobre a forma de ação dos diferentes materiais nos diferentes organismos vivos para que se alimente com informações cada vez mais consistentes os meios de se resolver os dois primeiros desafios (POURMAND, 2012).

No entanto, dentre tantas características físico-químicas que podem ser mencionadas, o tamanho é de vital importância. Por exemplo, partículas aéreas maiores que 2,5 micrometros de qualquer natureza tendem a ficarem retidas no nariz e na garganta, enquanto partículas menores tendem a seguir para vias aéreas mais internas. Neste contexto, partículas com dimensão tal que possam chegar ao sistema alveolar no pulmão podem, com certa facilidade, permear os tecidos e cair na corrente sanguínea e daí chegar a diversos órgãos, como fígado, rins, baço e coração, para então atuar de forma danosa. Outra característica determinante para um efeito nanotóxico é a carga superficial, medida como potencial zeta (ζ) que proporciona ou impede, potencializa ou inibe uma interação entre partícula e célula ou tecido que acaba exibindo ou não um determinado efeito (VISWANATH, 2016). A seguir, é apresentado, de forma esquemática, um mapa de relação entre nanotoxicologia e propriedades físico-químicas (Figura 4).

Neste contexto, como evento de exposição do consumidor, por exemplo, este deve tomar um cuidado com produtos de higiene pessoal e cosméticos

que façam alusão a componentes nanométricos, pois estes produtos preconizam o contato cutâneo direto como forma de atuação e, como mencionado acima, mesmo que diversos artigos mencionem a capacidade dos nanomateriais penetrarem a pele, via transdérmica, não se tem a via de ação bem definida. (MARCONE, 2015).

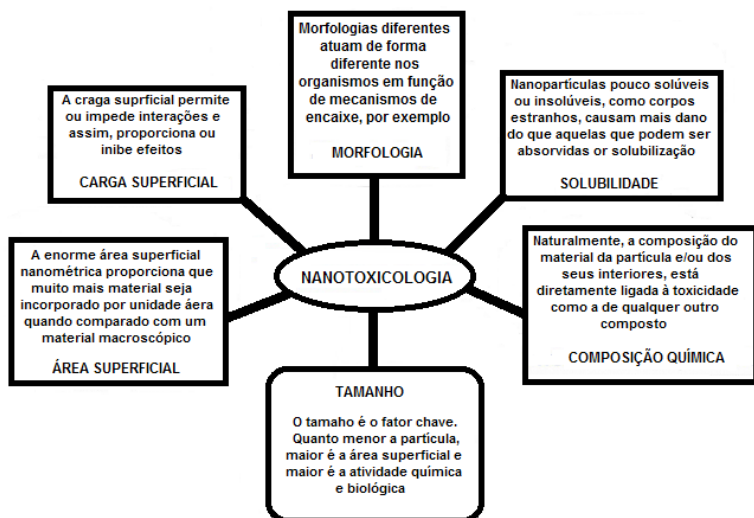


Figura 4: relação esquemática da nanotoxicologia com as propriedades físico-químicas de nanomateriais (Adaptado de VISWANATH, 2016).

Algumas das possibilidades de rotas através das quais a exposição após a liberação de uma nanopartícula pode ocorrer atualmente ou no futuro são ilustradas na Figura 5.

Outro aspecto importante é o de que micro-organismos, como bactérias e os protozoários, podem levar nanopartículas através de membranas celulares, e assim permitir que as partículas entrem em uma cadeia alimentar biológica. Assim, repensar toda a cadeia conforme apresentada na Figura 5 é necessário para a segurança do indivíduo e do ambiente em que este vive.

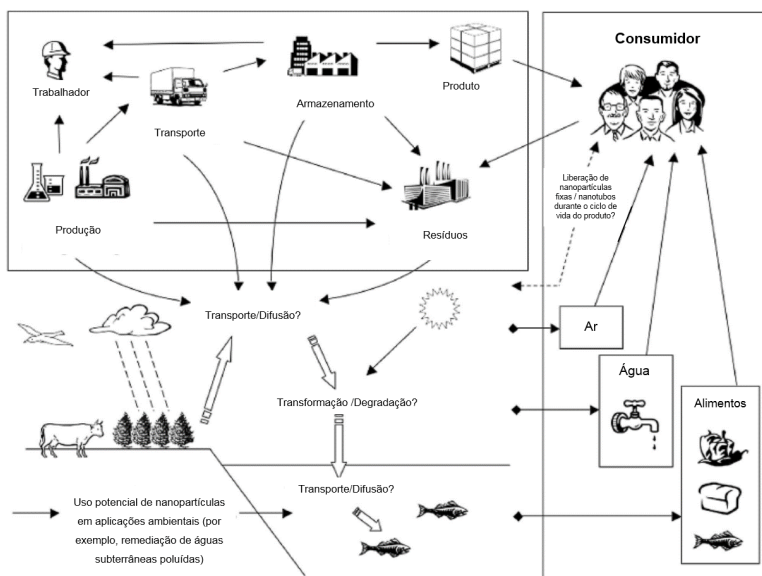


Figura 5. Algumas possíveis rotas de exposição para nanopartículas e nanotubos com base em aplicações futuras atuais e potenciais (Adaptado de ROYAL SOCIETY, 2004).

Neste ínterim, tão importante quanto o desenvolvimento da nanotecnologia é o desenvolvimento da nanotoxicologia, pois nasce da relação íntima entre estas áreas a necessidade de se conhecer os materiais e efeitos deles provenientes para que se possa ter um desenvolvimento tecnológico sustentável e não nocivo ao indivíduo e seu ambiente, mesmo que essa se revele, como vem ocorrendo, uma relação complexa que envolve diversos olhares e saberes para que se chegue em uma resposta (LOURO, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta breve compilação de informações, torna-se possível verificar a complexidade do assunto. Se, por um lado as tecnologias em escala nanométrica favorecem o desenvolvimento da sociedade em diversas áreas, por outro, este desenvolvimento traz consigo uma enorme carga de responsabilidade.

As possibilidades são inumeráveis. As áreas de incorporação destas tecnologias, tanto no que diz respeito aos materiais, quanto aos dispositivos quase não apresentam limites, tornando-se estas características uma via de duas mãos: a do crescimento e a da degradação. Enquanto materiais nanométricos são desenvolvidos e utilizados no sentido de melhoria de propriedades, por exemplo, os resultados destas melhorias podem demandar o desenvolvimento de tecnologias para a destinação final, ou seja, em termos científicos, até mesmo a resolução de problemas gerados pelo desenvolvimento da tecnologia pode ser convertida em produtos (dissertações, teses e, conseqüentemente, artigos). Mas, ao mesmo tempo, a destinação final é uma necessidade e não uma possibilidade.

Em uma época em que muito se discute a logística reversa, nada mais justo que a comunidade científica de todas as áreas se dedicar ao entendimento e neutralização dos efeitos danosos desta relativa nova tecnologia. Dito de outra forma, não é suficiente que materiais e dispositivos sejam desenvolvidos em escala nanométrica, pensando exclusivamente nos benefícios, sem que o entendimento de seus funcionamentos e mecanismos de ação também recebam atenção. É importante que se perceba e se esclareça toda a cadeia produtiva, que um material inofensivo na escala macroscópica possa ser altamente danoso na escala nanométrica; que materiais que apresentam algum tipo de comportamento em escala macroscópica podem apresentar outros nunca atribuídos a eles, exclusivamente pelo fato de apresentarem-se em escala nanométrica; que se um resíduo ou efluente exige algum grau de cuidado em escala macroscópica, que este cuidado deve ser, pelo menos, semelhante, se não mais intenso na dimensão nanométrica e assim por diante. Em resumo, no contexto nanométrico, a ciência experimenta uma mudança de paradigma real, que proporciona uma potente ferramenta de desenvolvimento, mas que

também pode ser uma ameaça aos seus desenvolvedores e usuários. A diferença entre as duas possibilidades está, em parte, na consciência do desenvolvedor, em parte na regulação das atividades do desenvolvedor, ou seja, na elaboração de um marco regulatório local e global para condução de tudo o que esteja relacionado ao tema.

REFERÊNCIAS

- AMOABEDINY, G H et al. Guidelines for safe handling, use and disposal of nanoparticles. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 170, p. 1-12, 2009. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/170/1/012037/pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- ASTM E2456-06 Standard terminology relating to nanotechnology. 2006. 4 p. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/E2456.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2017.
- BEHARI, J. Principles of nanoscience: An overview. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 48, p. 1008-1019, 2010.
- BOGUE, R. Nanosensors: a review of recent research. **Sensor Review**, v. 29, n. 4, p. 310-315, 2009.
- COMISSÃO EUROPEIA. Recomendação da Comissão de 18 de outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 275/38, 2011.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras – materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60 p.
- DOLEZ, P. I. et al. Personal protective equipment against nanoparticles. **International Journal of Nanotechnology**, v. 7, n. 1, p. 99-117, 2010.
- FILIPPONI, L.; SUTHERLAND, D. **Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities**. 2013. Editado por: European Commission – Directorate-General for Research and Innovation Industrial Technologies programme. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/>

pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

- KULKARNI, S. K. **Nanotechnology: Principles and Practices**. 3. ed. Cham: Springer, 2015. 418 p.
- LOURO, H.; BORGES, T.; SILVA, M. J. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a Saúde pública. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 31, n. 2, p. 188-200, 2013.
- MARCONI, G. P. S. Nanotecnologia e nanociência: aspectos gerais, aplicações e perspectivas no contexto do Brasil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2015.
- MUSAZZI, U. M. et al. Is the European regulatory framework sufficient to assure the safety of citizens using health products containing nanomaterials? **Drug Discovery Today**, v. 22, n. 6, p. 870-882, 2017.
- NOLASCO, L. G. Impactos da Nanotecnologia na Saúde Humana e no Meio Ambiente. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça**, v. 4, p. 1-9, 2017. Disponível em: <<http://periodicosonline.uems.br/index.php/RJDSJ/article/view/1854>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- NOUAILHAT, A. **An Introduction to Nanoscience and Nanotechnology**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2010. 229 p.
- OLIVEIRA JUNIOR, O. N. (Ed.) **Nanostructures**. Cambridge: Elsevier, 2016. 261 p.
- POURMAND, Ali; ABDOLLAHI, Mohammad. Current Opinion on Nanotoxicology. **Daru Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 20, n. 1, p. 95-97, 2012.
- ROSSI-BERGMANN, B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 2, p. 54-57, 2008.
- ROYAL SOCIETY / ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. London: Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004.
- RUIZ-PALOMERO, C.; SORIANO, M. L.; VALCÁRCEL, M. Nanocellulose as analyte and analytical tool: Opportunities and challenges. **Trac. Trends in Analytical Chemistry**, v. 87, p. 1-18, 2017.

- SHAMAILA, S. Advancements in nanoparticle fabrication by hazard free eco-friendly green routes. **Applied Materials Today**, v. 5, p. 150-199, 2016.
- SOUTO, E. B.; SEVERINO, P.; SANTANA, M. H. A. Preparação de nanopartículas poliméricas a partir de polímeros pré-formados: parte II. **Polímeros**, v. 22, n. 1, p. 101-106, 2012.
- VISWANATH, B.; KIM, S. Influence of Nanotoxicity on Human Health and Environment: The Alternative Strategies. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, p. 61-104, 2016.

2

A NANOTECNOLOGIA: DO FASCÍNIO AO RISCO¹

Juliane Altmann Berwig²

Wilson Engelmann³

-
- 1 Resultado parcial do projeto de pesquisa desenvolvido pelos autores intitulado: "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 nano escala". (UNISINOS). Além das discussões realizadas no âmbito do Grupo de Pesquisa JUSNANO/CNPq. Apoio a Projetos de Pesquisa/MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 – 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 nano escala.
- 2 Doutoranda em Direito na Universidade do Vale do Rio dos Sinos com Bolsa pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo Programa de Excelência Acadêmica (Proex). Mestre em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, especialista em Direito Ambiental Nacional e Internacional pela Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul e graduada em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Professora no curso de Direito da Universidade FEEVALE. Pesquisadora na área Ambiental com ênfase na Teoria do Risco e Nanotecnologia. Presidente da Associação Gaúcha dos Advogados de Direito Ambiental Empresarial AGAAE. Integrante da Diretoria de Grupos de Estudos da Associação Gaúcha dos Advogados do Direito Imobiliário Empresarial AGADIE e do Movimento Roessler para Defesa Ambiental de Novo Hamburgo/RS. Autora do livro *Direito dos Desastres na Exploração offshore do petróleo*. Sócia-proprietária do escritório Berwig Advocacia.
- 3 Doutor e Mestre em Direito Público pelo Programa de Pós-Graduação em Direito (Mestrado e Doutorado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS/RS/Brasil; Professor deste mesmo Programa das atividades: "Transformações Jurídicas das Relações Privadas" (Mestrado) e "Os Desafios das Transformações Contemporâneas do Direito Privado" (Doutorado); Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da Unisinos; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: wengelmann@unisinos.br.

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia revelada em nanopartículas, mesmo sem a ciência da sociedade, já há muito tempo passou a integrá-la em produtos utilizados no cotidiano da sociedade. Nos mais diversificados bens de consumo, como eletrônicos, têxteis, cosméticos, alimentos, equipamentos esportivos e materiais de construção, dentre tantos outros, contem nanotecnologia. Novas soluções são perceptíveis, a ausência de odor nas roupas de esporte, bicicletas ultraleves e resistentes, soluções na prevenção e tratamento de doenças de forma mais precisa e com redução de efeitos colaterais.

O nanomundo, desde 1959, quando Richard Feynman mencionou a nova tecnologia, tem demonstrado o seu fascínio, fazendo emergir soluções até então impensadas. Sabe-se que a tecnologia é surpreendente e poderá revolucionar a forma de organização da sociedade, facilitando muitos processos em todos os setores sociais de forma sistêmica, concomitante e interdependente.

Diante do enorme potencial para trazer benefícios para muitas áreas de pesquisa e aplicação, a nanociência está atraindo rapidamente os investimentos dos governos, empresas e universidades em muitas partes do mundo. Assim, diante dos incentivos há, como consequência, uma corrida para comercialização imediata dos produtos que contenham a nova tecnologia, ofertando ao mercado empresarial e, ao fim, aos consumidores as experiências possibilitadas pela nanotecnologia. Portanto, a nanotecnologia representa evidentemente uma nova revolução que, assim como as Revoluções Industriais anteriores, virá para transportar a linha do inimaginável em soluções tecnológicas de ponta.

Todavia, o contrário do fascínio é a cegueira aos riscos de danos, danos que podem acometer

o meio ambiente e, conseqüente, os seres humanos. Portanto, pode ser afirmado que muito já se evoluiu em suas possibilidades de aplicação da nanotecnologia, mas ainda pouco se sabe sobre os efeitos dos riscos negativos a curto, médio e longo prazo. Desta maneira, o desenvolvimento e aplicação da nanotecnologia poderá representar perigos significativos para a saúde, a segurança e o meio ambiente.

Diante deste cenário paradigmático, este artigo objetiva, utilizando-se da pesquisa bibliográfica e da matriz sistêmico-construtivista como metodologia, explanar sobre as oportunidades e riscos da nanotecnologia a partir da teoria sistêmica de Niklas Luhmann. Mediante estas informações justificar-se-á o porquê e de que maneira os riscos nanotecnológicos devem ser observados. Logo, o problema a ser enfrentado é a justificativa da análise do risco diante do fascínio das grandiosas possibilidades inovadoras da nanotecnologia.

A hipótese de solução do problema, fundamentada na teoria sistêmica, será pautada inicialmente na demonstração do paradigma entre as possibilidades e os riscos da nanotecnologia, que, conseqüentemente, devem ser contextualizados objetivando-se a mensuração criteriosa dos riscos ambientais e, a partir destes, construir os apontamentos necessários para a prevenção e precaução de danos ambientais.

Neste viés, no primeiro título do artigo será apresentada a nanotecnologia, a partir da sua origem, aplicações atuais e perspectivas futuras. Na seqüência, diante do conceito de risco na sociedade sistêmica, serão explicitados os riscos da nanotecnologia. E, ao final, a importância da prevenção e precaução e que maneira pode ser empregada no contexto das incertezas científicas que circundam o mundo nanotecnológico.

1. O HISTÓRICO DA NANOTECNOLOGIA, SUAS APLICAÇÕES ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Esta parte inicial do artigo destina-se a conceituar a tecnologia denominada nanotecnologia, bem como realinhar a sua origem a partir dos principais cientistas que se dedicaram ao seu desenvolvimento. Por consequência, pretende-se demonstrar as aplicações práticas do nanomundo que já estão sendo comercializadas e as perspectivas futuras que ainda estão em pesquisa, mas que já corroboram o fascínio por esta tecnologia revolucionária.

A nanotecnologia pode ser compreendida primeiramente pela aceção da palavra: o prefixo "nano" vem do grego "nânos", que significa anão, muito pequeno (UFRJ). Assim, a "área do conhecimento que estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, nas quais pelo menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nanômetros é a nanotecnologia. O nanômetro, representado pela abreviação "nm" é a bilionésima parte do metro, ou seja: 10^{-9} do metro. Também pode ser explicado dividindo o número $1/1.000.000.000$, ou, $0,000000001\text{m}$, ou que o nanômetro é nove ordens de grandeza menor que o metro. Logo, a nanotecnologia é a aplicação destas nanoestruturas em dispositivos nanoescalares utilizáveis" (ALVES, 2004, p. 30-31).

Importa esclarecer que a nanotecnologia, apesar de estar sendo exponencialmente desenvolvida neste século, não é uma tecnologia nova. Os nanomateriais podem ser produzidos intencionalmente ou disponíveis na natureza, por isso são definidos como: (i) *natural*: nanotecnologia decorrente da evolução natural dos materiais presentes na natureza; (ii) *incidental*: oriundo de algum processo antropogênico, mas não intencionalmente para a produção de nanopartículas, como a poluição de veículos e a fumaça gerada na produção industrial; (iii) *nano-*

material fabricado (ou engenheirado): aquele que é produzido intencionalmente pela ação humana (EN-GELMANN; HOHENDORFF; FROHLICH, 2015, p. 21).

À exemplo da nanotecnologia presente na natureza, a lótus, planta sagrada do Egito antigo, de folha verde brilhante foi estudada por uma equipe de pesquisadores do laboratório da General Motors, em Michigan (EUA). Este estudo foi motivado pela capacidade das folhas de repelir as gotículas de água que rolam sobre as folhas e carregam consigo a poeira. Os cientistas constataram que a propriedade hidrofóbica autolimpante da folha decorre da rugosidade micrométrica da superfície, aos pelos manométricos e a composição química da superfície que se aproxima muito da cera. A compreensão da nanotecnologia "natural" existente na planta tem sido fonte de inspiração para os pesquisadores aplicarem em pinturas de telhados, vidros e até mesmo em tecidos auto-limpantes (MALDANER).

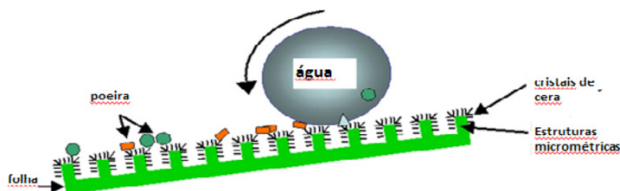


Figura 1: Esquema representativo do mecanismo de hidrofobicidade da Folha de Lótus.

Fonte: Maldaner

O azul das asas das borboletas também contém nanotecnologia, pois é consequência da interferência construtiva da luz na estrutura ordenada das asas, em escala micro e nanométrica. Assim também ocorre com as lagartixas, pois a possibilidade de caminharem pelas paredes se deve à nanotecnologia. As patas são revestidas de pelos finíssimos, tão adaptáveis que podem aproximar-se a poucos nanômetros de uma base de apoio, sobre grandes extensões.

Maldaner explica que “as interações entre a base de apoio e os pelos são do tipo ‘ligação Van-der-Waals’, bastante fracas na verdade, mas concretizada através de milhões de pontos de aderência tornam-se suficientemente fortes, o que permite que o animal fica retido na superfície”. Esta nanotecnologia vista nas lagartixas tem sido estudada para aplicação em adesivos (MALDANER).

O mexilhão também contém nanotecnologia de aderência, conforme explica Maldaner:

Quando quer colar-se a uma rocha ou outro apoio qualquer, abre as valvas, estica o pé até tocar no apoio, arqueia-o em ventosa e, através de pequenas cânulas, lança sobre o apoio, na zona de baixa pressão, um fluxo de pequenas esferas de agente colante, as micelas. Forma-se assim, de imediato, uma pequena almofada de espuma, com forte aderência subaquática. É a este amortecedor que o mexilhão se prende, com filamentos elásticos de seda marinha, de modo que nem o mar mais agitado consegue arrancá-lo (NANO.GOV).

Sobre a segunda classificação, “incidental”, na antiguidade, os Romanos no Século IV já produziam artefatos, como jarros de vidros (LYCURGUS) com inclusão de partículas coloidais de ouro e prata no vidro, apresentando uma coloração verde na incidência da luz externa, e na cor vermelha na iluminação no ambiente interno do jarro (NANO.GOV).



Figura 2: A Copa Lycurgus no Museu Britânico, iluminada do lado de fora (esquerda) e do lado de dentro (direita).

Fonte: Nano.gov National Nanotechnology Initiative

Dos séculos IX ao XVII, esmaltes cerâmicos brilhantes eram utilizados no mundo islâmico contendo prata ou cobre ou outras nanopartículas metálicas. Posteriormente, nos séculos XVIII e XV, os vitrais das Catedrais europeias adquiriram suas cores graças às nanopartículas de cloreto de ouro e outros óxidos e cloretos metálicos, que também atuam como purificadores de ar fotocatalíticos (NANO.GOV).

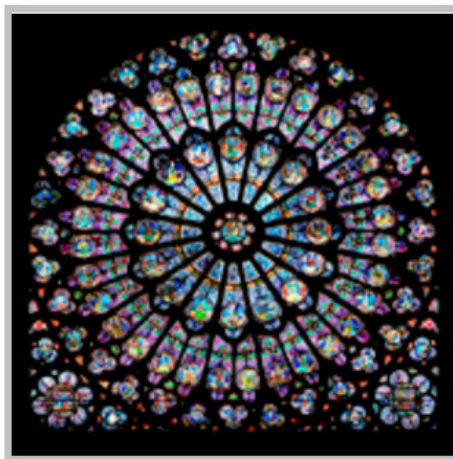


Figura 3: A roseira sul da Catedral de Notre Dame, Paris.

Fonte: Nano.gov

Nos Séculos XIII e XVIII as lâminas de sabão “Damasco” continham nanotubos de carbono e nanofios de cementsite (formulação de aço e carbono) que conferiam força, resiliência e capacidade de manter a lâmina afiada (REIBOLD, 2006).



Figura 4: À esquerda o sabre de Damasco (foto de Tina Fineberg para The New York Times) e à direita imagem de microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução de nanotubos de carbono.

Fonte: The New York Times e Nature

Iniciando a abordagem a respeito da nanomaterial fabricado, importante compreender a origem da atual tecnologia, a partir dos descobrimentos históricos que datam desde 1857. É sabido que a nanotecnologia só se tornou realidade em razão das descobertas químicas anteriores e decorrentes das estruturas formantes dos átomos (o que não pode ser dividido). No século V a.C. (500 a.C.) Leucipo, juntamente com Demócrito, (370 a.C.), defenderam a teoria do Atomismo, com a ideia inicial de indivisão do átomo o qual seria composto por particular em interação e movimento. Assim, a teoria defendia que os átomos não se fundem nem se dividem, mas se associam e dissociam de outras matérias (PUC-RJ).

A partir dos descobrimentos iniciados no atomismo é que foi possível a abordagem da nanotecnologia. Diante disso, elaborou-se um quadro das descobertas no tempo e que possibilitaram o atual crescimento da tecnologia.

Tabela 1: Realinhamento histórico dos principais marcos da nanotecnologia.

<p>1857: Michael Faraday descobriu o ouro “rubi” coloidal, demonstrando que o ouro nanoestruturado sob iluminação distinta produz diferentes cores.</p>
<p>1936: Erwin Müller, trabalhando no Siemens Research Laboratory, inventou o microscópio de emissão de campo, permitindo verificar imagens de materiais de resolução quase atômicas.</p>
<p>1947: John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain na Bell Labs descobriram o transistor de semicondutores e o conhecimento científico amplamente expandido de interfaces de semicondutores, lançando as bases para dispositivos eletrônicos e a Idade da Informação.</p>
<p>1950: Victor La Mer e Robert Dinegar desenvolveram a teoria e um processo para o crescimento de materiais coloidais monodispersos.</p>
<p>1951: Erwin Müller foi pioneiro no microscópio de íons de campo que possibilitou a imagem da disposição dos átomos na superfície de uma ponta de metal afiada.</p>

<p>1956: Arthur von Hippel introduziu muitos conceitos - e cunhou o termo - “engenharia molecular”, como aplicado a dielétricos, ferroelétricos e piezoelétricos.</p>
<p>1958: Jack Kilby projetou e construiu o primeiro circuito integrado, pelo qual recebeu o Prêmio Nobel em 2000.</p>
<p>1959: Richard Feynman, realizou a primeira palestra sobre tecnologia e engenharia na escala atômica, mencionando que “Há muito espaço lá no fundo” (“There’s Plenty of Room at the Bottom”). Sugeriu pensar em uma escala muito pequena na qual seria possível colocar o texto da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete.</p>
<p>1965: Gordon Moore descreveu na revista Electronics várias tendências que ele prevê no campo da eletrônica. Uma tendência agora conhecida como “Lei de Moore” descreveu a densidade de transistores em um chip integrado.</p>
<p>1974: Norio Taniguchi, Professor de Universidade de Ciência de Tóquio, cunhou o termo nanotecnologia para descrever a usinagem de precisão de materiais dentro das tolerâncias dimensionais de escala atômica.</p>
<p>1981: Gerd Binnig e Heinrich Rohrer no laboratório de Zurique da IBM inventaram Microscópio de tunelamento de varredura (STM), permitindo que os cientistas “vejam” átomos individuais pela primeira vez. Binnig e Rohrer ganharam o Prêmio Nobel em 1986.</p>
<p>1981: Alexei Ekimov, da Rússia, descobriu pontos quânticos nanocristalinos, semicondutores em uma matriz de vidro e realizou estudos pioneiros de suas propriedades eletrônicas e ópticas.</p>
<p>1985: Harold Kroto, Sean O’Brien, Robert Curl e Richard Smalley descobriram o Buckminsterfullerene (C₆₀), mais conhecido como o buckyball, que é uma molécula parecida com uma bola de futebol em forma e composta inteiramente de carbono, como é o grafite e o diamante. A equipe recebeu o Prêmio Nobel de Química de 1996.</p>
<p>1985: Louis Brus descobriu nanocristais de semicondutores coloidais (pontos quânticos).</p>
<p>1986: Eric Drexler, o primeiro cientista a doutorar-se em nanotecnologia, populariza o conceito de nanotecnologia, através de seu livro “Engines of Creation”.</p>
<p>1986: Gerd Binnig, Calvin Quate e Christoph Gerber inventaram o microscópio de força atômica, que tem a capacidade de visualizar, medir e manipular materiais até frações de tamanho nanométrico, incluindo medidas de várias forças intrínsecas aos nanomateriais.</p>

1989: Don Eigler e Erhard Schweizer no IBM Almaden Research Center manipularam 35 átomos individuais de xenônio para explicar o logotipo da IBM. Esta demonstração da capacidade de manipular precisamente os átomos introduziu o uso aplicado da nanotecnologia.

Década de 1990: as primeiras empresas de nanotecnologia começaram a operar - Nanophase Technologies em 1989, Helix Energy Solutions Group em 1990, Zyvex em 1997, Nano-Tex em 1998.

1991: Sumio Iijima da NEC é creditado com a descoberta do nanotubo de carbono (CNT).

1992: CT Kresge e colegas da Mobil Oil descobriram os materiais catalíticos nanoestruturados MCM-41 e MCM-48, agora utilizados na refinação de petróleo bruto, bem como em medicamentos, tratamento de água e outras.

1993: Mounji Bawendi, do MIT, inventou um método para a síntese controlada de nanocristais (pontos quânticos), preparando o caminho para aplicações desde a computação, biologia, energia fotovoltaica até a iluminação de alta eficiência.

1998: O Interagency Working Group on Nanotechnology (IWGN) foi formado no Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia para investigar o estado da arte em nanoescala e prever os possíveis desenvolvimentos futuros.

1999: Wilson Ho e Hyojune Lee sondaram segredos de ligação química montando uma molécula [ferro carbonil $\text{Fe}(\text{CO})_2$] de componentes constituintes [ferro (Fe) e monóxido de carbono (CO)] com um microscópio de tunelamento de varredura. Chad Mirkin na Universidade Northwestern inventou a nanolitografia de imersão levando a "escrita" reproduzível de circuitos eletrônicos, bem como a padrões de biomateriais para pesquisa em biologia celular, nanoencapsulados e outras aplicações. Os produtos de consumo que usam a nanotecnologia começaram a aparecer no mercado, incluindo os para-choques mais leves e que resistem aos arranhões, bolas de golfe que voam mais, raquetes de tênis mais rígidas, meias antibacterianas com nano-prata, protetores solares, roupas resistentes, cosméticos terapêuticos penetrantes, revestimentos de vidro resistentes a arranhões, baterias com recarregamento mais rápido para ferramentas elétricas sem fio, aprimoramentos dos televisores, telefones celulares e câmeras digitais.

2000: o presidente Clinton lançou a Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) para coordenar os esforços federais de P&D e promover a competitividade dos EUA em nanotecnologia.

<p>2001: Crees Dekker, biofísico holandês, demonstrou que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos.</p>
<p>2002: Chad Mirkin, químico da Northwestern University (EUA) desenvolve plataforma, baseada em nanopartículas, para detecção de doenças contagiosas.</p>
<p>2003: o Congresso aprovou a Lei de Desenvolvimento e Pesquisa em Nanotecnologia do século XXI (PL 108-153). O ato forneceu uma base estatutária para o NNI, programas estabelecidos, responsabilidades da agência atribuídas, níveis de financiamento autorizados e pesquisa promovida para abordar questões-chave.</p>
<p>2003: Naomi Halas, Jennifer West, Rebekah Drezek e Renata Pasqualin desenvolveram nanoshells de ouro. Quando "sintonizados" de tamanho para absorver a luz do infravermelho próximo, servem de plataforma para descoberta, diagnóstico e tratamento integrados da mama câncer sem biópsias invasivas, cirurgia ou radiação ou quimioterapia destrutivamente sistêmica.</p>
<p>2004: A Sociedade Real da Grã-Bretanha e a Royal Academy of Engineering publicaram Nanociências e Nanotecnologias: Oportunidades e Incertezas que defendem a necessidade de abordar questões potenciais de saúde, ambientais, sociais, éticas e regulatórias associadas à nanotecnologia.</p>
<p>2004: SUNY Albany lançou o primeiro programa de educação de nível universitário em nanotecnologia nos Estados Unidos, o College of Nanoscale Science and Engineering.</p>
<p>2005: Erik Winfree e Paul Rothemund do California Institute of Technology desenvolveram teorias para computação baseada em DNA e " auto-montagem algorítmica ", nas quais os cálculos estão incorporados no processo de crescimento de nanocristal.</p>
<p>2006: James Tour e colegas da Rice University construíram um carro em nanoescala.</p>
<p>2007: Angela Belcher e colegas do MIT construíram uma bateria de íons de lítio com um tipo comum de vírus que não é saudável para os seres humanos, usando um processo benigno e econômico.</p>
<p>2008: foi publicada a primeira estratégia oficial de NNI para Pesquisa Ambiental, Saúde e Segurança (EHS) relacionada à nanotecnologia.</p>
<p>2009-2010: Nadrian Seeman e colegas da New York University criaram vários dispositivos de montagem robusta a nanoescala tipo DNA.</p>

2010: a IBM usou uma ponta de silício que mede apenas alguns nanômetros para esticar o material e criar um mapa 3D do mundo em nanoescala, com o tamanho de um grão de sal.

2013: Os pesquisadores da Stanford desenvolveram o primeiro computador de nanotubos de carbono.

2014: O NNI divulga o Plano Estratégico 2014 atualizado.

Fonte: Nano.gov e Maldaner

A partir deste realinhamento histórico das descobertas na nanotecnologia, compreende-se a nanotecnologia como a capacidade de manipular átomos e moléculas à tal nível que possibilite construir determinado material átomo a átomo. Com isso, o material elaborado está apto a possuir as características e propriedades convenientes, as quais não são atingíveis em escala macro (MALDANER).

Pyrrhoi e Schramm definem que:

A nanotecnologia é um conjunto formado por saberes, técnicas e práticas que estudam e exploram as novas propriedades dos materiais, quando manipulados em níveis atômicos e moleculares. A possibilidade técnica de organizar e controlar a matéria, desde suas menores dimensões e unidades, pode implicar profundas transformações no processo industrial de produção e ter consequências, moralmente significativas, sobre as inter-relações humanas, a organização da conjuntura social vigente e o próprio fenômeno da vida como um todo (PYRRHOI; SCHARAMM, 2012).

Consequentemente, a nanociência diz respeito aos estudos dos fenômenos e manipulações de materiais em escalas atômica, em que as propriedades diferem significativamente das anteriores macroescalares. Em um comparativo, um nanômetro (nm) é mil milionésimos de um metro. Um único cabelo humano possui 80,000nm de largura, um glóbulo vermelho aproximadamente 7,000 nm de largura e uma molécula de água quase 0.3nm de diâmetro (ROYAL SOCIETY).

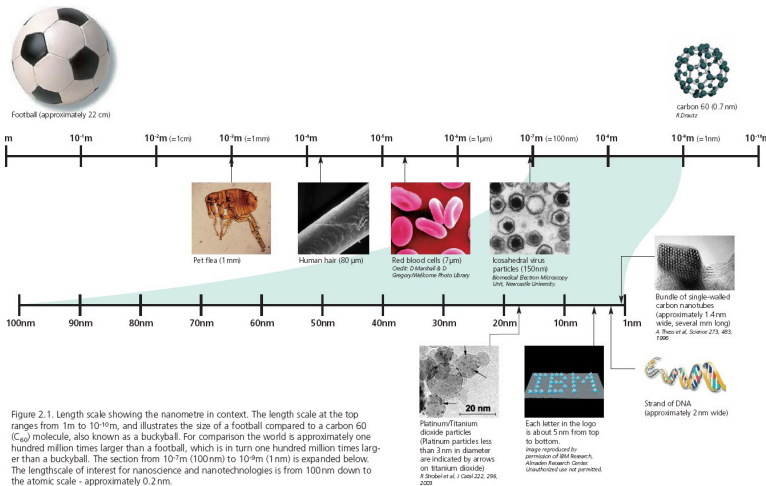


Figura 5: Imagem comparativa para a compreensão da métrica da nanotecnologia.

Fonte: Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties (ROYAL SOCIETY).

Portanto, a nanotecnologia nos últimos 20 anos tem paulatinamente integrado diversos produtos utilizados diariamente no mundo. As perspectivas apontam assim que sua presença será cada vez mais significativa (ROYAL SOCIETY). Esta evolução se deve ao fato de que, nas décadas de 80 e 90 do século passado, um grande esforço de químicos e físicos em todo mundo conduziram ao desenvolvimento de novos materiais e novos métodos de síntese, permitiram a possibilidade de descobertas de novas propriedades e estruturas, que levaram a uma revolução científica e a uma corrida no sentido de compreender e dominar o mundo nano (MALDANER). Diante do fato de tratar-se de uma nova técnica de manipulação dos átomos, as propriedades dos materiais podem ser muito diferentes daqueles em uma escala maior (ROYAL SOCIETY). Muitas soluções já foram desenvolvidas, nas quais se destacam os setores da energia, agropecuária, tratamento e remediação de água, cerâmica

e revestimentos, materiais compostos, plásticos e polímeros, cosméticos, aeroespacial, naval e automotivo, siderurgia, odontológico, têxtil, cimento e concreto, microeletrônica, diagnóstico e prevenção de doenças e sistemas de direcionamento de medicamentos (ENGELMANN, 2012).

Neste sentido, as aplicações de materiais de nanoescala incluem revestimentos muito finos utilizados em eletrônicos, superfícies ativas (janelas autolimpantes), em cosméticos, algumas medidas de remediação ambiental, aplicações na produção de componentes para a tecnologia da informação e comunicação, setor automotivo e aeroespacial (ROYAL SOCIETY).

As perspectivas científicas são de que os nanomateriais fornecerão formas de melhorar o desempenho em uma série de produtos, incluindo eletrônicos à base de silício, *displays*, tintas, baterias, sensores e catalisadores de silício, dentre muitos outros. Também possibilitarão a exploração dos nanotubos de carbono (rolos de carbono com paredes, medindo nanômetros) extremamente fortes e flexíveis que poderão conduzir eletricidade; lubrificantes à base de nanoesferas inorgânicas; materiais magnéticos com nanocristais; nanocerâmica utilizada em próteses médicas duradouras e melhores do que as atuais; componentes automotivos; fornos de alta temperatura; nanoengenharia para purificação mais eficiente da água (ROYAL SOCIETY).

Nos computadores, o armazenamento de dados, utilizando propriedades magnéticas para criar memória, também dependerão da nanociência. Ademais, alternativas baseadas em silício já estão sendo exploradas, como por exemplo, telas de exibição de plástico flexíveis; sensores para detectar produtos químicos no meio ambiente, também para verificar a comestibilidade dos alimentos; monitorar o estado da mecânica dentro dos edifícios; absorção cores para uso em células de energia solar ou rótulos biológicos fluorescentes (ROYAL SOCIETY).

Na bionanotecnologia e nanomedicina as aplicações são especialmente promissoras, como no diagnóstico de doença e sensores para monitoramento da saúde humana; maior eficiência dos medicamentos direcionados aos locais específicos no corpo humano; prata nanocristalina conhecida por ter propriedades antimicrobianas já está sendo usada em curativos para feridas nos Estados Unidos. As aplicações industriais são principalmente nas áreas de determinação das propriedades dos materiais, produção de produtos químicos, fabricação de precisão e computação. Em telefones celulares, por exemplo, materiais envolvendo nanotecnologias estão sendo desenvolvidas para uso em baterias (ROYAL SOCIETY).

Olivier Martin, do Laboratório de Nanophotônica e Metrologia no EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne), desenvolveu um método de medição óptico *in vivo* que permite determinar os riscos ambientais causados por nanopartículas. No teste é possível determinar - em tempo real - a extensão do estresse oxidativo com a qual vive o organismo aquático quando entra em contato com substâncias tóxicas, tais como nanopartículas. Também possibilita descobrir se os organismos se recuperaram após a exposição. O método de medição não é invasivo e pode identificar potenciais efeitos negativos de nanopartículas sintéticas em micro-organismos em vários ambientes naturais, tais como rios e lagos (NRP 64).

A agricultura almeja o desenvolvimento nanotecnológico na elaboração de fertilizantes mais efetivos, pesticidas mais estáveis e mais ecológicos – ou seja, que atinjam o alvo e não todo o meio ambiente. Assim, a dose do pesticida poderia ser significativamente menor, pois menos material evaporaria ou seria absorvido por organismos não desejáveis. Nos EUA, algumas aplicações já foram aprovados e estão sendo comercializadas (NRP 64).

A longo prazo, muitas áreas sofrerão a influência da nanotecnologia, mas haverá desafios significa-

tivos na ampliação da produção em laboratório de pesquisa para a futura fabricação em massa. O esperado é que nanotecnologia permita abordagens mais eficientes, com multifunções em materiais mais econômicos e com a redução do uso de recursos naturais e ao final de emissão de resíduos. Neste sentido, os benefícios ambientais prováveis devem conter a avaliação de todo o ciclo de vida de um produto com nanomaterial, desde a sua fabricação, seu uso e disposição final (ROYAL SOCIETY).

Assim, pode-se concluir que a nanotecnologia está presente no meio ambiente, mas também pode ser alvo de manipulação implicando em diversos benefícios, pois permite fabricar materiais a partir de átomos e assim resultar em propriedades convenientes. Para tanto, a nanotecnologia tem se demonstrado como um meio de revolução tecnológica, um verdadeiro fascínio diante das soluções possíveis. Ao mesmo tempo, o lado inverso também tem importado em discussões complexas a fim de compreender os riscos de resultados negativos implicados e concomitantemente manter o desenvolvimento nanotecnológico.

2. RISCOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA NANOTECNOLOGIA

Como verificado, existem muitos produtos que contêm a tecnologia nano que já estão no mercado. Aproximadamente 2.000 (dois mil) produtos que incorporam a nanotecnologia já estão sendo comercializados (SHEARER). Este número pode ser ainda maior, tendo em conta que a nanotecnologia ainda não possui regulamentação em nível internacional e também nacional.

Atualmente, a fabricação e a pesquisa em laboratório funcionam sem orientação de segurança adequada ou medidas de proteção. Ao mesmo tempo, os consumidores estão sendo, involuntariamente, expostos a ingredientes nanomateriais, pois não são

identificados nos rótulos os riscos potenciais. Também estão sendo descartados nanomateriais no meio ambiente, mesmo quando desconhecidos os impactos ou danos que poderão causar. Os governos e a indústria da nanotecnologia oferecem poucas oportunidades para a participação pública, a qual seria essencial para informar a população e inteirá-la das discussões e decisões sobre “como” e “se” deve-se prosseguir com a “nanomundo” (ICTA).

Diante disso, o que chama a atenção da “academia” é que, em menos de uma década, a nanotecnologia desenvolveu-se exponencialmente, mesmo tendo em conta a obscuridade das suas propriedades no estreito campo científico, econômico e público (ABBOT, 2009). Ao mesmo tempo, a preocupação dos riscos da nanotecnologia é severa, haja vista que, em escala nano, os efeitos ambientais dos materiais podem ser diferentes, seja em razão dos nanomateriais possuírem uma área superficial relativamente maior quando comparada à massa de material produzido em escala tradicional, seja pela possibilidade de torná-los quimicamente reativos quando na forma macro são inertes. Além disso, os efeitos quânticos podem dominar o comportamento da matéria no nanoescala afetando a comportamento óptico, elétrico e magnético dos materiais (ROYAL SOCIETY). Este efeito pode ser observado com o ouro, material praticamente inerte, todavia, em formato de nanopartículas é altamente reativo (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

Paschoalino, Marcone e Jardim (2010) defendem a discussão sobre os efeitos ambientais da nanotecnologia:

A reflexão a respeito desta questão é bastante pertinente, uma vez que, além das inúmeras perspectivas oriundas do desenvolvimento de uma gama de novos materiais, há o potencial risco de contaminação ambiental dadas as características intrínsecas das nanopartículas, como tamanho, área superficial e a capaci-

dade de aglomeração/dispersão, as quais podem facilitar a translocação destas pelos compartimentos ambientais e ocasionar, de forma acumulativa, danos à cadeia alimentar. Estes aspectos justificam a importância da investigação sobre a disponibilidade, degradabilidade e toxicidade dos nanomateriais.

Inúmeras pesquisas apontam que os nanomateriais, dada a sua dimensão 10^9 , podem ter uma permeabilidade através da pele, mucosas e membranas celulares, causando um efeito tóxico magnificado. Além disso, as nanopartículas, após o contato com o ambiente ou os organismos vivos, podem se revelar em sua forma livre ou aglomerada. Este processo é dinâmico e inicialmente imperceptível e também pode ser acompanhado pela funcionalização da superfície destas por diferentes agrupamentos químicos presentes no meio (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

De acordo com Hohendorff e Engelmann (2015):

Não restam dúvidas de que as novas e diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas dos nanomateriais tornam necessária uma avaliação mais específica, aplicada ao caso concreto. O avanço responsável da nanotecnologia, como acontece com qualquer tecnologia emergente, depende de uma capacidade científica confiável para acesso e gerenciamento dos riscos potenciais. A gestão de riscos é o processo de tomada de decisão realizada por gestores de risco em que o resultado da sua avaliação é pesado contra outros dados relevantes, e, se julgado necessário, são selecionadas e implementadas medidas de prevenção ou mitigação.

Vantablack é uma especialidade de revestimento de nanotubos de carbono projetada para uso no espaço com o fim de reduzir a entrada de quantidade de luz dispersa nos instrumentos óticos espaciais.

Neste revestimento, os nanotubos de carbono que o baseiam são muito curtos e muito bem ligados para se comportarem como fibras de amianto do tipo agulha. No entanto, a combinação de inovação, baixa densidade e elevada área superficial, juntamente com a possibilidade de exposição humana a este produto, levantam sérias questões de risco (MAYNARD, 2016).

No mesmo caminho, um estudo realizado pelo *Department of Applied Science and Nanotechnology Center, University of Arkansas* comprovou, por métodos analíticos, que os nanotubos de carbono são capazes de penetrar no revestimento de semente, um processo que pode afetar a germinação das sementes e o crescimento de mudas de tomate (KHODAKOVSKAYA, 2009, p. 3221).

A *U. K. Royal Society* recomendou que “a liberação de nanopartículas e nanotubos no meio ambiente seja evitada” e sugeriu que “as fábricas e os laboratórios de pesquisa encarem as nanopartículas fabricadas e nanotubos como perigosos” a fim de objetivar reduzir ou remover os seus resíduos (ICTA).

Outro estudo sobre os efeitos dos nanomateriais de carbono sobre brânquias de *Cyprinus* peixes carpio (*Cyprinidae*) expostos à radiação ultravioleta demonstrou que os nanomateriais, quando em contato com os órgãos de peixes, como brânquias em uma solução fisiológica salina, podem ser potencialmente prejudiciais a ambientes aquáticos; todavia os mecanismos de toxicidade são muito complexos e até o momento pouco compreendidos (SOCOOWSKI, 2012).

Os nanomateriais à base de carbono também podem se dispensar fortemente nos compostos hidrofóbicos celulares, tais como lipídios, em relação à água, resultando em uma bioconcentração potencialmente significativa, apontam pesquisas. Em uma escala global as nanopartículas também devem ser consideradas, tais como em relação à atmosfera induzindo transformações orgânicas, reações e outras tantas que ainda são desconhecidas (GUZMAN, 2006).

Renata Behra examinou como micro-organismos aquáticos (bactérias, algas, fungos e caracóis minúsculos) lidam com a nanop prata. Ela observou indícios de que as partículas têm um efeito prejudicial sobre a biodiversidade destes micro-organismos, que são vitais para o ecossistema (NRP 64).

Durante o desenvolvimento de um nanomaterial, é provável que este seja produzido sob condições rigorosamente controladas. A partir da movimentação deste material, com as exposições comerciais, este nanomaterial se integra ao produto, às embalagens, sendo transportado e posteriormente armazenado. Nestas circunstâncias, as quantidades de nanomateriais serão significativamente maiores do que as quantidades manipuladas durante a fase de desenvolvimento de material, uma vez que eles podem ser incorporados, por exemplo, num material composto, redesenhados ou reprocessados. Com isso, as propriedades reais ao final serão muito distintas daquelas previstas na sua criação (LEAD, 2014, p. 28-29).

Garner inclusive fundamenta que as transformações ambientais das nanopartículas também irão afetar as suas propriedades físicas e químicas e, assim, seu destino e toxicidade. Os processos de transformação significativos podem incluir: oxidação, reações com fósforo, dentre outras que dependem do ambiente e produto em questão (GARNER, 2014, p. 12).

Além dos riscos já preliminarmente identificados, sua potencialidade danosa pode ser ainda maior, pois os riscos ambientais potenciais permanecem não identificados devido à falta de priorização na pesquisa dos impactos ambientais. Nanomateriais criam dificuldades imensas para a aplicação de regimes de proteção aos recursos ambientais. Ou seja, as agências não possuem ferramentas e mecanismos econômicos para detectar, medir, monitorar, controlar os nanomateriais fabricados, e muito menos os meios para removê-los do ambiente. Na mesma linha, a indústria tem protegido seus dados sobre os poten-

ciais riscos, alegando tratar-se de informações confidenciais do seu negócio (ICTA).

Ademais, as técnicas de avaliações de risco atualmente existentes foram elaboradas sobre riscos não nanotecnológicos, ou seja, sobre riscos de materiais em que os seus efeitos já são conhecidos. Neste sentido, as métricas para aplicação aos nanomateriais são insuficientes (ICTA).

As incertezas significativas associadas com os riscos (eco) toxicológicos dos nanomateriais artificiais constituem desafios para o desenvolvimento dos produtos em direção a maior segurança e benefício possível à sociedade (SUBRAMANIAN, 2015, p. 1). A "nanoecotoxicologia" representa importante foco de discussão acerca dos riscos nanotecnológicos, pois verifica e avalia as reações dos produtos no meio ambiente, haja vista que há paulatino aumento da produção e disponibilização dos nanoprodutos na sociedade e, por fim, quando da não destinação adequada ao meio ambiente poderão ter resultados inesperados, especialmente no contato com atmosfera, água e solo (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

Uma avaliação do ciclo de vida dos nanomateriais - incluindo fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e disposição final dos resíduos - é necessária para verificar a aplicação aos sistemas legais existentes ou a inexistência diante de lacunas legais que demandem nova regulação. Neste ciclo de vida, devem ser avaliados os efeitos sistêmicos ao meio ambiente, à saúde, à segurança de modo geral ambiental, tudo isso deve ocorrer antes da comercialização dos produtos. Uma vez que após a liberação dos nanoprodutos na natureza podem ser esperados impactos ambientais potencialmente prejudiciais, com importante mobilidade e persistência no solo, água e ar, bem como gerar bioacumulação e interações imprevistas com outras substâncias químicas materiais biológicos (ICTA).

Peter Gehr, nesta mesma linha, menciona que “agora sabemos muito mais sobre os riscos dos nanomateriais e como mantê-los sob controle”. No entanto, precisamos realizar pesquisas adicionais para saber o que acontece quando os seres humanos e o meio ambiente estão expostos a nanopartículas projetadas por longos períodos, ou o que acontece após o período de exposição (LQES).

Nesta via, as nanotecnologias “ao mesmo tempo que abrem perspectivas de melhoria da vida humana, também podem trazer efeitos nefastos”. Técnicas que tinham por objetivo a melhoria produziram efeitos negativos. Essa possibilidade de efeitos são “riscos” que podem tanto declinar para o resultado positivo quanto negativo. Weyermüller, Silva e Schilling corroboram neste sentido que na “Revolução das Nanotecnologias” tem-se a perspectiva de profundas mudanças na sociedade, mas é necessária uma discussão sobre os riscos da inovação” (BARRETTO, 2008, p. 1016).

Desta maneira, as técnicas para quantificação de nanomateriais no ambiente representam um desafio científico. Os nanomateriais, dadas as peculiaridades físico-químicas, exigem o aprimoramento de novas técnicas para verificação e que são distintas das comumente empregadas (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010). Para tanto, exige-se uma discussão detalhada, qualificada e aprofundada sobre os riscos possíveis da nanotecnologia, a fim de possibilitar o seu desenvolvimento com a máxima redução das expectativas negativas.

Sabe-se que a multidimensionalidade do risco e todos os problemas associados à sua medição impedem que se possa formular qualquer hipótese de teste estatístico conclusivo (ADAMS, 2009, p. 102). Nesta via, falar em risco, mesmo em suas diferentes formulações e locais de observação, refere-se a um estado complexo a ser lidado para se alcançar a precaução dos riscos ambientais. Adam afirma, neste sentido, que o

risco pode ser definido, por aqueles que buscam mensurá-lo, como o produto de uma probabilidade de evento futuro. “O futuro é incerto e inescapavelmente subjetivo: ele não existe a não ser nas mentes das pessoas que tentam prevê-lo” (ADAMS, 2009, p. 64).

Luhmann corrobora a complexidade, mencionando que não existe nenhum ponto de vista objetivo para uma avaliação adequada. De tal modo que a avaliação do risco é sempre diferente após a consumação de um dano. Posteriormente, não se compreende um presente e passado na prudência do risco que antecedeu a uma tomada de decisão por parte de alguém. Neste sentido, o futuro nos mostra outro presente no estado atual de risco que será julgado novamente por uma ótica muito diferente. É o tempo de quem se encarrega de produzir esta diferença na avaliação social do risco, diferença que é indeterminável em seus conteúdos pelos cálculos do presente. Isto é, o risco é o risco de que a avaliação varie com o tempo. Todavia, não se pode olvidar que o cálculo do risco é parte de uma máquina histórica, que arranca de uma determinada situação e que se apega a esse risco estabelecido (LUHMANN, 1991, p. 165).

Neste sentido, as ocorrências de graves danos ambientais a partir dos nanomateriais são um fenômeno complexo e multifacetado, capaz de atingir inúmeros meios e seres, tendo por consequências grandes danos que estarão sempre interconectados diante do mecanismo complexo de funcionamento da atual sociedade de risco. Todavia, apesar da complexidade de mensuração dos riscos, a rejeição do risco revê-la como a renúncia da oportunidade de precaucionar futuros danos. Logo, o ponto de partida mora inicialmente no conhecimento e valoração dos riscos nanotecnológicos nos efeitos possíveis atuais e futuros.

Em suma, a nanotecnologia possivelmente trará mais eficiência na produção e utilização dos nanomateriais, na indústria automotiva com materiais mais leves e resistentes, na comunicação imprimindo

mais velocidade de transmissão de dados e armazenamento, na química resultando em maior eficiência energética, na farmacêutica com sistemas de difusão de medicamentos que atinjam pontos específicos no corpo humano, no setor de energia com armazenamento e a produção de energia de modo ecológico, também no meio ambiente com materiais que possibilitem retirar os poluentes dos efluentes industriais, bem como em sua defesa na ocorrência de desastres. Portanto, é reconhecível o fascínio que a nanotecnologia demonstra diante das diversas possibilidades de soluções (ALVEZ, 2004, p. 30-31).

Ao mesmo tempo em que a nanotecnologia se revela como uma oportunidade de desenvolvimentos positivos para o futuro da humanidade, o risco assim revela-se como a oportunidade de estabelecer vínculos com o futuro a evitar as consequências negativas. Conexões estas que permitem lançar a consciência às projeções além do hoje, mas do que ainda virá. É sabido que esta conscientização do risco justamente objetiva evitar (prevenir e precaucionar) danos vivenciados no passado, quando as novas descobertas tecnológicas eram implementadas sem qualquer mensuração de risco e os danos nefastos se concretizaram. O pensamento voltado exclusivamente no resultado imediato dos ganhos com a inovação merece ser ligeiramente repensado.

3. A PREVENÇÃO E A PRECAUÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS NANOTECNOLÓGICOS

Diante da possibilidade de efeitos negativos advindos da nanotecnologia, denominados risco, é importante compreender de que forma eles podem ser mensurados e contidos. Ademais, a nanotecnologia tem propriedades que não respeitam os limites territoriais das empresas e nem os espaços geográficos. O risco tem prevalência da questão econômico-em-

presarial na definição da regulação sobre as questões envolvendo o ser humano e o meio ambiente (ENGELMANN; MAFALDO, 2015, p. 87).

Além da possibilidade de propagação, os riscos nanotecnológicos de danos ambientais possuem um caráter agravante: são altamente complexos, não possuem previsibilidade e são abarrotados de incertezas científicas quanto as suas projeções de riscos. Inclusive, mesmo decorridos anos após um dano ambiental, as consequências podem persistir e se propagar. Para tanto, importa compreender o sistema complexo que envolve as medidas preventivas dos riscos implicados nesta nova tecnologia e suas possíveis formas de gestão de risco aos danos ambientais.

Logo, o desafio é de que as ameaças e os riscos sistematicamente coproduzidos sejam evitados, minimizados, dramatizados, canalizados de modo que não comprometam o processo de modernização e nem as futuras gerações. Portanto, o que é sabido é que a gestão ambientalmente sustentável dos nanomateriais deve abordar todo o ciclo de vida do produto, seus possíveis efeitos à saúde e ao meio ambiente. Logo, esta atuação deve ocorrer antes de comercialização (BECK, 2010, p. 24).

Portanto, diante deste cenário, revela-se, de soberana importância, como hipótese de solução dos problemas tecidos neste artigo, a aplicação do princípio da prevenção e precaução, uma vez que estes podem envolver uma gama de procedimentos cautelatórios para minimizar os riscos de danos ambientais atuais e futuros. É preciso ter em mente que o passado deixou de ser uma chave confiável para o futuro, a abordagem da precaução é necessária e requer uma série de mudanças na cultura científica e na forma como a avaliação de risco é realizada, (BECK, 2010, p. 24) uma vez que esta possui um elemento agravante: o desconhecimento científico.

Assim, alguns investigadores, que preferem uma abordagem mais abstrata e generalizada, distri-

buem as incertezas por três categorias: *enviesamento*, *aleatoriedade* e *variabilidade verdadeira*. Outros especialistas categorizam a incerteza em termos da estimação do intervalo de confiança da *probabilidade de ocorrência* e da *gravidade* do impacto do perigo potencial. Por isso, habituados com os fatores de incerteza, utilizam elementos prudenciais como, por exemplo: (i) basear-se em espécies de animais para estabelecer os potenciais efeitos sobre o homem; (ii) utilizar escalas de peso corporal para comparações entre espécies, (iii) adotar um fator de segurança na avaliação de uma dose diária admissível para ter em conta a variabilidade intra e interespecie, o valor deste fator variável em função do grau de incerteza dos dados disponíveis; (iv) não determinar doses diárias admissíveis para as substâncias reconhecidas como genotóxicas cancerígenas; (v) tomar como base o nível "ALARA" (*as low as reasonably achievable* - tão baixo quanto razoavelmente possível) para determinados contaminantes tóxicos (CCE).

Damodaram, apesar da redação, direciona as questões da área da Administração: o autor realiza uma interessante comparação entre a *Gestão de Riscos* e a *Proteção Contra os Riscos* que é muito pertinente aos riscos nanotecnológicos diante dos riscos negativos e as oportunidades positivas (DAMODARAM, 2009, p. 302):

Tabela 2: Gestão de riscos e a proteção contra os riscos.

	Proteção contra riscos	Gestão de riscos
Visão do Risco	O risco é um perigo	O risco é um perigo e uma oportunidade
Objetivo	Proteger contra as consequências negativas do risco	Explorar os aspectos positivos dos riscos gerados pela incerteza
Ênfase funcional	Financeira	Estratégia, abrange todas as funções
Processo	Orientada ao produto. Concentrada no uso de derivados e seguros como proteção contra o risco	Orientada ao processo. Identifica as dimensões-chave do risco e tenta desenvolver maneiras melhores de tirar vantagem desses riscos em relação à concorrência
Medida do sucesso	Redução da volatilidade dos lucros, fluxos de caixa ou valor	Maior valor
Tipo de opção real	Opção de venda (seguro contra maus resultados)	Opção de compra (tira vantagem da alta volatilidade para gerar bons resultados)
Principal efeito sobre o valor	Taxa de desconto menor	Maiores e mais estáveis retornos excedentes ao custo do capital
Possivelmente faz sentido para	Empresas de capital fechado ou controladas por número pequeno de acionistas com expressiva alavancagem e custo de dificuldades financeiras.	Empresas atuantes em setores voláteis e com expressivo potencial para retornos excedentes (se bem-sucedidas)

Fonte: DAMODARAM, 2009, p. 302.

Logo, extrai-se do importante comparativo, que a uma gestão estratégica do risco realiza um olhar mais amplo a respeito dos riscos, ou seja, não só

no sentido de dano, mas de oportunidade. Justamente visando se evitar o engessamento das novas tecnologias e oportunidades de evolução e melhoramento de técnicas disponíveis.

Logo, as incertezas científicas exigem medidas precaucionais urgentes, provisórias e proporcionais com um constante monitoramento da atividade, bem como avaliação periódica das técnicas, das situações de perigo, dos resultados das pesquisas e, assim, tornando próspero o gerenciamento dos riscos (ENGELMANN; FORES; WEYRMÜLLER, 2010, p. 138).

A abordagem preventiva requer obrigatoriedade, mecanismos de supervisão acerca das características únicas dos nanomateriais. Estes mecanismos devem priorizar os riscos para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Além disso, esta supervisão deve ser transparente, fornecendo ao público as informações sobre os processos de tomada de decisão, sobre os testes de segurança dentre outras decisões necessárias. Os desenvolvedores e fabricantes devem se posicionar como administradores responsáveis pela segurança e eficácia dos seus processos e produtos, mantendo a responsabilidade por quaisquer impactos adversos decorrentes deles (ICTA).

Já a precaução, comando necessário diante das incertezas científicas, merece ser evocado. O foco, assim, deve ser voltado a atribuir o ônus da proteção aos responsáveis pelas atividades potencialmente nocivas. Este princípio se releva primordial quando principalmente as pesquisas sugerem que a exposição a pelo menos alguns nanomateriais, nanodispositivos ou produtos da nanobiotecnologia podem causar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente (ICTA).

A aplicação do princípio da prevenção e precaução diante das incertezas científicas acerca de todos os possíveis efeitos dos nanomateriais necessita aliar-se a combinação do número mais significativo de informações disponíveis atualmente no mundo. Este

instrumento é possível de ser consagrado mediante a realização de estudos transdisciplinares que objetivem identificar os riscos implicados, seja para a fauna e flora marinha ou para os seres humanos.

Damodaram (2009, p. 109) defende que a cautela aos riscos deve iniciar pela sua identificação, quando serão apontadas as possibilidades negativas ou positivas da atividade, a partir da transdisciplinaridade. Assim, a pesquisa poderá fornecer as evidências científicas necessárias a determinar se os riscos são credíveis e suficientes para justificar a implementação de medidas de precaução (MENESTREL). Estes estudos, portanto, devem, a partir do seu perfil de toxicidade dos nanomateriais, realizar avaliações precisas e abrangentes, em vista de gerar uma segurança prévia ao mercado (ICTA).

Center for Technology Assessment's Nanoaction Project defende que "regulamentos sustentados em uma abordagem preventiva são fundamentais para os novos desenvolvimentos tecnológicos" objetivando a realização de estudos para a obtenção de dados acerca dos possíveis impactos da nanotecnologia para a saúde e para o meio ambiente a curto e longo prazo. Ademais, a "falta de dados ou evidências não pode servir de base para uma segurança ilusória" (ICTA).

Portanto, a análise de risco ambiental dos nanomateriais depende principalmente de uma estrutura regulatória, envolvendo a geração de protocolos, os quais devem ser baseados em uma interação transdisciplinar, principalmente entre a química, responsável pela síntese, quantificação e caracterização dos materiais, a biologia e a medicina, na concepção dos ensaios e na interpretação dos resultados a fim de se obter uma avaliação dos riscos do modo mais fidedigno possível. Com o aumento das pesquisas nessa área, que abarquem o monitoramento ambiental de nanopartículas, será possível avaliar o risco de contaminação por estes materiais, através de cálculos pro-

babilísticos. O conhecimento dos riscos que os nanomateriais causam ao ambiente será importante para que a sua produção, comercialização e descarte sejam feitos de forma adequada e sustentável (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010).

CONCLUSÃO

Resumindo o presente artigo, explanou-se, no primeiro título, o histórico da nanotecnologia, partindo-se da demonstração da presença da nanotecnologia no meio ambiente natural (borboletas, lagartixas, mexilhão) e, de forma incidental, com registros datados desde a antiguidade, (Romanos no Século IV) nos jarros de vidros (LYCURGUS) com inclusão de partículas coloidais de ouro e prata no vidro. A terceira classificação denota a possibilidade de fabricação de nanomateriais com nanotecnologia, foco da abordagem.

Na sequência, realinharam-se os principais eventos que marcaram a evolução da aplicação da nanotecnologia até os conhecimentos recentes e que demarcaram o seu conceito como a capacidade de manipular átomos e moléculas para a construção materiais átomo a átomo. Diante desta evolução, a nanotecnologia torna real a elaboração de materiais com as características e propriedades convenientes ao uso que se destina. Condições estas impraticáveis quando da manipulação de materiais em escala macro.

Desta maneira, o fascínio da nanotecnologia justamente existe em razão das inúmeras possibilidades de inovação, solução, praticidade e tantas outras ainda inimagináveis. Por outro lado, as pesquisas e até mesmo as produções de materiais com nanotecnologia estão em andamento, mas sem uma orientação de segurança adequada ou medidas de proteção a se evitar a concretização dos danos ambientais. Além disso, são percebidos inúmeros incentivos dos governos e indústrias com alvo no desenvolvimento, mas

não na prevenção e precaução dos riscos. Ou seja, pesquisas voltadas para a descoberta dos possíveis efeitos da nanotecnologia no meio ambiente não estão sendo almejadas.

Diante deste cenário, o objetivo inicialmente proposto neste artigo foi alcançado mediante a abordagem da nanotecnologia a partir do seu conceito, histórico, fascínio e riscos ambientais já evidenciados pelas pesquisas. Portanto, o problema foi exposto em razão do paradigma do fascínio aos riscos revelou-se dado o exponencial desenvolvimento da nanotecnologia mesmo tendo em conta a obscuridade das suas propriedades de risco, o que demanda a abordagem sobre as hipóteses de solução mediante a aplicação dos princípios da prevenção e precaução imersos na identificação e avaliação contextualizada dos riscos nanotecnológicos.

Portanto, ao mesmo tempo em que a nanotecnologia é fascinante diante das oportunidades de desenvolvimentos positivos, o risco de ocorrências negativas deve ser objeto de estudos. Estudos estes gerados a partir da interação transdisciplinar que possibilite a identificação e valoração dos riscos implicados nos nanoprodutos e, a partir deste, realizar a prevenção e, ao mesmo tempo, monitorar aqueles ainda incertos (precaução), objetivando-se evitar os danos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, Kenneth; MERCHANT, Gary; SYLVESTER, Douglas. Transnational Regulation of Nanotechnology: Reality or Romanticism? **International Handbook on Regulating Nanotechnologies**. 2009. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=1424697>>. Acesso em: 21 jul. 2017.
- ADAMS, John. **Risco**. Tradução Lenita Rimoli Esteves. São Paulo: Senac, 2009.
- ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro

não é apenas questão de tempo. **Revista Parcerias Estratégicas. Brasília**, v. 9, n. 18, p. 23-40, 2004. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138>. Acesso em: 5 set. 2017.

BARRETTO, Vicente de Paulo. O "admirável mundo novo" e a teoria da responsabilidade. In: TEPEDINO, Gustavo; FACHIN, Luiz Edson (Coords.). **O Direito e o tempo: embates jurídicos e utopias contemporâneas**. Estudos em homenagem ao Professor Ricardo Pereira Lira. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Ed. 34, 2010.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT (ICTA). NANOACTION PROJECT. **Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials**. Disponível em: <http://www.icta.org/files/2012/04/080112_ICTA_rev1.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS (CCE). **Comunicação da comissão relativa ao princípio da precaução**, 2000. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0001:FIN:pt:PDF>>. Acesso em: 5 jul. 2017.

DAMODARAM, Aswath. **Gestão estratégica do risco: uma referência para a tomada de decisão de riscos empresariais**. Tradução de Feliz Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookmann, 2009.

ENGELMANN, Wilson. O diálogo entre as fontes do direito e a gestão do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases à juridicização do risco. In: STRECK, Lênio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Orgs.). **Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica**. Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS. v. 9. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, Marcos Regulatórios e Direito Ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; FROHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotecnologias aos na-

- nocosméticos: conhecendo as novidades na escala nanométrica. In: ENGELMANN, Wilson. **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. Erechim: Deviant, 2015.
- ENGELMANN, Wilson; MAFALDO, Camila. Nanorregulação: condições e possibilidades para a sua estruturação. In: ENGELMANN, Wilson. **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. Erechim: Deviant, 2015.
- ESTADOS UNIDOS. NANO.GOV NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE (NANO.GOV). **Nanotechnology timeline**. Disponível em: <<https://www.nano.gov/timeline>>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- GARNER, Kendra L.; KELLER, Arturo A. **Emerging patterns for engineered nanomaterials in the environment: a review of fate and toxicity studies**. 2014. Disponível em: <<http://www.readcube.com/articles/10.1007/s11051-014-2503-2>>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- GUZMÁN, Katherine A.; TAYLOR, Margaret R.; BANFIELD, Jillian F. Environmental risks of nanotechnology: National nanotechnology initiative funding. **Environmental Science Technology**. v. 40, p. 1401-1407, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0515708>>. Acesso em: 5 set. 2017.
- HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN Wilson. Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão. XXIV Congresso Nacional do CONPEDI, de 3 a 6 de junho de 2015, Aracajú. In: CELLA, José Renato Gaziero; ROVER, Aires Jose; NASCIMENTO, Valéria Ribas do. (Orgs.). **Anais...** Florianópolis: CONPEDI, 2015. Disponível em: <<https://www.conpedi.org.br/publicacoes/c178h0tg/vwk790q77FZqE4NANXQ7yC96.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2017.
- KHODAKOVSKAYA, Mariya et al. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. **Acsnano**. v. 3, n. 10, p. 3221–3227, 2009. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/405e/91420259dc42debfc5e-c718aaf6c28a394c5.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2017.
- LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLICO (LQES). **A better understanding of nanomaterials**. Disponível

em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2017/lqes_news_novidades_2240.html>. Acesso em: 28 ago. 2017.

LEAD, Jamie R.; VALSAMI-JONES, Eugenia. **Nanoscience and the environment**. v. 7. USA: Elsevier, 2014.

LUHMANN, Niklas. **Soziologie des ríkicos**: El futuro como riesgo. Berlín: Gruyter, 1991.

MALDANER, Marly Jacobi. O admirável mundo nano: nanociência e nanotecnologia. In: **Revista SLT Caucho**. Disponível em: <<http://www.sltcaucho.org/nanociencia-e-nanotecnologia-marly-jacobi/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

MAYNARD, Andrew. **Não falamos mais sobre riscos da nanotecnologia, mas isso não significa que eles desapareceram**, 2016. Disponível em: <<http://nanotecnologiasociedade.weebly.com/blog/nao-falamos-mais-sobre-riscos-da-nanotecnologia-mas-isso-nao-significa-que-desapareceram-por-andrew-maynard>> Acesso em: 30 jul. 2017.

MENESTREL, Marc Le; RODE, Julian. Why did business not react with precaution to early warnings? In: **Late lessons from early warnings**: science, precaution, innovation. European Environment Agency, 2013. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/part-d-costs-justice-and-innovation>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

NATIONAL RESEARCH PROGRAMME (NRP 64). **Opportunities and Risks of Nanomaterials**, 2016 Disponível em: <http://www.nrp64.ch/SiteCollectionDocuments/Final_Brochure_NRP64_E.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

PASCHOALINO, Matheus et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Quím. nova**, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol33N_o2_421_32-RV09047.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2017.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-RJ). **Leucipo de Mileto e Demócrito de Abdera**. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/digital/mvsl/linha%20tempo/Leucipo_Democrito/>

pdf_LT/LT_leucipo_e_democrito.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017

- PYRRHOI, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. A moralidade da nanotecnologia. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 11, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2012001100002>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- REIBOLD, M. et al. C. Carbon nanotubes in an ancient Damascus sabre. **Nature**: international weekly journal of science. v. 444, n. 16, 2006. Disponível em: <<http://www.hefajstos.agh.edu.pl/files/%5B2006%5D%20Carbon%20nanotubes%20in%20an%20ancient%20Damascus%20sabre%20-%20M.%20Reibold.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- SHEARER, Cameron. A guide to the nanotechnology used in the average home. **Nano Werk**, 2016. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=43847.php>>. Acesso em: 5 abr. 2017.
- SLUIJS, Jeroen van der; TURKENBURG, Wim. Climate change and the precautionary principle. In: FISHER, Elizabeth; JONES, Judith; SCHOMBERG, René Von. **Implementing the precautionary principle**: perspectives and prospects. Massachusetts: Edward Elgar, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rene_Schomberg/publication/268036760_Implementing_the_Precautionary_Principle_Perspectives_and_Prospect/links/5527b9450cf2779ab78a9a12/Implementing-the-Precautionary-Principle-Perspectives-and-Prospect.pdf>. Acesso em: 5 set. 2017.
- SOCOOWSKI, Britto et al. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60(OH)18–22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, v. 15, p. 114-115, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22417764>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- SUBRAMANIAN, Vrishali et al. Sustainable nanotechnology decision support system: bridging risk management, sustainable innovation and risk governance. **J Nanopart Res**, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299493919_Sustaina>

ble_nanotechnology_decision_support_system_bridging_risk_management_sustainable_innovation_and_risk_governance>. Acesso em: 24 ago. 2017.

THE NEW YORK TIMES. **Antique Nanotubes**. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2006/11/28/science/28observ.html?mcubz=0>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (ROYAL SOCIETY). **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. Disponível em: <https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **História da Nanotecnologia**. Disponível em: <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh1/Artigos/68.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

WEYERMÜLLER, André Rafael; SILVA, Bruno de Lima; SCHILLING, Lucas Medeiros. As nanotecnologias e o papel do Direito frente aos riscos: In: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria (orgs.). **BioNano ética: perspectivas jurídicas**. São Leopoldo: Trajetos editorial, 2017.

3

AS NANOTECNOLOGIAS: ENTRE AUTORREGULAÇÃO E GOVERNANÇA

Haide Maria Hupffer¹
Wilson Engelmann²

-
- 1 Docente e pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e no curso de Graduação em Direito da Universidade FEEVALE. Realiza seu estágio pós-doutoral sob a supervisão do Prof. Dr. Wilson Engelmann da UNISINOS.
 - 2 Docente e Pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado e Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios, ambos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

INTRODUÇÃO

As nanotecnologias são um dos mais promissores e fascinante campo das novas tecnologias e já são realidade em inúmeros produtos e aplicações produzidas e comercializados por diferentes setores que incorporam algum tipo de componente nano com a utilização de nanopartículas, nanotubos, nanoesferas, matérias-primas nanoestruturadas ou materiais nanocompósitos. Os setores que mais se destacam com algum tipo de nanotecnologia incorporada em seus produtos e aplicações são os da área da saúde, têxtil, biotecnologia, automotiva, química, energia, remediação e proteção ambiental, petroquímica, nuclear, gás, cosmética, alimentos, semicondutores, eletrônicos, embalagens, defesa, aeroespacial, agropecuária, tecnologia da informação e comunicações entre outros. Não é uma promessa e sim um mercado que anda em ritmo exponencial.

Nas últimas duas décadas, iniciativas para regulamentar as nanotecnologias, políticas de segurança para trabalhadores que manuseiam nanotecnologias, bem como discussões sobre medidas para minimizar riscos de produtos e aplicações nanoengenheiradas na saúde humana e no meio ambiente, resultaram em alguns documentos de organismos internacionais privados, empresas e Estados que estão contribuindo para discutir caminhos para uma governança responsável. O presente trabalho apresenta, de forma sucinta, o mercado econômico das nanotecnologias, exemplos concretos de organizações de caráter privado e organizações internacionais que já implementaram estratégias de autorregulação, para, ao final, apresentar caminhos para continuar o debate por uma governança global responsável.

1. O MERCADO ECONÔMICO DAS NANOTECNOLOGIAS

A nanotecnologia tem como uma de suas características ser pervasiva, ou seja, ela adentra em

vários setores – dos têxteis aos fármacos. Indicativos de pervasidade da nanotecnologia podem ser comprovados “pela diversidade de domínios tecnológicos nos pedidos de patentes depositados envolvendo nanotecnologia” como bem pontua Barbosa (2017, p. 50). Essa característica de ser pervasiva abre espaço para outras inovações pelo seu potencial facilitador (*enabling*), o que faz da nanotecnologia um mercado altamente promissor como um “novo paradigma tecnoeconômico” por ter a capacidade de adentrar em vários setores e mudar a “dinâmica de várias tecnologias”. Neste ponto, o autor observa que não existe uma nanotecnologia, “mas várias nanotecnologias, que não são fins em si mesmas, mas tecnologias facilitadoras que serão incorporadas em outras, podendo uma mesma nanotecnologia afetar diversos setores” (BARBOSA, 2017, p. 50-52).

Tal perspectiva, por sua vez, reflete no crescimento de investimentos em nanotecnologia em todo o mundo, maiormente “nos setores farmacêutico, de alimentos, saúde, de semicondutores e outros bens de consumo”. O mercado mundial de nanotecnologia para o ano de 2012 foi “estimado em 693 bilhões de dólares” e para o ano de 2013 em um trilhão de dólares. Registre-se, ainda, que “em 2015, alcançou 2,95 trilhões de dólares, o que corresponde a cerca de 15% do mercado global, segundo o Lux Research, Instituto de Pesquisas Internacional” (MARCONE, 2015, p. 13).

A tendência é de continuar crescendo, conforme pesquisa realizada por profissionais que atuam no campo da nanotecnologia e divulgada pelo Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Pesquisa (CONFAP, 2015). As estimativas para o ano de 2018 são de que o setor “pode movimentar no mundo [...] um montante de 4 trilhões de dólares”. A participação do Brasil nesse mercado é de 0,76% com expectativa de alcançar, no ano de 2018, um pequeno crescimento e ter “1% de todo esse mercado, o que geraria negócios ao redor de 40 bilhões de dólares”. Participam

desse mercado tanto grandes corporações como pequenas *start-ups* (CONFAP, 2015).

Laureth e Invernizzi (2012), em estudo realizado em várias fontes de pesquisa, mostraram o tamanho desse mercado no ano de 2012 quando foi contabilizado "2.272 empresas de 51 países realizando pesquisa, manufatura ou aplicações de nanotecnologia". As autoras alertam que os "inventários internacionais subestimam o número de empresas fora dos países mais industrializados, uma vez que os inventários de empresas nacionais realizados em vários países indicam muitas mais empresas das ali reportadas" (LAURETH; INVERNIZZI, 2012, p. 208).

De acordo com dados Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), em março de 2006 havia 212 produtos ou linhas de produtos com nanotecnologias comercializados. Já no período compreendido entre março de 2006 e março de 2011 houve um crescimento de 521%, saltando para "1.317 produtos ou linhas de produtos que declararam publicamente conter nanotecnologias em suas composições ou fórmulas". Os 1.317 produtos no mercado no ano de 2011 foram caracterizados por perfil de distribuição: "56% de produtos para a saúde e *fitness*, 16% de produtos para casa e jardim, 9,5% para produtos automotivos, 8% para produtos alimentícios e bebidas, 4,4% para produtos eletrônicos e computadores, entre outras categorias menos expressivas". O país que mais produz produtos declarados *nanotech* são os Estados Unidos com 44% do mercado, seguido da Europa com 28%, a Ásia com 20% e os 8% restantes são fabricados em outros países/continentes ou locais não declarados (ABDI, 2013, p. 11-13).

No governo de Bill Clinton, os Estados Unidos colocaram em marcha o programa *National Nanotechnology Initiative* (NNI) com investimentos entre os anos de 2001 e 2017 de 24.000 milhões de dólares para oferecer suporte e infraestrutura para desenvolver nanotecnologia, com aprovação de projetos,

contratação de pessoal, equipamentos e centros de investigação envolvendo diferentes agências e ministérios. A este valor devem ser somados os investimentos realizados por universidade, Estados e ao crescente aporte de recursos do setor privado. Um objetivo não declarado de iniciativa da NNI é de “desbancar os países europeus, quando somados em conjunto, de seu papel hegemônico em nanociência” (confirmada pelos prêmios Nobel relacionados com pesquisas na área de nanociência). Para 2017 estão previstos 1,4 bilhões de dólares para pesquisa e desenvolvimento, o que afirma a importância da nanotecnologia na Administração Trump. A iniciativa da NNI nos Estados Unidos também motivou outros países a investirem em nanotecnologia e não perderem espaço nesse novo mercado que se desenha muito promissor. Como exemplo, a União Europeia elegeu no Programa Marco, conhecido como Horizonte 2020 as pesquisas em nanotecnologias como prioritárias e facilitadoras da competitividade industrial, mostrando claramente que se está saltando do laboratório para a indústria (BERMEJO; DOMINGO, 2017, p. 20-23).

Sair das academias e laboratórios de pesquisa para as indústrias refletiu imediatamente em um aumento exponencial de publicação de artigos científicos: em 2.000 o número de artigos sobre nanotecnologias era de 16.000 publicações, em 2005 saltou para mais de 45.000; em 2010 para aproximadamente 82.000 e no ano de 2015 o número de artigos científicos superou 140.000 publicações. Não se está a discutir a qualidade das publicações científicas, o que se quer mostrar é que no momento em que a indústria percebe o potencial das nanotecnologias as publicações científicas crescem na mesma proporção. Até o ano de 2008 os Estados Unidos eram os líderes em publicações, mas foram superados desde então pela República Popular da China. Em 2017 as publicações científicas sobre nanotecnologia, por ordem de produção são: República Popular da China, Esta-

dos Unidos, Índia, Coreia do Sul, Alemanha, Irã, Japão, França, Reino Unido e Espanha (BERMEJO; DOMINGO, 2017, p. 20-23).

Observando os valores investidos pelo governo brasileiro para pesquisa e desenvolvimento para a área de nanotecnologia, percebe-se que os investimentos ainda são tímidos se comparados com países desenvolvidos, mesmo a nanotecnologia sendo considerada uma área prioritária para tornar o Brasil mais competitivo. No período de 2004 a 2014 foram investidos aproximadamente 440 milhões de reais. No ano 2014 existiam “260 grupos de pesquisa atuando na área no país com aproximadamente 2.500 pesquisadores e mais de 3.000 estudantes” (BRITO; QUONIAM; MENA-CHALCO, 2016).

Na análise de Hankin e Caballero (2014, p.3), o Brasil já pode ser considerado como um sistema maduro de Pesquisa e Desenvolvimento em nanotecnologia. Dentre os programas criados destacam-se: i] “Programa Nacional de Nanotecnologia”; ii] Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNANO) criado em 2012; iii] Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (ENCTI) elaborado para os anos 2012-2015; iv] Plano Brasil Maior (PBM); v] Redes Cooperativas de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotoxicologia, e vi] Redes de Nanoinstrumentação. Essas iniciativas do Ministério da Ciência e Tecnologia foram criadas para “responder perguntas e fornecer dados importantes voltados para a questão regulatória da nanotecnologia” (HANKIN; CABALLERO, 2014, p. 3).

Em termos de financiamento para alavancar pesquisas em nanotecnologia, o Brasil, em 2011, ocupava o vigésimo primeiro lugar em fomento público para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), ficando atrás de países como Holanda, Suécia e Cingapura. Até o ano de 2010 a liderança era dos países europeus, quando somados em conjunto; contudo perderam a liderança para os Estados Unidos ao sofrerem grandes cortes nos aportes de recursos públicos nos anos de 2011 e 2012. É

quando os Estados Unidos se tornam líderes absolutos, o Japão alcança a vice-liderança no ano 2011 em gastos governamentais com P&D e a Alemanha ficou em terceiro lugar. Na sequência vem a China, a Coreia do Sul, a França, Suíça, Reino Unido, Suécia, Taiwan, Austrália e Finlândia (BARBOSA, 2017, p. 62).

Analistas da RNCOS realizaram uma pesquisa segmentada sobre o setor de nanotecnologia e interpretaram as tendências de mercado na publicação “*Global Nanotechnology Market Outlook 2024*” com destaque claro para as áreas que oferecem possibilidades promissoras para as indústrias crescerem. O mercado global de nanotecnologia mostrou, em 2016, impressionante crescimento devido a fatores como: i] aumento de aportes do governo e do setor privado para financiar pesquisa e desenvolvimento; ii] parcerias e alianças estratégicas entre países; iii] aumento da demanda por dispositivos menores e mais poderosos; iv] preços acessíveis. A saúde e a medicina são os setores em que a nanotecnologia teve maior sucesso, principalmente motivado pela aplicação para diagnóstico e tratamento de doenças crônicas como o câncer, o infarto, entre outras. Setores que também estão crescendo a passos largos são os da área da agricultura, energia, eletrônica, defesa e alimentos (RNCOS, 2016).

No entanto, apesar da tendência de crescimento vertiginoso de produtos e aplicações com nanotecnologias, a questão da regulação caminha a passos lentos. Na sequência, a intenção é mostrar que acordos normativos privados crescem em contraponto a iniciativas de criação de um sistema regulador global. Um sistema regulador global é certamente mais complexo por exigir diálogos e ações com empresas/organizações privadas e Estados que nesse momento querem participar do mercado econômico sem muitas preocupações com possíveis riscos e perigos para a saúde humana e meio ambiente no contexto do princípio da equidade inter/transgeracional.

2. A AUTORREGULAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS

O mercado emergente das nanotecnologias e a aposta dos países em introduzir com rapidez sempre novos produtos e aplicações com nanopartículas para não ficarem de fora de um mercado tão promissor, também traz consigo desafios e uma preocupação sobre os riscos associados às possibilidades de usos nas mais diversas áreas, além da preocupação com o ciclo de vida de produção, a nanotoxicidade e os nanorresíduos. Neste subcapítulo, inicialmente serão apresentados, de forma sucinta, alguns estudos que já apontam riscos das nanotecnologias à saúde humana e meio ambiente e nanotoxicidade. Na sequência, serão apresentadas iniciativas regulatórias de condutas não estatais criadas por atores e organizações privadas internacionais e Estados.

Vance et al. (2015) realizaram em um inventário no ano de 2013 sobre o número de produtos disponibilizados no mercado consumidor com nanotecnologia. Listaram 1.814 produtos lançados por 622 empresas em 32 países. A categoria Saúde e Fitness é a mais expressiva, com 762 produtos com 42% do mercado. O inventário também aponta que a prata é a nanopartícula mais utilizada (435 produtos, ou 24%). Por outro lado, o que chama a atenção no estudo é que 49% dos produtos (889) incluídos no inventário não fornecem a composição do nanomaterial utilizado nos produtos disponibilizados para o consumidor. Outra constatação é que cerca de 29% (528 produtos) que contêm nanomateriais são utilizados em uma variedade de meios líquidos, em que a exposição humana se dá pelo contato dérmico. A gravidade dos dados apresentados reflete que a maioria dos produtos (1288, ou 71%) não apresentam informações suficientes para indicar como os nanomateriais foram utilizados, os tipos de exposição humana e ambiental que carregam cada nanomaterial, bem como avaliações de risco no ciclo de vida de cada produto. Os auto-

res reconhecem que existem limitações inerentes ao tipo de banco de dados criado para a realização do inventário, mas que os resultados do inventário estão em consonância com as principais críticas publicadas em periódicos científicos sobre a pouca atenção recebida por empresas e comunidade científica sobre avaliação de riscos (VANCE et al., 2015).

Uma consequência lógica da ampliação do mercado nano é que produtos e aplicações com nanotecnologias cada vez mais entrarão em contato com sistemas biológicos e com o organismo humano. Como as nanopartículas reagem com os sistemas biológicos é um problema ainda não resolvido. Estudos realizados *in vivo* e *in vitro* mostram que os nanomateriais podem danificar a saúde humana, como o dióxido de titânio na escala nano, capaz de gerar apoptose e dano oxidativo do DNA. Também foi detectado que nanotubos de carbono produzem mesoteliomas (um tipo de câncer) podendo danificar o epitélio pulmonar de forma similar que o amianto. Como os estudos epistemológicos sobre a toxicidade dos nanomateriais ainda são limitados, a saúde do ser humano e o meio ambiente correm sérios riscos com o avanço irresponsável das nanotecnologias sem pesquisa que acompanhe seus riscos. Pesquisadores, trabalhadores e consumidores são os mais expostos (DÍAZ-SOLER; LÓPEZ-ALONSO; MARTÍNEZ-AIRES, 2017, p. 170).

Portanto, as características das nanotecnologias que as fazem tão atrativas para aplicações tecnológicas e biomédicas, bem como sua grande reatividade e sua capacidade de cruzar barreiras biológicas carregam riscos e perigos para o ser humano e para o meio ambiente, como bem pontua Jiménez (2006, p. 7). Com isso a autora não quer dizer que todos os nanomateriais são perigosos para a saúde, alguns podem ser totalmente inócuos neste momento, mas podem apresentar risco elevado no futuro ou não. Um nanomaterial pode apresentar riscos em relação a sua composição química, distribuição de tamanhos,

forma e área superficial, entre inúmeros outros fatores. Os materiais nanoengenheirados são especialmente preocupantes pelo simples fato de serem “materiales totalmente nuevos, concebidos y sintetizados en el laboratorio durante los últimos años. Su gran variedad y la velocidad de aparición de nuevos materiales han despertado la preocupación de la sociedad” (JIMÉNEZ, 2016, p. 7).

Boas práticas de governança em nanotecnologia são atualmente mais ditadas por organizações internacionais privadas como a OMC, OCDE e a ISO, o que mostra uma tendência de privatização do Direito neste campo, com indicativos de “abertura ao movimento do pluralismo jurídico” (ENGELMANN, 2016, p. 44). De modo mais abrangente, Engelmann (2016, p. 44), apoiado em pesquisa de Darnaulleta e Gardella, identifica três faixas de normas: i] “princípios de hierarquia superior, como princípios do GATT e WTO, além dos direitos fundamentais”; ii] “legislação em sentido amplo, ou seja, o Direito positivo editado pelas instâncias com competências legislativas e regulamentares”; iii] “normas aprovadas pelos organismos e autoridades de standardização” (ENGELMANN, 2016, p. 44).

Dito de outro modo, além das fontes tradicionais do Direito como a legislação, a doutrina, os contratos, os costumes, entre outros, Engelmann (2016, p. 44) indica que também devem ser consideradas outras fontes como: i] indicações expedidas pela OCDE; ii] as normas ISO sobre nanotecnologias e nanomateriais produzidas pelo Comitê Técnico 229; iii] normas expedidas por agências reguladoras; iv] “recomendações e orientações expedidas pela The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)”; v] “decisão do Parlamento Europeu sobre a rotulagem dos cosméticos que contenham nanopartículas”; vi] indicação do Parlamento Europeu sobre rotulagem dos alimentos que contenham nanopartículas; vii] decisões da *European Food Safety Authority* (EFSA) “sobre as embalagens e o nível de migração das nanopartículas

de zinco da embalagem para os alimentos". Outras recomendações publicadas na União Europeia, Estados Unidos e nos países asiáticos têm contribuído para promover discussões sobre os riscos das nanotecnologias e como regulamentar a área (ENGELMANN, 2016, p. 44-45).

Os dois blocos líderes em pesquisa, desenvolvimento e produção de nanopartículas não tem posições homogêneas quando se fala em regulamentação, como bem pontuam Foladori e Invernizzi (2016, p. 10). Grande parte dos países produtores de nanotecnologia estão aguardando a posição dos líderes para dar seguimento na criação de marcos regulatórios internos. Tanto Estados Unidos como União Europeia consideram que os corpos legais aplicados aos químicos podem ser o ponto de partida para tratar dos nanomateriais.

Nos Estados Unidos o corpo normativo é a TSCA da Agência EPAF, e na União Europeia o REACH que regulamenta os produtos químicos. A discussão sobre regulação para a nanotecnologia tem ampliado nos últimos anos em razão do acelerado crescimento da produção e comércio de produtos com nanopartículas, e por informações científicas sobre potenciais riscos para a saúde e para o meio ambiente. As duas razões estão entrelaçadas, "una vez que los parámetros de protección pueden implicar barreras comerciales". A questão principal a ser discutida é se os "criterios convencionales que se aplican a la regulación de los químicos son suficientes para tratar las nanopartículas o no" (FOLADORI; INVERNIZZI, 2016, p. 10-11).

Outra iniciativa dos Estados Unidos é encontrada na publicação do "Approaches to Safe Nanotechnology do NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)" que discute os perigos potenciais dos nanomateriais engenheirados e a adoção de medidas para minimizar os riscos a que são submetidos os trabalhadores. As recomendações partem de pesquisas que já apontam nanotoxicidade, como: i] a

baixa solubilidade em água de nanopartículas indica que elas são mais tóxicas do que “partículas maiores considerando-se uma relação mássica”; ii] “a área e a química de superfície das nanopartículas são responsáveis por respostas observadas em culturas de células e em animais”; iii] “as nanopartículas podem penetrar através da pele ou serem absorvidas por via inalatória, alcançando diversos órgãos do corpo”. A NIOSH recomenda cautela na exposição do trabalhador às nanopartículas biopersistentes e indica a necessidade de pesquisas complementares para entender o impacto na saúde do trabalhador (ABDI, 2013, p. 29).

Agência americana *Food and Drug Administration* (FDA) “responsável por proteger e promover a saúde pública através da regulação e supervisão da segurança de alimentos, medicamentos, vacinas, biofármacos, dispositivos médicos, produtos veterinários, entre outros” vem lançando desde 2011 consultas públicas *on line*. O primeiro documento (*Draft Guidance for Industry, Considering Whether an FDA-Regulated Product Involves the Application of Nanotechnology*) foi publicado em junho de 2011 sem intuito regulatório, objetivando apenas auxiliar o setor industrial a “identificar potenciais implicações relativas à regulação, segurança, eficácia ou impacto à saúde pública, que podem surgir com a aplicação da nanotecnologia em produtos regulamentados pela FDA” (ABDI, 2013, p. 29).

Em abril de 2012, a FDA lançou seu segundo documento intitulado *Guidance for Industry, Safety of Nanomaterials in Cosmetic Products* com o objetivo de incentivar “que o fabricante, que deseje inserir nanomateriais em um novo produto cosmético, procure a Agência para discutir previamente os métodos de ensaio e os dados necessários para fundamentar a segurança do produto”. Como avaliação de segurança, a FDA entende a “identificação de perigo, a avaliação de dose-resposta, a avaliação da exposição e caracterização do risco”. Neste documento também

é indicada a necessidade de modificar testes padronizados ou novos testes de segurança para: i] avaliar as principais propriedades físicas e químicas que podem afetar o perfil de toxicidade de nanomateriais, e ii] os efeitos dessas propriedades em função da formulação cosmética" (ABDI, 2013, p. 30).

A União Europeia (EU) tem realizado um grande esforço para tratar as questões atinentes à regulação dos nanomateriais com participação significativa de cada Estado-membro nas consultas públicas realizadas. Como resultado de alguns dos esforços da EU, tem-se: i] o projeto de implementação de Regulação de Registro, Avaliação, Autorização e Restrição de Químicos (REACH) sobre Nanomateriais (RIP-oNs); ii] uma segunda Revisão Regulatória sobre nanomateriais da Comissão Europeia (CE) com o objetivo de descrever "a posição no que diz respeito à adaptação e à implementação de medidas no âmbito do REACH para a regulação dos nanomateriais, com base na definição de nanomateriais, mercados de nanomateriais, seus usos, benefícios, aspectos sanitários e de segurança, análise de riscos, assim como informações e bancos de dados sobre nanomateriais"; iii] a Inserção de diretrizes em relação a CLP (Certificação, Rotulagem e Embalagem) da UE em que é "obrigatório que as substâncias introduzidas no mercado europeu, incluindo os nanomateriais, sejam notificadas à European Chemicals Agency (ECHA) em conformidade com sua "classificação de perigo, independentemente da sua tonelagem" (HANKIN; CABALLERO, 2014, p. 13).

Em 2008 a União Europeia criou um código de conduta para a pesquisa nos campos das nanociências e nanotecnologias, com revisão a cada dois anos, com o objetivo de orientar os Estados-membros, pesquisadores, funcionários, financiadores de pesquisas e todas as pessoas interessadas para o desenvolvimento de pesquisa responsável. Pesquisadores e organizações públicas e privadas respondem pelos impactos futuros que suas pesquisas com nanotecnolo-

logias podem gerar na saúde humana e no meio ambiente (UNIÃO EUROPEIA, 2008, p. 5).

O Regulamento nº 1169/2011, de 25 de outubro de 2011 da União Europeia (2011, p. 31), disciplina a prestação de informação aos consumidores sobre os produtos alimentícios com nanotecnologia. A grande inovação deste regulamento é a exigência de que as substâncias obtidas por nanoprocessos devem ser indicadas de forma clara na lista de ingredientes, onde o prefixo “nano” deve constar em parênteses após o nome do componente.

Buscando dar acesso à informação, a União Europeia (2016) criou o Observatório de Nanomateriais com as seguintes responsabilidades: i] criar banco de dados sobre nanomateriais, mercado alvo, estudos de riscos com divulgação dessas informações ao público; ii] criar metodologias, realizar estudo de caso e revisões em qualquer área considerada como relevante ao debate público sobre a segurança de nanomateriais; iii] disponibilizar informações de fácil compreensão ao público sobre nanomateriais, que produtos e aplicações utilizam nanopartículas, e estudos sobre os riscos de nanomateriais para consumidores e trabalhadores, bem como os impactos para o meio ambiente (UNIÃO EUROPEIA, 2016).

A *International Organization for Standardization* (ISO), ao longo das últimas duas décadas, vem publicando uma série de normas e padrões para definir os termos básicos usados na literatura sobre nanotecnologia. Em 2005 criou o Comitê Técnico 229 com atenção exclusiva ao estabelecimento de normas e padrões de nanotecnologia alicerçados em dois domínios: i] compreensão e ii] controle da matéria e processos na nanoescala;

Em junho de 2005, a ISO formalizou a criação do Comitê Técnico 229 (ISO - TC 229), dedicado exclusivamente ao estabelecimento de normas e padrões de nanotecnologias não relacionados com a área eletrônica. O escopo de atuação da ISO- TC- 229

compreende dois domínios: i] compreensão e controle da matéria e processos na escala manométrica em geral; ii] “utilização das propriedades dos materiais em nanoescala que diferem das propriedades dos átomos, moléculas e da matéria a granel, para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram essas novas propriedades”. O Comitê reuniu trinta e um países, destes vinte e três como países participantes, incluindo o Brasil e, nove países observadores. Os dois “domínios do Comitê Técnico 229 contemplam, de um lado, os métodos de teste para aplicações, de outro, as normas de produto” (LEDESMA, 2010, p. 81).

Em 2008 a ISO publicou os dois primeiros padrões: i] Especificação Técnica 27687/2008 com definições e informações para objetos em nanoescala abrangendo termos como nanopartículas, nanofibras e nanoplacas; ii] Relatório Técnico 12885/2008 que fornece informações sobre “saúde e práticas de segurança em ambientes ocupacionais relevantes para as nanotecnologias” objetivando subsidiar pesquisadores, empresas, trabalhadores e “outros para as consequências adversas à saúde e à segurança durante a produção, utilização e eliminação de nanomateriais fabricados” (VERDI; HUPFFER; JAHNO, 2017, p. 57).

Outro exemplo de regulamentação no escopo das normas ISO é a ISO/TS 80004:2011 que, na parte 4, adota uma série de nomenclaturas para unificar termos e áreas de materiais nanoestruturados. A ISO/TS 80004-4:2011 tem se mostrado um recurso fundamental para todas as partes envolvidas no sector dos nanomateriais por definir padrões de propriedades aceitáveis dentro de uma região de nanoescala para um material ser “nanoestruturado”. Não é uma norma acabada e ela mesmo indica que o conjunto de termos deverá crescer no futuro com revisões periódicas para abranger novos materiais e o desenvolvido da área (ISO, 2011).

Agências governamentais como a *Royal Society and Royal Academy of Engineering* (ERA), do

Reino Unido, têm contribuído para promover discussões sobre os riscos das nanotecnologias e como regulamentar a área. A ERA em 2004 publicou o relatório “*Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*” que se tornou “um marco na discussão sobre a necessidade de envolver o público na governança de novas tecnologias” indicando ainda ao governo aporte recursos financeiros para “promover o diálogo público em torno do desenvolvimento das nanotecnologias” (AMORIM, 2014, p. 424).

Pesquisadores da França também se mostram extremamente preocupados com os riscos das nanotecnologias. Em julho de 2017, oito associações francesas enviaram uma carta aberta ao governo francês solicitando a “adoção de medidas urgentes em relação à utilização de nanomateriais na indústria”. Os pesquisadores denunciaram que o E171, ao ser consumido por ratos, tem o poder de provocar lesões pré-cancerígenas. O E171 é largamente utilizado no mundo todo para a produção de balas, chicletes, pratos industrializados, produtos farmacêuticos e cosméticos e se beneficiam das leis que protegem o segredo industrial. O mais grave é que as crianças são expostas a estes produtos (FOLHA DE SÃO PAULO, 2017).

A China, que ocupa a primeira posição no mundo em termos de mercado, tem dedicado esforços para regular padrões para caracterização de nanomateriais, normas de nanometria, por exemplo, para nano-de-dióxido de titânio, regras gerais para medição da escala manométrica utilizada, supervisão da qualidade e inspeção de produtos, bem como determinação de quarentena para trabalhadores com possíveis contaminações por nanopartículas. Os primeiros movimentos na China datam de 2004 quando da criação dos primeiros comitês técnicos nacionais como o *The Securities Association of China*, a *Standardization Administration of China* (SAC) e o Comitê Técnico 279 (TC279). Estas normas são revistas pelo Comitê Nacional de Normatização Técnica de Nano-

tecnologia (NSTC) que tem cinco grupos lidando com a fabricação de micro, nano-metrologia, saúde, segurança, meio ambiente, testes de nano-indentação e utilização de Microscopia de Varredura por Tuneamento (STM), bem como pelo Comitê Técnico 279 (TC279) que é uma subcomissão da SAC (WACKER; PROYKOVA; SANTOS, 2016, p. 97).

Uma das estratégias da China em relação a produtos químicos com nanotecnologia é fornecer padrões para sua caracterização e testes sem expandir as exigências legais. Como a Europa vem reagindo e realizando grande esforço para regulamentar as nanotecnologias, percebe-se que esse paradigma chinês alterou e já há uma preocupação para não perder espaço no mercado global (WACKER; PROYKOVA; SANTOS, 2016, p. 97).

Na análise realizada por Martinez e Alves (2013) sobre os documentos (recomendações, regulações, relatórios, registro de nanomateriais e padrões, entre outros), disponibilizados pelo Centre for NanoBio-Safety and Sustainability no ano de 2012 relativos às questões de regulação das nanotecnologias, observam que:

Todos estes (documentos) recomendam uma abordagem preventiva com base na exposição mínima através da substituição (por exemplo, de pós por suspensões), isolamento (ambiente fechado), uso de ventilação específica e de equipamento de proteção individual adequado (dado que os nanomateriais podem atravessar as barreiras de um equipamento padrão) e, finalmente, uma monitorização cuidadosa dos potenciais efeitos crônicos (MARTINEZ; ALVES, 2013).

No Brasil, ainda são insipientes os movimentos para regular as nanotecnologias. A Portaria 245 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação de 5 de abril de 2012 instituiu o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNANO). Na Câmara

dos Deputados encontram-se dois projetos de lei em tramitação, ambos de autoria de Sarney Filho (PV/MA). O projeto de lei 5133/2013 trata sobre a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia objetivando que cada produto apresente, em seu rótulo, de maneira clara, expressa e visível que o produto foi produzido com nanotecnologia, se contém nanopartículas ou se foi obtido por processos nanotecnológicos (SARNEY FILHO, 2013a). O segundo projeto de lei (PL 6741/2013) é mais completo e objetiva a criação de uma Política Nacional de Nanotecnologia para regulamentar a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país. Na introdução está clara a adoção dos princípios da precaução, prevenção, informação e transparência, participação social e responsabilidade (SARNEY FILHO, 2013b).

As iniciativas apresentadas para regulamentar as nanotecnologias mostram que, na maioria dos casos, são iniciativas independentes desenvolvidas por organizações internacionais privadas, indicando assim uma tendência de privatização do Direito neste campo. Também foi possível observar que poucas regulações já implantadas influenciaram significativamente e com potencial de servirem de paradigma para uma discussão global ampla de como regular as nanotecnologias. Regular as nanotecnologias torna-se mais complexo e global e, para avançar, é necessário refletir possibilidades para uma governança global.

3. POR UMA GOVERNANÇA GLOBAL PARA AS NANOTECNOLOGIAS

Após destacar as principais iniciativas de regulação de condutas para as nanotecnologias e as abordagens preventivas já adotadas, é chegado o momento de refletir sobre a necessidade premente de uma governança responsável e diretivas para produção e uso seguro de nanotecnologias. É um tema

complexo que passa a exigir novas compreensões para sua regulação. A hipercomplexidade característica das nanotecnologias é agravada pela diversidade de produtos e aplicações com nanopartículas disponibilizadas no mercado global, pela característica de ser invisível e com riscos transtemporais ainda não identificados suficientemente.

Aqui, mais uma vez, é preciso ter presente que os principais países desenvolvidos e em desenvolvimento vão seguir ativamente desenvolvendo produtos e aplicações com nanotecnologias e “não desejam pôr seus cientistas e empresas em desvantagem competitiva ao impor unilateralmente normas restritivas”, como argumentam Abbott, Marchant e Sylvester (2010, p. 525). Neste sentido, não surpreende que muitas discussões iniciais sobre regulamentar ou não as nanotecnologias são direcionadas para buscar uma regulamentação internacional ou pelo menos uma harmonização internacional. O que os autores defendem é uma harmonização internacional para regular a nanotecnologia, visto que nenhum país quer perder mercado em um campo tão promissor como a nanotecnologia (ABBOTT; MARCHANT; SYLVESTER, 2010, p. 525-6).

Considerando que regular a nanotecnologia é necessário, não obstante ainda seja complexo decidir se este é o momento certo ou se é aconselhável deixar para mais tarde, precisa-se ter presente que: i] se a nanotecnologia não for regulamentada, riscos à saúde e danos ambientais hoje desconhecidos podem se constituir em riscos reais em um futuro próximo; ii] se os nanomateriais prejudiciais forem liberados pelas agências reguladoras, sem uma adequada percepção pública de fiscalização, este fato no futuro pode impactar na confiança do público frente a nova tecnologia (MARCHANT; SYLVESTER; ABBOTT, 2009, p. 1-2).

Tal entendimento é no sentido de que de nada adianta regulamentar se não houver uma efetiva fiscalização da cadeia produtiva das nanotecnolo-

logias. A fim de situar a questão, cumpre dizer que há outros obstáculos que podem parecer intransponíveis para uma efetiva regulamentação, como: i] não saber o que exatamente “nanotecnologia” significa; ii] não saber precisamente o que a “nanotecnologia” engloba e quais os riscos concretos e abstratos que elas podem representar para a saúde humana e para o meio ambiente. Para as tradicionais ferramentas de regulamentação amparadas no comando e controle, em que as agências regulamentadoras do governo precisam detalhar minuciosamente requisitos com imposição de penas, o conhecimento hoje disponível talvez não seja ainda suficiente para uma regulamentação responsável (MARCHANT; SYLVESTER; ABBOTT, 2009, p. 1-2).

Teubner (1998, p. 162) mostra que pode ser útil lançar mão da proposta de Lindblom que percebe o problema regulatório em termos de interação antes que de conhecimento. Por estratégia de conhecimento, Teubner (1998, p. 162) entende aquela que é geralmente adotada pela “jurisprudência sociológica e pela análise econômica do Direito” para tornar o aparelho “mais inteligente”. Dito de outro modo, “o sistema jurídico deve aumentar seus conhecimentos sobre processos, funções e estruturas reais do subsistema social regulando e moldar as respectivas normas de acordo com modelos científicos dos sistemas envolventes” (TEUBNER, 1998, p. 162). Mesmo apontando que essa proposta está baseada em “premissas algo heroicas e utópicas” e ser incompleta, por estar fundamentada na pressuposta racionalidade dos agentes e nos mecanismos jurídicos intrassistêmicos de seleção, Teubner (1998, p. 163-164) vê utilidade nela, que está em perceber não apenas que o “sistema jurídico é, por assim dizer, condicionado pela desordem exterior”, mas que ele pode também “tornar-se deliberadamente mais sensível a essa mesma desordem”.

Todavia, Taubner trabalha mostrando que há várias maneiras de tentar resolver esse problema. Para

o autor, uma forma de resolver o problema regulatório do direito moderno frente às novas tecnologias seria apoiar-se na "'teoria dos sistemas autopoieticos' de segundo grau, como o sistema jurídico, o sistema econômico ou o sistema político" hoje negligenciados. (TEUBNER, 1998, p. 172). A tese defendida por Teubner (1998, p. 172-173) é pela possibilidade de uma mútua interferência sistêmica e de um contato direto entre os sistemas sociais para além da mera auto-observação, articulando-se "reciprocamente num mesmo e comum evento comunicativo". Isso é possível em virtude de três razões: i] "todos utilizam idêntica matéria-prima, 'sentido'"; ii] "todos se desenvolvem na base de um mesmo elemento crucial, comunicação"; iii] "todas as formas de comunicação especializada em qualquer dos subsistemas sociais (interação, organização, subsistema funcional) constituem, simultaneamente e *uno actu*, formas de comunicação social geral" (TEUBNER, 1998, p. 173). Mas essa proposta também tem limitações e o preço da interferência entre o direito e o mundo da vida pode ocasionar com o passar do tempo uma ausência de diferenciação, além de que essa proposta também precisa se preocupar com os filtros de comunicação e, quanto maiores forem as filtrasgens intersistêmicas entre o sistema do direito e outros sistemas, maior será a perda de informação. Portanto, essa estratégia ocasiona "graves perdas de motivação e informação" (TEUBNER, 1998, p. 191).

As reflexões de Teubner levam o autor a apontar uma outra estratégia alicerçada na comunicação (ou através da) organização. Esse ponto levantado pelo autor interessa para a problemática da regulação das nanotecnologias. Para Teubner (1998, p. 191) os "principais subsistemas sociais – política, direito, economia, ciência – não são, enquanto tais, dotados de capacidade de ação coletiva". Para que possam "assegurar capacidade comunicativa, esses subsistemas têm necessidades de organizações operacionais capazes de agir. A ação destas organizações, toda-

via, não é representativa nem vinculativa para a totalidade do respectivo subsistema". As falhas podem ser compensadas por "mecanismos de organização formal que lhes atribuem certos poderes sobre os seus membros e por meio de uma retórica política". Enquanto atores coletivos, essas organizações formais podem se comunicar "através das fronteiras dos subsistemas funcionais, mas apenas sob condição de ser construído um sistema de comunicações intersistêmicas". Esse, por sua vez, "torna-se progressivamente independente" e também é suportado por "mecanismos de interferência intersistêmica" (TEUBNER, 1998, p. 191-192).

Essa constatação de Teubner pode ser compreendida pela nova arquitetura na regulação de temas complexos com a criação de atores transnacionais estatais ou não estatais, organizações internacionais governamentais ou intergovernamentais que, em conjunto, constroem políticas e padrões orientadores para a regulação e fiscalização de áreas específicas na condução da solução de problemas do ambiente da globalização. Exemplos já amplamente configurados nos dias atuais são a OMC, OCDE, ONU, OIT e a ISO que mostram ser possível a construção de condutas internacionais voluntárias por vários atores (econômicos, políticos, jurídicos e sociais) estatais ou não.

Fornasier e Ferreira (2015, p. 301) concordam que os aportes da teoria dos sistemas autopoieticos proporcionam maior êxito para a "regulação de âmbitos hipercomplexos de amplitude global". É complexo normatizar as nanotecnologias apenas com iniciativa nacional-estatal pelas características das nanopartículas já discutidas no presente estudo. Do exposto por Fornasier e Ferreira (2015, p. 301) e que tem aderência ao tema das nanotecnologias está no que os autores denominam de "caráter transnacional desses âmbitos complexos" e que "oblitera a implementação das normas a ele relacionadas". Outra constatação dos autores no contexto da internet, mas que é apropria-

do para as nanotecnologias, está em que “uma regulamentação mediante exclusiva criação de Direito Internacional Público também é obstaculizada, pois é extremamente dificultosa a formação de consenso interestatal quanto a estas matérias”. Chamam a atenção que não é necessariamente uma regra. O que os autores percebem são as dificuldades fáticas de regular temas tão complexos em que a distribuição dos riscos é transterritorial e inter/transgeracional (FORNASIER; FERREIRA, 2015, p. 301-302).

Um Estado sozinho terá dificuldades para lidar com a velocidade desse novo paradigma tecnoeconômico que se instalou em diferentes setores e domínios tecnológicos. A fluidez do comércio internacional em relação aos produtos e aplicativos com nanotecnologia é uma realidade. Claro está que cada Estado deverá adotar um marco regulatório interno para uma gestão responsável dos riscos das nanotecnologias ao ser humano e ao meio ambiente.

No intuito de que é necessário fazer alguma coisa, esta talvez possa ser uma oportunidade para criar novos modelos de governança para as nanotecnologias. Assim, autores como Marchant, Sylvester e Abbott (2009, p.2) mostram que são propostas soluções do tipo “*soft law*” ou implementação de alguns mecanismos vinculativos, pelo menos para curto prazo. Tais mecanismos refletem uma variedade de “abordagens voluntárias, cooperativas ou em parcerias”. Entretanto, embora se perceba muitas vantagens nessas novas abordagens, nenhuma das soluções propostas para regulamentar as nanotecnologias, até o momento, conseguiu dar conta de dois requisitos óbvios: i] participação ampla da indústria, com apresentação de dados suficientes para auxiliar os reguladores em relação à avaliação de riscos; ii] garantias sobre o papel do governo na regulamentação de tecnologias emergentes voltadas também aos detentores de interesse público (cidadãos) (MARCHANT; SYLVESTER; ABBOTT, 2009, p. 2).

E, para que o direito global possa ser interpretado adequadamente, Taubner (2003, p.12-13 e 21) reconhece que uma “teoria do pluralismo jurídico e uma teoria das fontes do direito, correspondentemente concebida em termos pluralistas” têm condições para “identificar fenômenos jurídicos autônomos ‘apátridas’ (staatenlose Rechtsphänomene) no plano global, mesmo sem o recurso legitimador ao direito estatal (ou interestatal)”. Para Teubner (2012, p. 123-124), o que importa são “pressões do aprendizado” onde alterações internas são induzidas por contrições externas. Os códigos públicos fornecem aos “códigos privados ‘padrões’, modelos comportamentais, princípios, indicações de condutas e recomendações”. O que proporciona processos de aprendizagem é a ligação ultracíclica de ambos os códigos, o que facilita “perpassarem as divisas de ordens mutuamente fechadas” com a possibilidade de serem sempre reconstruídos “por meio de processos cognitivos complexos” e quando as “faíscas de perturbações pulam sobre as fronteiras dos códigos envolvidos”. O efeito do aprendizado está na reorientação de uma política transnacional (TEUBNER, 2012, p. 124).

O segundo elemento elencado por Teubner é a pressão com que mecanismos extrajurídicos são utilizados por corporações que tomam os códigos públicos como compulsão para aprender e desenvolver seus próprios códigos para circunstâncias particulares. O autor não quer dizer com isso que esses mecanismos extrajudiciais são inferiores às sanções jurídicas, muito antes pelo contrário, o que Teubner (2012, p. 124) indica é que esses mecanismos “são processos de poder inter-organizacionais – pressão unilateral e intercâmbio político – que forçam empreendimentos comerciais a desenvolverem códigos corporativos”. Contudo para que os códigos corporativos exerçam quaisquer efeitos é indispensável pressão externa, como as exercidas por sindicatos, ONGs, mídia, opinião pública, movimentos de protestos e organizações sem fins lu-

crativos, grupos de investidores, consumidores, trabalhadores, entre outros.

Corporações cumprem “voluntariamente” quando “pressões maciças de aprendizado são exercidas sobre elas a partir do exterior”. Portanto, não há nada de voluntário e não há transferência de um sistema para outro (TEUBNER, 2012, p. 125). Este é um caminho promissor para regular as nanotecnologias, principalmente ao se analisar o dizer de Teubner de que:

este é um processo de tradução ultracíclico onde fronteiras sistêmicas são, na realidade, transcendidas; um ciclo de perturbações emerge entre atos jurídicos, pressões de poder político e social, operações cognitivas de comunidades epistêmicas, persuasão normativa e sanções econômicas, que então reentra como atos jurídicos no outro código. O conteúdo original das recomendações públicas é dramaticamente modificado quando elas sofrem um processo complicado de tradução para diferentes reinos de sentido. [...] Essas conexões entre ambos os códigos destacam que a autoconstitucionalização das corporações de fato manifesta-se não em razão de motivos intrínsecos de voluntariedade ou tampouco por força dos mecanismos de sanção do direito estatal, mas devido a um processo caótico de tradução influenciado por diferentes pressões de aprendizado (TEUBNER, 2012, p. 125-126).

O caminho proposto por Teubner pode ser interessante se aplicado para as nanotecnologias. A pressão por aprendizado vai surgir na medida em que os cientistas começarem a desenvolver pesquisas para confirmar que se está diante de incerteza científica, riscos globais, transtemporais e invisíveis que podem comprometer a vida do ser humano. Este caminho delineado por Teubner é um pequeno passo e ainda é insuficiente para enfrentar a questão de uma governança para as nanotecnologia. Além das discussões

sobre risco para a criação de um marco regulatório é importante inserir questões pertinentes aos fins sociais, econômicos e ambientais das nanotecnologias, propriedade e patentes.

CONCLUSÃO

O estudo indica que há uma espécie de vácuo quando se fala em regulamentar as nanotecnologias e caminhar para uma governança responsável. Grande parte das regulações apresentadas é de caráter privado e refletem motivações de organismo internacionais privados mais voltados para boas práticas e para repensar a responsabilidade do cientista pela inovação.

No estágio em que já chegou a globalização de produtos e aplicações nanoengenheirados, nenhum governo, individual ou isoladamente, vai ser o primeiro a limitar o desenvolvimento das nanotecnologias. O mercado cresce exponencialmente em quantidade e diversidade de aplicações, e é difícil imaginar que um governo irá sozinho impor limites para o desenvolvimento de nanotecnologias. O grande receio de ser o primeiro a normatizar as nanotecnologias é perder espaço em um mercado tão promissor e talvez ser rigoroso demais internamente ao impor limitações e, por outro lado, continuar importando produtos e aplicações com nanotecnologia embarcada com riscos talvez superiores aos desenvolvidos em seu território. Por isso, regulamentar as nanotecnologias é um tema complexo.

Portanto, o avanço exponencial de produtos e aplicações com nanotecnologias desafiam os Estados e as organizações internacionais de países criadas para discutir a preservação das gerações futuras. O que se sabe é que a autorregulamentação da área, apoiada nas tradicionais formas de legislações alicerçadas nas normas de comando e controle, não dá conta do paradigma tecnoeconômico das nanotec-

nologias e não é suficiente para uma promessa de segurança.

A governança que se indica é uma governança antecipatória, transdisciplinar e global, fundamentada na gestão de riscos, no cuidado como elemento estruturante, na participação ativa dos sistemas jurídico, político, econômico e social, na investigação e inovação responsável e no diálogo com os principais atores para a construção de marcos regulatórios. Um primeiro passo poderia ser a construção de um marco regulatório comum entre os países signatários da ONU, para que, em parceria, possam democraticamente elaborar diretrizes para o desenvolvimento de produtos e aplicações com nanotecnologias mais seguros, inclusivos e ambientalmente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, K. W.; MARCHANT, G. E.; SYLVESTER, D. J. Transnational regulation of nano-technology: reality or romanticism? In: HODGE, G. A.; BOWMAN, D. M.; MAYNARD, A. D. (Eds.), **International Handbook on Regulating Nanotechnology**. Cheltenham: Edward Elgar, 2010, p. 525-544.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Relatório de acompanhamento setorial – Nanotecnologia na área da saúde: Mercado, Segurança e Regulamentação**. Brasília: ABDI, 2013.
- AMORIM, Tade-Ane. Nanotecnologia e riscos: diferentes percepções sobre riscos dos nanotubos de carbono. **Estud. sociol.** Araraquara, v. 19, n. 37 p. 409-427, jul./dez. 2014.
- ASSOCIAÇÕES francesas alertam para riscos de nanotecnologias à saúde. **Folha de São Paulo**, Equilíbrio e Saúde, 3 set. 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2017/08/1906142-associacoes-francesas-alertam-para-riscos-de-nanomateriais-para-a-saude.shtml>>. Acesso em: 3 set. 2017.
- BARBOSA, Tiago Claudino. **Política de inovação em nanotecnologia no Brasil: trajetórias e empresas beneficia-**

das. 2017. 191 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas), Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47282/R%20-%20D%20-%20TIAGO%20CLAUDINO%20BARBOSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 1 set. 2017.

BERMEJO, Marta Bermejo; DOMINGO, Pedro A. Serena. **Los riesgos de la nanotecnología**. Madrid: Catarata, 2017.

BRITO, Aline Grasielle Cardoso de; QUONIAM, Luc; MENA-CHALCO, Jesús Pascual. Exploração da Plataforma Lattes por assunto: proposta de metodologia. **Transinformação**, Campinas, v. 28, n. 1, jan./abr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862016000100077>. Acesso em: 1 set. 2017.

CONSELHO NACIONAL DAS FUNDAÇÕES ESTADUAIS DE PESQUISA – CONFAP. **Brasil pode tornar-se líder de mercado em nanotecnologia**. Publicado em: 19 out. 2015. Disponível em: <<http://confap.org.br/news/brasil-pode-tornar-se-lider-de-mercado-em-nano-tecnologia/>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

DÍAZ-SOLER, Beatriz María; LÓPEZ-ALONSO, Mónica; MARTÍNEZ-AIRES, María Dolores. **Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities. J Nanopart Res**, n. 19, p. 169-189, 2017. DOI 10.1007/s11051-017-3867-x. Acesso em: 1 set. 2017.

ENGELMANN, Wilson. Novos desafios para o Direito na era das nanotecnologias. **Tomo**, n. 29, p. 37-54, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/tomo/article/view/5976>>. Acesso em: 2 set. 2017.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. La regulación de las nanotecnologías: una mirada desde las diferencias EUA-EU. **Vigil. Sanit. debate**, v. 4, n. 2, p. 8-20, 2016. Disponível em: <<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/bitstream/handle/20.500.11845/182/Foladori%20c%20Guillermo.%20La%20regulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 set. 2017.

FORNASIER, Mateus de Oliveira; FERREIRA, Luciano Vaz. Autorregulação e Direito global: os novos fenômenos

jurídicos não-estatais. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC**, v. 35, n. 2, p. 295-312, jul./dez. 2015.

HANKIN, Steve M.; CABALLERO, Nelson Eduardo Durán. **Regulação da Nanotecnologia no Brasil e na União Europeia**. Brasília: MCTI, 2014 (Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil). Disponível em: <http://sectorialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/dialogos_setoriais_-_nanotecnologia_portugues.pdf>. Acesso em: 2 set. 2017.

ISO/TS 80004-4:2011 – Executive Summary Nanotechnologies – Vocabulary – Part 4: Nanostructured Materials. Disponível em: <<https://www.nanoquebec.ca/media/iso-ts-80004-4-2011.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2017.

JIMÉNEZ, Virginia Gómez. Nanotecnología + Prevención = Nanoseguridad. *MC Salud Laboral*, p. 1-8, fev. 2016. Disponível em: <<https://www.mc-mutual.com/export/sites/default/es/webpublica/Publicaciones/McSaludLaboral/resources/2016/41/nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2017.

KURATH, Monika. Nanotechnology Governance: Accountability and Democracy in New Modes of Regulation and Deliberation. **Science, Technology & Innovation Studies**. v. 5, n. 2, p. 88-110, December 2009. Disponível em: <<http://www.sti-studies.de/ojs/index.php/sti/article/view/18/14>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

LAURETH, Waleska Camargo; INVERNIZZI, Noela. Educando a força de trabalho em nanotecnologia no Brasil: demandas da indústria e oferta das universidades. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 205-216, July-Dec. 2012. Disponível em: <[http://www.abifina.org.br/download/Artigo%20Na notecnologia.pdf](http://www.abifina.org.br/download/Artigo%20Na%20notecnologia.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2017.

LEDESMA, Ana Rusmerg Giménez. **Metrologia, normalização e regulação de nanomateriais no Brasil**: proposição de um modelo analítico-prospectivo. 2010. 186 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia). Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2010.

MARCONE, Glauciene Paula de Souza. Nanotecnologia e nanociência: aspectos gerais, aplicações e pers-

pectivas no contexto do Brasil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2015.

MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Oswaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 65, n. 3, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300012>. Acesso em: 16 set. 2017.

RNCOS. Business Consultancy Services. **Global Nanotechnology Market Outlook 2024**. dez. 2016. Disponível em: <<http://www.rncos.com/Report/IM883.htm>>. Acesso em: 1 set. 2017.

SARNEY FILHO, José. 2013a. **Projeto de Lei 5133/2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Câmara dos Deputados, Brasília, p. 1. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=1F12E495915BF7233CBDB19C10FEF0B4.proposicoesWebExterno2?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013>. Acesso em: 16 set. 2017.

_____, 2013b. **Projeto de Lei 6741/2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Câmara dos Deputados, Brasília. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1177566&filename=PL+6741/2013>. Acesso em: 15 set. 2017.

TEUBNER, Gunther. A Bukowina Global sobre a Emergência de um Pluralismo Jurídico Transnacional. **Impulso**, Piracicaba, n. 14, v. 33, p. 9-31, 2003.

TEUBNER, Gunther. Autoconstitucionalização de corporações transnacionais? Sobre a conexão entre os códigos de conduta corporativos (Corporate Codes of Conduct) privados e estatais. Tradução de Ivar Hartmann. Revisão de Germano Schwartz. In: SCHWARTZ, Germano (org.). **Juridicização das esferas e fragmentação do direito na sociedade contemporânea**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

- _____. **O direito como sistema autopoiético**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.
- UNIÃO EUROPEIA, **Regulamento (UE) N. O 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho**. Jornal Oficial da União Europeia, 22 nov. 2011.
- UNIÃO EUROPEIA. **Delegation Agreement on the European Union Observatory for Nanomaterials and the European Union Chemical Legislation Finder**. Publicado em 7 dez. 2016. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/20432>>. Acesso em: 15 set. 2017.
- UNIÃO EUROPEIA. **Commission of the European Communities. Commission Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research**. Bruxelas, publicada em 7 fev. 2008.
- VANCE, Marina E.; KUIKEN, Todd; VEJERANO, Eric P.; MCGINNIS, Sean P.; HOHELLA JR., Michael F.; REJESKI, David; HULL, Matthew S. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. **Beilstein Journal of Nanotechnol.** 2015, n. 6, p. 1769–1780. Disponível em: <<http://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.
- VERDI, Roberta; HUPFFER, Haide Maria; JAHNO, Vanusca Dalosto. Desvendando o universo da nanotecnologia: dialogando sobre riscos, benefícios e uma nova ética para a civilização tecnológica. In: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **BioNanoÉtica: Perspectivas Jurídicas**. São Leopoldo: Trajetos Editorial, 2017, p. 45-73.
- ZARBIN, Aldo José Gorgatti. A nanotecnologia melhorando os processos de geração, conversão e armazenamento de energia. In: **68ª Reunião Anual da SBPC**, realizada no período de 3 a 9 de julho de 2016, em Porto Seguro (BA). Disponível em: <<http://www.sbq.org.br/noticia/mercado-global-em-nanomateriais-deve-chegar-36-bilh%C3%B5es-em-2017>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

4

COMO AS POSSIBILIDADES TRAZIDAS PELAS NANOTECNOLOGIAS AFETAM A SOCIEDADE E A (DES) NECESSIDADE DE IMEDIATA REGULAÇÃO

Wilson Engelmann¹
Patrícia Santos Martins²

- ¹ Doutor e Mestre em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado – da Universidade do Vale do Rio dos Sinos/RS. Atualmente é professor deste Programa de Pós-Graduação em Direito (Mestrado e Doutorado) e da Graduação em Direito da UNISINOS; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: wengelmann@unisinis.br.
- ² Mestranda em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos/RS, Bolsista do PROEX/CAPES, Especialista em Direito e Processo do Trabalho pela Faculdade Meridional (2013). Graduada pela Instituição Centro Universitário La Salle (2011). E-mail: patricia.mart@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história e da exploração tecnocientífica pelo homem, a humanidade vivenciou diversas descobertas que revolucionaram o mundo. O emprego de tais descobertas, entretanto, nem sempre se deu a favor da manutenção da vida humana e preservação do meio ambiente, tais como os exemplos deixados pela descoberta da energia nuclear e a sua utilização para fins bélicos – bomba atômica. Neste sentido, buscar-se-á resgatar os benefícios trazidos pelas nanotecnologias (e o emprego de nanoprodutos em diversos itens de consumo) e os motivos pelos quais se abordam as possibilidades de risco decorrentes de sua utilização, além de refletir sobre a atual ausência de marcos regulatórios nanoespecíficos, capazes de assegurar a proteção da saúde humana e o meio ambiente no decorrer do desenvolvimento.

Diversas são as aplicações e uma significativa parcela do mercado já conta com itens produzidos com nanotecnologias. Entretanto, a ausência de legislação específica, que possibilite um desenvolvimento diretamente proporcional a uma educação e informação adequada ao nanoconsumidor, mostra a necessidade de se refletir sobre o quanto se está apostando nos benefícios das nanotecnologias sem ressalvar a possibilidade de sofrer as consequências de seus possíveis efeitos indesejados. Assim, no decorrer deste estudo, se buscará verificar como o Direito pode responder a estas questões, acreditando-se que tal resposta possa estar vinculada a um conjunto de enunciados relevantes, dentre eles o princípio da dignidade humana, princípio responsabilidade, da precaução e a boa fé.

Neste cenário, dispostos a vislumbrar determinadas garantias, a fim de que se preserve a vida humana, a saúde, a integridade e o meio ambiente,

se buscará verificar alternativas regulatórias capazes de representar um limite ao desenfreado apelo econômico no desenvolvimento. Um caminho que pode ser trilhado pode estar relacionado ao movimento autorregulatório, que evidencia a existência de diversos atores de produção normativa, que não esperam pela atuação estatal para instituir condutas e normas a serem seguidas. É a chamada produção do direito na periferia da produção normativa estatal, tema trabalhado pelo autor Gunther Teubner em sua abordagem sobre pluralismo jurídico.

Para verificar as possibilidades de que a autorregulação possa representar um patamar mínimo regulatório, orientador de condutas norteadas pela precaução, em especial nas questões que envolvem a saúde humana e meio ambiente, será analisada a atividade da Organização Internacional de Padronização (ISO) como ator de produção normativa, tendo em vista a produção de normas técnicas voltadas à padronização de condutas relacionadas à gestão de recursos e riscos, além de normalização técnica de especificações de produtos.

1. AS NANOTECNOLOGIAS E SUAS APLICAÇÕES

O termo nanotecnologia vincula-se à manipulação da matéria na escala molecular. Esta atividade já é estudada e referenciada há um longo período temporal, mas a gênese da onda atual pode ser marcada pela palestra proferida por Richard Phillips Feynman, em 1959 (ENGELMANN, 2015, p. 51). Dizer de nanotecnologias significa dizer de um conjunto de técnicas empregadas de forma transdisciplinar e exaustivamente tratadas em documentos científicos de diferentes ramos do saber, das quais resultam aplicações incrementais e inovadoras; em outras palavras, é possível entender que a nanotecnologia não diz respeito a uma área específica, mas pela peculiaridade de poder permear diferentes áreas, desta-

cando-se esta como sua principal característica. Por exemplo: o nanoencapsulamento pode ser utilizado nos setores industriais, para assegurar maior eficácia na liberação de princípios ativos em cosméticos, medicamentos, fármacos de uso veterinário, agroquímicos e ainda na liberação de sabores e aromas dos alimentos industrializados. Esta múltipla capacidade, entretanto, deve ser resultado da manipulação de produtos e materiais, em tamanho que esteja entre 1 e 100 nanômetros (ENGELMANN, 2005, p. 52-53).

Assim, é possível afirmar que a grande novidade científica da manipulação da matéria em escala nano é que apresenta propriedades diferentes daquelas que possuem em outra escala. Segundo Engelmann, a manipulação da matéria em escala atômica altera significativamente as características físico químicas dos materiais, proporcionando resultados diversos daqueles conhecidos, ou seja, “o conhecimento das características das substâncias em tamanho maior não fornece informações compreensíveis sobre suas propriedades no nível nano” (2014, p. 28).

Presente em parcela significativa do mercado, segundo Paulo Roberto Martins, estima-se que de 2010 a 2015, o mercado mundial para materiais, produtos e processos industriais baseados em nanotecnologia será de US\$1 trilhão (2007, p. 56); a presença destes produtos pode ser observada em

band-aids que possuem uma nanocamada de prata que ajuda a aumentar a área de contato com a pele e que tem ação bactericida; a maioria dos cremes dentais que contém um nanocomposto de hidroxiapatita, uma camada de fosfato de cálcio cristalino que preenche as pequenas cavidades dos dentes, ajudando na prevenção de rachaduras; as bolas de tênis, que possuem seu núcleo revestido por uma nanoargila, que as faz mais eficientes em manter o ar preso em seu interior; os cosméticos com filtro solar, cujo principal ingrediente é óxido de alumínio, que tem como

desvantagem o desgaste à medida que entra em contato com o suor da pele, assim, é adicionada uma nanoemulsão, tornando o creme hidrofóbico, fazendo com que dure mais tempo sua ação; os preservativos masculinos, que contém espuma de nanopartículas de prata, também bactericida (HOHENDORFF, 2015, p. 15).

Além destas aplicações, salienta-se os relevantes benefícios demonstrados por pesquisas na área médica. Barbat comenta pesquisa sobre a eficiência na aplicação nanotecnológica em fármacos de combate ao câncer:

la doxorubicina es un antitumoral muy utilizado en casos como el sarcoma Kapoci, el cáncer de mama, el cáncer de ovario, pero que es altamente toxico. Entonces una posible estrategia para proteger a los tejidos de la toxicidad consiste en envolver la doxorubicina en nanocapsulas en las cuales se introduce también un compuesto fluorescente, la rodamina B. La combinación de ambos agentes permite mejorar la actividad antitumoral a la vez que monitorizar el desplazamiento de la nanocápsula a través del cuerpo (2016, p. 211),

A possibilidade de tratamentos a doenças como o câncer, com maior eficácia contra as células tumorais, representa um relevante avanço para se garantir melhores condições de saúde aos pacientes, garantindo-lhes maiores possibilidades de remissão da doença. Sob esta ótica, as nanotecnologias estão a serviço do homem, na tentativa de assegurar-lhe maior perspectiva de vida.

Diante das promissoras vantagens derivadas das nanotecnologias, é possível observar a preocupação com melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento de produtos mais eficazes, que demonstra a preocupação das indústrias em ofertar vantagens ao consumidor através da manipulação em nanoescala,

em especial no que se refere às aplicações médicas. Entretanto, mesmo nestes casos, as pesquisas em segurança, que abordam questões relativas à toxicidade e bioacumulação, ainda não mostram resultados conclusivos, evidenciando que, diante das novidades, ainda há um espaço a ser percorrido no que se refere aos riscos. É o que trata a pesquisa da Dra. Barbara A. Maher, codiretora do Centro de Magnetismo Ambiental e Paleomagnetismo da Universidade de Lancaster/UK. Tal pesquisa aponta que nanopartículas de magnetita podem estar relacionadas à problemas degenerativos cerebrais como Alzheimer, sendo tais nanopartículas encontradas na poluição das grandes cidades. Segundo Maher:

Identificamos a presença abundante no cérebro humano de nanopartículas de magnetita que correspondem precisamente às nanoesferas de magnetita de alta temperatura, formadas por combustão e/ou aquecimento derivado do atrito, que são prolíficas em partículas urbanas, partículas no ar (PM). Porque muitas das partículas de poluição de magnetita pelo ar têm menos de 200 nm de diâmetro, elas podem entrar no cérebro diretamente através do nervo olfativo e atravessar a unidade olfativa danificada. Esta descoberta é importante porque a magnetita em nanoescala pode responder a campos magnéticos externos e é tóxica para o cérebro, estando implicada na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) prejudiciais. Uma vez que a produção aumentada de ROS está causalmente ligada a doenças neurodegenerativas tais como a doença de Alzheimer, a exposição a tais nanopartículas de magnetita derivadas de partículas transportadas pelo ar deverá ser examinada como um possível perigo para a saúde humana (2016, p. 2).

A pesquisa, publicada por Maher, complementa e ratifica publicação da IARC – Agência In-

ternacional para Pesquisa em Câncer, denominada IARC MONOGRAPHS – 109, em que estudos realizados já indicavam o potencial cancerígeno da poluição do ar, especificamente as partículas derivadas dos gases de escapamento gerados pela temperatura e combustão de materiais orgânicos como óleos, carvão e madeira, dentre outros compostos, mas, em especial, aqueles decorrentes das emissões dos motores veiculares (2013, p. 254-255).

Estes são os motivos pelos quais importa criar um espaço de reflexão sobre o tema, principalmente no atual cenário de ausência de marcos regulatórios no Brasil, que indica uma preocupação desproporcional entre o fomento ao desenvolvimento e a implementação de políticas educacionais voltadas a assegurar a ampla divulgação sobre nanotecnologias e garantir o direito à informação aos consumidores. Logo, é urgente encontrar novos caminhos regulatórios, ainda que não se abra mão da regulação emitida pelo Estado; porém, que, diante de um sistema legislativo burocrático e dominado por outros temas de interesse, se possa garantir às organizações e à sociedade que o avanço nanotecnológico não ultrapasse determinados limites de cautela, possíveis de afetar a saúde humana e meio ambiente.

Aponta-se que no Brasil existem projetos de lei propostos, mas que se encontram em trâmite no ritmo ordinário de produção legislativa. No âmbito federal são eles: Projetos de Lei nº 6741/2013, PL 5133/2013; no âmbito estadual o Projeto de Lei 1456/2015, em São Paulo, e a Proposição de Projeto de Lei nº119/2014 no Rio Grande do Sul.

Neste cenário, questiona-se: quanto a sociedade está disposta a apostar para desfrutar dos benefícios das nanotecnologias? A resposta para tal questionamento certamente virá da observância dos princípios da precaução e responsabilidade. Tais princípios enunciam que condutas orientadas

pela precaução apresentam caminhos mais seguros e viáveis à manutenção da vida humana e meio ambiente para se percorrer o caminho da exploração nanotecnocientífica, que implica o comprometimento de bens e recursos que podem restar indisponíveis para as futuras gerações. É o que trata o princípio de responsabilidade de Hans Jonas. Para o autor, o principal objetivo do desenvolvimento é a melhoria das condições de vida e a exploração sustentável de recursos disponíveis, sem que se comprometam os recursos das futuras gerações, consubstanciado no seguinte imperativo: “aja de modo a que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma autêntica vida humana sobre a Terra” (JONAS, 2006, p. 47-48). E o princípio da precaução, por sua vez, voltado a “equacionar a possibilidade do surgimento de perigo de dano grave e irreversível e a inexistência de certeza quanto ao efetivo controle científico das consequências da pesquisa em relação ao meio ambiente e também ao ser humano” (ENGELMANN, 2010, p. 125).

As organizações são pessoas jurídicas, mas expressam a visão e tomada de decisão das pessoas físicas que as compõem. Ainda que existam interesses econômicos, seus integrantes devem observar, ao perseguir seus objetivos, determinadas condutas de cautela e precaução que atendam ao princípio da responsabilidade e ao princípio da precaução. Trata-se de uma mudança ética e cultural que redunde em adoção de cuidados para manutenção das condições básicas de permanência da própria espécie, que possibilite um desenvolvimento com sustentabilidade (MARTINS, 2016, p. 129). Além disto, em qualquer atividade a ser exercida, há um aspecto maior a ser considerado, disposto na Constituição Federal, que diz respeito à dignidade da pessoa humana, representando uma fronteira a ser respeitada no curso do desenvolvimento.

2. O MOVIMENTO AUTORREGULATÓRIO, O PLURALISMO JURÍDICO E AS NORMAS ISO

A autorregulação é caracterizada como o método segundo o qual se busca um meio de regulação em níveis diversos de influência vertical e horizontal, compreende inúmeras formas de regulação, que podem ser constituídas pela atuação de distintos poderes privados, como associações, empresas multinacionais, sindicatos, organizações profissionais, federações esportivas e organizações não governamentais, com ou sem a participação do Estado (BERGER FILHO, 2016, p. 83).

O movimento de autorregulação que integra este estudo é aquele segundo o qual as empresas/ organizações adotam voluntariamente sistemas de gestão e padronização, no recorte específico da Organização Internacional de Padronização (ISO). Para isto importa referir que se trata de instituição de normalização técnica, de natureza não governamental, composta por mais de cem países-membros, sediada em Genebra, na Suíça, e que figura atualmente como a maior desenvolvedora de normas voluntárias no mundo (MARTINS, 2016, p. 102). Normas que são desenvolvidas através de um consenso global e que ajudam a quebrar as barreiras do comércio internacional, através de sua padronização, asseguram sua intenção de proporcionar igualdade e equivalência de produção entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, para que participem da economia mundial com paridade.

A atuação da ISO visa oferecer às sociedades a credibilidade quanto aos bens de consumo e serviços, como é possível verificar do extenso trabalho ao longo dos anos da organização.

Começou com as coisas óbvias, como pesos e medidas, e nos últimos 50 anos se desenvolveu em uma família de padrões que cobrem

tudo, desde os sapatos que usamos, até as redes Wi-Fi que nos conectam invisivelmente entre si. Dirigindo tudo isso e mais, as normas internacionais significam que os consumidores podem ter confiança de que seus produtos são seguros, confiáveis e de boa qualidade. Os padrões ISO sobre segurança rodoviária, segurança de brinquedos e embalagens médicas seguras são apenas alguns exemplos que nos ajudam a tornar o mundo mais seguro (ISO.ORG, 2017).

Diante do reconhecimento e da abrangência das normas emitidas pela ISO e do atual contexto de ausência de marcos regulatórios, acredita-se que a adoção de normas ISO, especialmente àquelas que dizem respeito às especificações de nanomateriais, de responsabilidade do Comitê Técnico 229, que tem por escopo a normalização no campo das nanotecnologias e demais tarefas que incluem o desenvolvimento de padrões para terminologia e nomenclatura, metrologia e instrumentação, incluindo especificações para materiais de referência, metodologias de teste, modelagem e simulações, além de práticas em saúde, segurança e meio ambiente baseadas em ciência, e também:

Compreender e controlar a matéria e os processos em nanoescala, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo dos 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o início de fenômenos dependentes de tamanho geralmente permite novas aplicações; e,

Utilizando as propriedades de materiais em nanoescala que diferem das propriedades de átomos, moléculas e matérias em massa individuais, criam materiais, dispositivos e sistemas aprimorados que exploram essas novas propriedades.

Possam ser úteis na adoção de condutas adequadas para o desenvolvimento de produtos a partir do emprego de nanotecnologias e utilização de nano-

materiais. A padronização e as normas de gestão (de qualidade e riscos, principalmente) possuem princípios orientadores que estabelecem interfaces regulatórias com princípios de Direito. É o que se pode verificar no enunciado que diz respeito ao engajamento das pessoas (princípio integrante da Norma ISO 9001) dispendo sobre a manutenção de equipes competentes, dedicadas e qualificadas em todos os níveis da gestão, demonstrando a necessidade das organizações de assegurarem condições de valorização humana, através de um meio ambiente do trabalho que possibilite seu engajamento, bem como dar ênfase e produzir investimentos no que diz respeito à qualificação profissional. Este enunciado possui relação com o princípio da dignidade humana, com a valorização do trabalho e a manutenção de meio ambiente do trabalho sadio.

Outro enunciado integrante de norma técnica, NR ISO 14000, é o da política ambiental da organização, que orienta sobre a adoção de condutas que assegurem que a atividade desenvolvida esteja apropriada à natureza, escala e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços. Deve incluir o comprometimento com melhoria contínua, com a prevenção da poluição e, principalmente, atender aos requisitos legais que dizem respeito à preservação e manutenção do meio ambiente. Requisito normativo técnico que evidencia uma vinculação aos princípios e dispositivos legais de preservação ambiental. Por fim, é possível citar um último exemplo de requisito normativo técnico, integrante da NR 31000 – Gestão de Riscos, em que a gestão dos riscos deve incluir contribuir para melhoria do desempenho no que diz respeito à segurança e saúde das pessoas, à segurança da atividade, à conformidade legal e regulatória, à aceitação pública, à proteção do meio ambiente, à qualidade do produto, ao gerenciamento de projetos, à eficiência nas operações, à governança e à reputação; bem como compreende uma atividade que não é autônoma, separada das demais atividades dentro

da organização, mas integra as responsabilidades da administração e de todos os demais processos organizacionais, incluindo o planejamento estratégico e todos os projetos de gestão de processos e mudanças; portanto, está diretamente relacionada aos processos de tomadas de decisão, priorizando-se ações que considerem as incertezas, a natureza destas incertezas e como elas podem ser tratadas. A orientação através destes requisitos normativos, da NR ISO 31000, também está em coordenação com os princípios da precaução e princípio responsabilidade, já citados, pelo que é possível dizer da existência de interfaces regulatórias entre o sistema normativo técnico e o sistema de normas jurídicas (MARTINS, 2016, p. 119-120).

Entretanto, esta constatação da existência de interfaces regulatórias representa uma abordagem recente quanto à eficácia jurídica das normas técnicas, pois são emitidas por diferentes atores, distantes da atuação Estatal, embora sejam, no caso da ISO, acreditadas por mais de cem países membros e possam servir de inspiração para orientar países observadores. Não se pode descartar, entretanto, que buscam eficiência no que se refere ao cumprimento de requisitos que integram também o ordenamento jurídico. Assim, à luz da teoria do pluralismo jurídico, tais regramentos não devem ser menosprezados pelo Direito.

Segundo Berger Filho, a autorregulação é uma 'janela de oportunidade' para a indústria se colocar na vanguarda da evolução da regulação, o que demonstra uma série de iniciativas proativas, desenvolvidas e implementadas por atores não governamentais (2016, p. 119). Além disso, o fenômeno da globalização influencia não apenas a circulação de bens e pessoas, mas também oportuniza que conjuntos normativos, que surgem dentro da iniciativa privada, e envolvem diferentes tipos de organizações, circulem entre os países, regulando condutas e estipulando padrões de procedimentos. É o que Engelmann comenta, ao tratar do déficit legislativo, que é relevante

que se vislumbre a necessidade de que se oportunize que outros atores tenham legitimidade na produção jurídica, e reconhecer que os modelos legislativos tradicionais, diante da velocidade das mudanças sociais e tecnológicas, podem ser insuficientes para os novos padrões sociais e de mercado. Em resumo: o déficit legislativo nanoespecífico abre oportunidade “para outros atores de produção do jurídico e Fontes do Direito que até então sempre estiveram à sombra do texto da lei, mormente na estrutura normativista do Direito, consolidada a partir de Hans Kelsen” (ENGELMANN, 2012, p. 321).

A proposta fundamentada no pluralismo jurídico de Teubner e a possibilidade de se reconhecer a atividade normativa de outros atores, que se encontram distantes da produção normativa estatal, estão contidas dentro da referência do autor à necessidade de se repensar uma teoria das fontes do direito para a atualidade, que, segundo ele, deve “concentrar a atenção aos processos espontâneos de formação do direito que compõem uma nova espécie e se desenvolveram – independentemente de um Direito instituído pelos Estados individuais ou no plano interestatal – em diversas áreas da sociedade mundial” (TEUBNER, 2003, p. 11).

Estes processos espontâneos de surgimento do direito significam, para a teoria pluralista, o reconhecimento de que o direito surge, também, nas “interfaces com os processos econômicos e sociais” (TEUBNER, 2003, p. 18). Ratificando esta ideia, Rocha comenta: “o pluralismo jurídico já percebeu, e desde os seus primórdios, que o Estado não é o único centro produtor de normatividade. Isso quer dizer que existem outros centros produtores de direitos na sociedade” (2009, p. 145). Além disto, são processos que não ocorrem isoladamente em razão da globalização e das alterações sociais decorrentes deste fenômeno, ocorrem sim, em âmbito nacional, e surgem em virtude dos avanços tecnológicos das diversas áreas da ciência. O fenô-

meno da globalização ocorre no interior dos sistemas sociais regionais e nacionais, de forma localizada, mas produzindo efeitos globais. Estes processos espontâneos de formação do direito ocorrem, também, em âmbito privado (como as normas empresariais internas destinadas aos seus funcionários, as negociações entre entidades representantes de classe, nas instituições responsáveis em emitir normas técnicas – como a ISO) e circulam além das fronteiras nacionais. São processos autorregulatórios que representam o ponto de partida (a fonte) de diversos negócios jurídicos que não dependem diretamente da participação do Estado. Além disso, importa considerar que o Direito não antecipa situações, mas acompanha as transformações sociais regulando-as à medida que se consolidam no tempo. De modo a se sustentar a possibilidade de que, em face das consequências da globalização, na produção de uma sociedade global em que pessoas, bens e serviços possam ser adquiridos/contratados em um local para serem entregues/prestados em outro país, e, diante da velocidade com que se desenvolvem as pesquisas e a consequente aplicação das nanotecnologias, a autorregulação pode ser um caminho viável, para as organizações e para a sociedade em geral, para se estipular um padrão mínimo de condutas, norteadas não apenas pelos princípios e requisitos das normas técnicas, mas de forma a estabelecerem (e tanto quanto possível) consolidarem as interfaces entre o sistema de produção de normas técnicas e o sistema do Direito.

CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, após retomar as definições de nanotecnologias e nanopartículas e pontuar a atuação da Organização Internacional de Padronização (ISO), acerca do que hoje se considera um novo horizonte exploratório do Sistema da Ciência, pode-se conhecer os impactos benéficos, aplica-

ções e riscos, incluindo nestas reflexões os efeitos e impactos por elas provocados não apenas com relação à sociedade em geral, mas também uma referência ao impacto econômico, que representa o quanto o mercado já disponibiliza em produtos que utilizam nanomateriais ou são desenvolvidos a partir de nanotecnologias. Devido às novas características físico-químicas das nanopartículas, embora conhecidas suas aplicações, sinalizam que as incertezas quanto aos riscos ainda persistem.

Também é possível concluir que a possibilidade de manipulação humana da matéria em escala nano produz uma gama sem precedentes de possibilidades de se obter produtos mais eficazes e direcionados a assegurar melhores condições de saúde e vida. Também se conclui que, em decorrência da exploração pelo homem, de espaços tão pequenos – invisíveis – pode-se obter a cura para diversos males que assolam a humanidade e que há décadas são alvo de pesquisas, como o caso do câncer.

Tais vantagens derivam das reações diversificadas que os nanomateriais possuem em face de seu tamanho, que são distintas daquelas em escala natural. Assim, o fomento ao desenvolvimento não está apenas prestando um serviço à humanidade, como também o foco está em melhorar a eficácia/eficiência de produtos à disposição do consumidor. É o caso do emprego da nanotecnologia em materiais esportivos, tecidos, na produção de artigos eletrônicos menores e mais potentes, através da produção de embalagens que prolongam a vida útil de gêneros perecíveis, entre outras peculiaridades, já referidas.

Importa salientar, porém, que as mesmas pesquisas que apontam para o sucesso de fármacos no combate às células cancerígenas também apontam para incertezas quanto à possibilidade de riscos. Neste contexto, deve-se voltar o olhar à questão regulatória, ainda em fase incipiente no Brasil. Existem alguns projetos de lei em andamento, mas, devido à demora

dos tramites legislativos, produz um vazio regulatório. São eles: Projeto de Lei nº 5133/2013, Projeto de Lei nº 6741/2013, ambos em trâmite no âmbito federal; o Projeto de Lei nº 1456/2015 do Estado de São Paulo e a Proposição ao Projeto de Lei nº 19/2014.

Sobre este aspecto, buscou-se verificar a possibilidade de, através de um movimento autorregulatório, que inicialmente possa assegurar um desenvolvimento com transparência e que atenda aos interesses sociais, em especial naquilo que diz respeito às garantias constitucionais de não ofensa à dignidade humana, manutenção de sua saúde e preservação do meio ambiente.

Através da análise de alguns requisitos e princípios integrantes do conjunto de normas técnicas produzidas pela ISO, com fundamento na teoria do pluralismo jurídico, foi possível tratar do movimento autorregulatório como uma interface regulatória juridicamente eficaz, uma vez que seus preceitos são coerentes e comunicam com princípios de direito e ordenamento jurídico. Esta possibilidade traz à luz uma nova forma de utilização das normas técnicas, que passam a exercer uma função jurídica complementar à função inicial, que é de proporcionar condições de igualdade para que organizações de diferentes países (desenvolvidos e em desenvolvimento) possam participar do mercado internacional – função essencialmente econômica.

Da análise dos elementos estruturantes das normas ISO, é possível observar a existência de um diálogo entre eles e os princípios de direito, um efetivo diálogo entre as fontes do Direito, incluindo-se a ISO como uma das fontes do Direito. O conteúdo dos elementos estruturantes destas normas se comunica com o conteúdo de dispositivos legais que garantem direitos fundamentais e princípios de Direito como o da dignidade humana e da precaução, o que significa dizer que podem ser legitimados como ferramenta que evidencia o cumprimento do ordenamento jurí-

dico, naquilo que diz respeito às atividades de uma organização. Em outras palavras, podem ser utilizados como meio de evidenciar adoção de condutas que preservam o meio ambiente e saúde humana.

Neste sentido, o pluralismo jurídico reconhece que diversos são os motivos que levam outros atores a participar da produção normativa, em especial, nas últimas décadas, o fenômeno da globalização. Tais atores podem ser organizações privadas, organizações não governamentais, entidades de classe, empresas que, através de seu conjunto de normas de conduta, acabam por vincular e produzir normas que vigem em diferentes países de sua atuação, dentre outros.

O Direito poderá, assim, responder às novas demandas regulatórias, decorrentes do acelerado avanço das pesquisas e desenvolvimento das nanotecnologias, através do pluralismo jurídico, conferindo eficácia jurídica às condutas autorregulatórias que estão em coerência com princípios de direito e direitos já assegurados no conjunto normativo/regulatório vigente, é o que se pode denominar de reconhecimento de um patamar mínimo regulatório, fundamentalmente baseado na boa fé, em princípios, como o princípio responsabilidade proposto por Hans Jonas, princípio da precaução e, observado, a partir da adoção de normas de gestão, aos moldes das Normas ISO, de forma a tornar evidente a intenção de proteger a dignidade humana, saúde, vida e meio ambiente no curso do desenvolvimento.

Assim, num cenário de desenvolvimento, a preocupação com a gestão de recursos e riscos, que tenha por objetivo assegurar tais garantias, a adoção de normas ISO pelas organizações pode representar uma medida regulatória capaz de apontar qual o limite para o apelo econômico no desenvolvimento. Atualmente, devido à multiplicidade de aplicações das nanotecnologias que aportam no mercado consumidor em diversos itens de consumo, é relevante

que se observe o princípio da precaução, que, somados às possibilidades abertas pela adoção de normas de gestão de riscos, como a NR ISO 31000, produziria um ambiente de avanço nanotecnológico transparente e mais seguro.

REFERÊNCIAS

- BARBAT, Andrea Signorino. **Estudios de Derecho de seguros y reaseguros**. Montevideo, Uruguay: La Ley Uruguay, 2016. ISBN: 978-9974-731-26-4.
- BERGER FILHO, Airton Guilherme. 2016. **A governança dos riscos das nanotecnologias e o princípio da precaução**: um estudo a partir da teoria dialética da rede. n. p.: 2016. Repositório Digital da Biblioteca da Unisinos – RDBU, EBSCOhost. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5563/A%c3%adrton%20Guilherme%20Berger%20Filho2_.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Acesso em: 14 ago. 2017.
- ENGELMANN, Wilson. A nanociência como revolução científica: os Direitos Humanos e uma (nova) filosofia na ciência. In: STRECK, Lênio Luiz; MORAIS, José Luis Bolzan de (orgs.). **Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica**, Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2010.
- ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015, p. 52-53.
- ENGELMANN, Wilson. O diálogo entre as fontes do direito e a gestão do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases à juridicização do risco. In: STRECK, Lênio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (orgs.). **Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica**, Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012, p. 319-344
- HOENDORFF, Raquel Von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos do Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **Outdoor Air Pollution Volume 109 – Monographs on The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. ISBN 978-92-832-0175-5, ISSN 1017-1606, 2013. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/mono109.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto; Ed. PUC-Rio, 2006.
- MAHER, Barbara Ann; AHMED Imad; KARLOUKOVSKI, Vassil Vassilev; MacLAREN, Donald; FOULDS, Penelope; ALL-SOP, David; MANN, David; TORRES-JARDON, Ricardo; CALDERON-GARCIDUEÑAS, Lilian. Nanopartículas de poluição de magnetita no cérebro humano. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10797-10801, 27 set. 2016. Disponível em: <https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&rurl=translate.google.com.br&sl=en&u=http://www.pnas.org/content/113/39/10797&usg=ALkJrhj5lvM4Ag2Km5ss-0fyCV_zms9nJOA>. Acesso em: 6 nov. 2016.
- MARTINS, Patricia Santos. **O Sistema de Normas ISO e as Nanotecnologias**: as interfaces regulatórias e o diálogo entre as fontes do Direito. 2016. Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito, UNISINOS. 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6206/Patricia+Santos+Martins_.pdf;jsessionid=FDD37B955B77D801727DFCA2244CF93B?sequence=1>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- MARTINS, Paulo Roberto et al. **Revolução invisível**: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil. São Paulo: Xamã, 2007.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE PADRONIZAÇÃO (ISO). **Os benefícios da padronização**. Disponível em: <<https://www.iso.org/benefits-of-standards.html>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- ROCHA, Leonel Severo. Sistema do Direito e Transdisciplinaridade: de Pontes de Miranda à Autopoiese. In: COPETTI, André; STRECK, Lênio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (orgs.). **Constituição, Sistemas Sociais e Her-**

menêutica, Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2006, p.181-193.

TEUBNER, Gunter. **A Bukowina Global sobre a Emergência de um Pluralismo Jurídico Transnacional**. v. 14, n. 33, p. 9-31. Piracicaba: Impulso, 2003.

5

NANOCOSMÉTICOS: REFLEXÕES SOBRE O DIREITO À INFORMAÇÃO DO CONSUMIDOR E ASPECTOS ÉTICOS DO DESENVOLVIMENTO

Patricia Santos Martins¹
Daniele Weber da Silva²
Afonso Vinício Kirschner Fröhlich³

-
- 1 Mestre em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado – da UNISINOS/RS; Especialista em Direito e Processo do Trabalho - Faculdade Meridional (2013); Integrante do Grupo de Pesquisa JUSNANO/UNISINOS. Advogada.
E-mail: patricia.mart@hotmail.com
 - 2 Mestranda em Direito Público do Programa de Pós-Graduação em Direito - UNISINOS/RS; Especialista em Direito Público pelo Instituto de Educação RS (LFG); graduada em Direito/UNISINOS/RS; Integrante do Grupo JusNano (CNPQ); Advogada;
Email: weber.daniele@yahoo.com.br.
 - 3 Acadêmico do Curso de Graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), bolsista de iniciação científica CNPq; integrante do Grupo de Pesquisa JUSNANO;
E-mail: afonsovkf@gmail.com

INTRODUÇÃO

No atual cenário de descobertas e inovação, desenvolvem-se as nanotecnologias, com potencial de avanços nunca imaginados em diversas áreas da indústria e do cotidiano. Observa-se a promessa de inúmeros benefícios, contudo, atrelada a isto, vislumbra-se a incerteza científica quanto seus efeitos na vida humana e meio ambiente. Atualmente desconhece-se qual o real impacto desta nova tecnologia.

Na evolução das nanotecnologias, possibilitando novas interações a níveis atômicos e moleculares, tem se destacado a indústria dos (nano)cosméticos. Muito embora seja uma área em ascensão, as nanopartículas estão cada vez mais presentes em cosméticos, apresentadas em fórmulas de cremes anti-idade, protetores solares, shampoos, maquiagens em geral, dentre tantos outros produtos inovadores. O Brasil já se posiciona no terceiro lugar no mercado mundial em cosméticos, importa assim, refletir sobre nanotecnologias aplicadas neste nicho de mercado.

Por outro lado, apesar dos inúmeros benefícios dessa nova possibilidade tecnológica - principalmente em relação a maior capacidade de penetração dos ativos em camadas da pele - o uso das nanopartículas nos cosméticos representa grande preocupação. A discussão que aparece é quanto aos possíveis riscos dela advindos, em especial quanto à toxicidade e a ausência de biocompatibilidade dos materiais utilizados. Isso é ainda mais gravoso pelo contato direto que os consumidores têm com esses produtos amplamente lançados ao mercado.

Nesta conjuntura de incertezas científicas que envolvem os nanocosméticos - que igualmente atingem outras áreas - cresce a necessidade do Direito construir marcos regulatórios adequados para tutelar seguramente essa nova tecnologia, bem como aprofundar a discussão de forma interdisciplinar, atrelando o debate ao viés da preocupação ética, observan-

do-se o impacto econômico deste mercado nas relações humanas, e ainda projetando a necessidade dos fundamentos legais da informação para os nanoproductos.

Urge que se fortaleça o direito à informação nesta nova era nanotecnológica, de maneira que o consumidor decida conscientemente o que adquire, e que tenha o conhecimento mínimo para saber de qual forma tal produto poderá impactar em sua vida, principalmente quando se fala em nanocosméticos, pois são produtos que possivelmente serão utilizados de maneira contínua.

A partir do Direito à Informação, presente na Constituição e no Código de Defesa do Consumidor – em especial no seu artigo 31 –, quem consome tais produtos tem o direito de saber das mudanças e dos efeitos positivos e negativos, permitindo uma escolha consciente dos produtos que carregam essas novidades nanotecnológicas. Ao mesmo tempo, pode-se chamar de um direito/dever, pois é também dever do produtor dar acesso às informações relativas à utilização de nanotecnologias aplicadas aos produtos que disponibiliza ao mercado consumidor.

Este artigo busca atingir os seguintes objetivos: conhecer algumas possibilidades de aplicação das nanotecnologias em cosméticos; características e visão geral nos nanocosméticos; examinar as questões relativas aos riscos que poderão ser gerados a partir do acesso à nanoescala; projetar o debate ao impacto econômico da era nanotecnológica e as implicações éticas de desenvolvimento; e, finalmente, avaliar os fundamentos legais do direito à informação na Constituição Federal e no Código de Defesa do Consumidor, bem como argumentar sobre a ausência de informações (ou insuficiência) nos produtos, como condição de possibilidade para alcançar um modelo regulatório adequado para as nanotecnologias, adequados ainda ao aspecto ético de seu desenvolvimento.

Utilizar-se-á a pesquisa bibliográfica, buscando realizar a revisão das publicações em livros, artigos científicos e sítios oficiais da internet. Este recurso metodológico será alinhado à análise de conteúdo, nos moldes apresentados pelo livro de igual nome, de autoria de Laurence Bardin. Portanto, o problema que se pretende enfrentar neste artigo poderá ser assim circunscrito: sob quais condições o Direito à informação é manejado nas nanotecnologias? Quais os aspectos éticos a serem respeitados no desenvolvimento dos nanocosméticos?

A importância e atualidade do tema está atrelada à grande quantidade de produtos cosméticos contendo nanomateriais que são lançados no mercado, a incerteza quanto aos seus efeitos tóxicos e a ausência de regulação específica, que demanda do Direito a construção de elementos para juridicizar os riscos, passando a lidar com a possibilidade de danos futuros, bem como projetando a maior informação ao público leigo quanto aos efeitos, sejam eles positivos ou negativos. Derradeiramente, impositiva a reflexão do desenvolvimento desta nova tecnologia no aspecto ético, tendo em vista a potencialidade de risco envolvendo o bem-estar humano, desta e das futuras gerações.

1. NANOTECNOLOGIAS: CARACTERÍSTICAS, APLICAÇÕES E POSSÍVEIS RISCOS.

Observa-se, a partir do século XXI, intensa evolução de tecnologias anteriormente sequer pensadas. No panorama de inovações, encontram-se as nanotecnologias, que seriam o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões manométricas (HOHEN-DORFF, 2015, p. 11).

Nano é o nome que vem do grego e significa anão, um termo fundido com a palavra tecnologia

que surgiu em 1974, o famoso termo nanotecnologia. É uma ciência transdisciplinar, e de difícil explicação pelo fato desta fazer parte das ciências da complexidade, ou seja, é uma ciência não pura como a física, a química e a matemática, mas sim uma ciência heterogênea, e em seu bojo há a combinação de muitas disciplinas. Portanto, poderá haver em único produto feito com esta ciência, traços de engenharia usando química, física, biologia, matemática, dentre outras novas ciências (LIMA, 2014, p. 20). A partir desta caracterização pode-se aferir toda a complexidade que envolve esta tecnologia, e em razão disto também existe a inconsistência para conceituá-la.

O mundo na escala nano sempre existiu, ou seja, integra a natureza. No entanto, somente da metade para o final do Século XX, o ser humano conseguiu acessar esta ordem de grandeza, graças ao desenvolvimento de nanoscópios, em condições de visualizar a bilionésima parte de um metro.

A nanoescala equivale à bilionésima parte de um metro, aproximadamente dez vezes o tamanho de um átomo individual. A sua conceituação, portanto, dispõe de uma terminologia imprecisa, inexistindo definições padronizadas internacionalmente (ENGELMANN; BORGES; GOMES, 2014, p. 6).

Foi o físico norte-americano Richard Feynman (FEYNMAN, 2002) considerado o profeta da nanotecnociência, cuja profecia foi anunciada em sua palestra *There is a plenty of room at the bottom* ("Há mais espaços lá embaixo"), realizada no encontro anual da Sociedade Americana de Física no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em dezembro de 1959. Naquela ocasião, o cientista abordou praticamente todos os conceitos importantes da nanotecnociência, embora sem nominá-la dessa forma. Uma das ideias defendidas seria que possibilitar-se-ia condensar, na cabeça de um alfinete, todos os 24 volumes da Enciclopédia Britânica, vislumbrando as futuras descobertas na fabricação de sistemas em escala atômica e molecular

(ENGELMANN; BORGES; GOMES, 2014, p. 5). Até que a profecia posteriormente se confirmou:

As previsões de Feynman, ainda que prematuras e audaciosas, vieram a se confirmar duas décadas depois. O cientista Eric Drexler foi responsável por popularizar o termo nanotecnologia nos anos 80, ao fazer referência à construção de máquinas tão pequenas que teriam escala molecular com poucos nanômetros de tamanho. (ENGELMANN, 2010, p. 163).

Contudo, o termo nanotecnologia como denominação da aplicação da ciência em nanoescala ainda não havia sido cunhado, tendo surgido apenas em 1974, quando Norio Taniguchi, um pesquisador da Universidade de Tóquio, distinguiu o novo campo da engenharia em escala submicrométrica, nanotecnologia, da engenharia em escala micrométrica (ABDI, 2013).

Quanto ao seu conceito, como já referido anteriormente, há grandes divergências, sendo uma das mais recorrentes a da ISO TC 229, que conceitua nanotecnologias da seguinte forma (ISO, 2005):

ISO TC 229:

Nanotecnologia: Normatização no domínio das nanotecnologias, que inclui um ou ambos dos seguintes procedimentos:

1. Compreensão e controle da matéria e dos processos em escala nano, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, em que o aparecimento de fenômenos que dependem do seu tamanho normalmente permite novas aplicações,
2. Utilização das propriedades dos materiais em nanoescala que diferem das propriedades dos átomos individuais, moléculas, materiais a granel, para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram essas novas propriedades (tradução nossa).

As nanotecnologias encontram-se nos mais variados setores da vida cotidiana, nos mais diferentes

setores econômicos. Esta tecnologia em ultrapequena escala encontra-se no mercado, sendo amplamente consumidas, como nos protetores solares, telefones celulares, medicamentos, cosméticos, medicamentos veterinários, produtos para tratamento de água, para indústria aeroespacial, naval e automotora, siderúrgica, entre outros. Inclusive esse amplo rol é aberto devido ao processo contínuo de desenvolvimento das nanotecnologias (HOHENDORFF, 2015, p. 9). Portanto, vislumbra-se na atualidade uma atenção por parte do Direito às nanotecnologias.

Ademais, a nanotecnologia consolidou uma dinâmica de rápido desenvolvimento e aplicação diversificada em virtualmente todos os setores econômicos e não configura uma promessa ou uma ficção futurista: ela já é uma realidade observada em inúmeros produtos comercializados por diferentes setores. Dados recentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) indicavam que o mercado de produtos nanotecnológicos movimentava cerca de US\$ 350 bilhões (em 2014) e ainda em 2015 estimou-se que esse valor seria superior a US\$ 1 trilhão (MCTI, 2014, p. 3).

Para demonstrar a gama de produtos existentes em nível global, é possível apresentar os números gerais registrados pela Nanotechnology Products Database (NPD) – Base de Dados de Produtos de Nanotecnologia, criada em janeiro de 2016. Com a finalidade de se tornar uma fonte de informação confiável, acreditada e atualizada para a análise e caracterização de produtos nanotecnológicos (ou seja, nanoprodutos) introduzidos nos mercados globais, cataloga e registra toda capacidade de produção de nanotecnologia desenvolvida no mundo. Assim, com base na NPD, pode-se afirmar que atualmente existem 7004 produtos com nanotecnologias, produzidos por 1055 companhias, oriundas de 51 países (NPD, 2017).

Mais especificamente na área dos cosméticos, apresenta-se nesta mesma base de dados o

registro de 662 produtos, de 57 tipos diversos (como cremes, condicionadores, protetor solar etc.) desenvolvidos por 99 companhias distribuídas em 21 países diferentes (NPD, 2017). Sua aplicação e benefícios são assim descritos nesta indústria, bem como a preocupação com o potencial risco:

Há uma tendência crescente para o uso da nanotecnologia na indústria de cosméticos, em que a maioria dos fabricantes líderes mundiais estão usando a nanotecnologia em muitos de seus produtos rejuvenescedores e de maquiagem, incluindo vários cremes, hidratantes, protetores solares, cuidados pessoais para o corpo e cabelo. O coração da nanotecnologia aplicada em cosméticos é a incorporação de nanopartículas finas principalmente dióxido de titânio e óxido de zinco nos produtos. Estas nanopartículas de menos de 100 nm melhoram as propriedades dos produtos em diferentes aspectos de acordo com a finalidade dos fabricantes e as demandas dos clientes. O outro aspecto mais utilizado em nanocosméticos com uma grande importância é lipossomas, nanocápsulas e nanoemulsões para fornecer ingredientes funcionais ao alvo. No entanto, a nanotecnologia ainda precisa realizar mais pesquisas e desenvolvimento a ser comercializado na indústria de cosméticos. Além disso, as considerações ambientais de saúde e segurança (EHS) de nanomateriais usados devem ser a primeira prioridade das empresas que atuam no campo porque, como espada de ponta dupla, não só a nanotecnologia oferece algumas vantagens para o desenvolvimento da indústria de cosméticos, mas também o potencial de exposição dos nanomateriais não pode ser exagerado. Os ingredientes de cura em nanoescala podem penetrar mais profundamente na pele ou no cabelo, e, portanto, têm melhores resultados em comparação com microescalas. As nanoemulsões ou cápsulas podem levar ingredientes ativos para o alvo sem afetar profundamente áreas indesejadas. A estabilidade dos ingredientes pode ser assegurada pelo uso de métodos nanotecnológicos. A

melhor absorção dos ingredientes em protetor solar ou maquiagem leva a mais efeitos naturais e influências melhoradas. Para ser certo sobre a limpeza em produtos de cuidado pessoal tais como o shampoo, as lâminas de barbear, as escovas, e os planos do ferro, alguns ingredientes como nanopartículas de prata foram relatados devido a suas propriedades antibacterianas (tradução nossa) (NPD, 2017).

No Brasil, que é o terceiro mercado mundial em cosméticos, estando atrás dos Estados Unidos e do Japão, a empresa que primeiro desenvolveu e comercializou um produto com nanopartículas foi O Boticário, com um creme antienvelhecimento contendo as vitaminas A, C e K “para a área dos olhos, testa e ao redor da boca, chamado Nanoserum” (ENGELMANN, 2015, p. 43). De lá para cá, as nanopartículas estão presentes em diversos produtos cosméticos, como em xampus, condicionadores, cremes dentais, cremes antifirugas, cremes para clareamento de pele, protetores solares e maquiagens em geral.

Entretanto, a crescente evolução dos nanocosméticos vem acompanhada de incertezas científicas quanto seus efeitos na vida humana. Verifica-se o risco.

Neste enfrentamento, o qual demanda por óbvio uma conduta precaucional quando nos referimos às nanotecnologias, cada vez mais inseridas no nosso dia a dia. Nesta senda, ensina Wittmann:

No que tange às consequências das nanotecnologias há de se considerar que os riscos são diversos, seja pelo impacto negativo ou sobre os logros positivos para a natureza e sociedade e, nesse contexto, “na sociedade complexa o risco torna-se um elemento decisivo”. Há neste debate entre nanotecnologias, inovação tecnológica, sociedade de risco, equidade intergeracional e a sociedade uma complexidade sistêmica inédita que, todavia, ingressa no ambiente jurídico por meio da compreensão dos riscos que envolvem e ameaçam o direito à sustentabilidade (WITTMANN, 2015, p. 91).

Por esta razão, pertinente a preocupação e atenção por parte do Direito, com a ocorrência de diversos impactos, relacionados ainda com a Prevenção, consoante Hohendorff (2015, p. 10):

As nanotecnologias têm produzido novos materiais e os riscos para a saúde humana e ambiental ainda não estão suficientemente avaliados. Pertencendo a uma escala nanométrica, as partículas podem atravessar barreiras naturais e se acumular em determinadas células e não se tem a ideia dos efeitos de uma longa permanência destas partículas nos organismos vivos, e, tampouco, no ambiente. Além disso, as nanopartículas podem vir a fazer parte da cadeia alimentar, pois penetram em bactérias e nos demais animais e talvez em vegetais. O desenvolvimento destas tecnologias gera impactos éticos, legais e sociais importantes, relacionados também ao princípio da prevenção e informação, bem como reflexos nas relações de trabalho e no meio ambiente. A revolução nanotecnológica já está em curso e os produtos resultantes estão sendo consumidos sem que seus reais riscos e efeitos sobre a saúde humana e ambiental sejam conhecidos.

Um exemplo em que se evidenciam possíveis riscos é o de grande parte dos protetores solares, que possui nanopartículas de óxidos de titânio garantindo proteção UV. Por outro lado, essas partículas podem penetrar na pele caso haja algum ferimento e iniciar uma reação inflamatória. Outra aplicação é em protetores solares em spray, onde cientistas alertam que estas partículas podem causar efeitos prejudiciais nos pulmões quando inaladas. (ENGELMANN; HOHENDORFF; FRÖHLICH, 2015, p. 37).

Assim, a indústria cosmética vem se utilizando desta tecnologia no aprimoramento de produtos, apresentando vantagens na sua aplicação, face à maior capacidade de penetração de ativos em camadas da pele. Contudo, somente com o desenvol-

vimento maior e mais eficaz das nanos, será possível visualizar claramente os benefícios reais e de sua segurança, observando a questão da toxicidade e biocompatibilidade de materiais (ENGELMANN; HOHENDORFF; FRÖHLICH, 2015, p. 43).

Derradeiramente, a observação quanto à classificação das nanopartículas em 'lábéis' ou 'não lábéis' também traz preocupação, pois, nas 'lábéis', ou biodegradáveis, há a dissolução física ou química após aplicação na pele; contudo, nas 'não lábéis', ou não biodegradáveis – insolúveis – não ocorre a desestruturação, podendo agregar-se e gerar danos (DUTRA, 2009).

Desta forma, por se tratar de cosméticos, em que pode haver por parte de seus consumidores a aplicação contínua dos produtos, potencializa-se o risco, observando ainda que a criação de produtos nanotecnológicos apresenta características exclusivas, caso comparadas aos similares em escala maior. Portanto, como consequência dos riscos e possibilidades de danos futuros a partir da utilização dos nanocosméticos, cria-se um alerta com relação à utilização descontrolada desses nanomateriais, trazendo à luz a necessidade de refletir sobre o direito à informação e aspectos éticos deste desenvolvimento.

2. NANOCOSMÉTICOS E ÉTICA: NECESSÁRIAS REFLEXÕES

Conforme comentado no tópico anterior, o mercado de cosméticos representa pelo menos uma gama de 662 produtos, de 57 tipos diferentes (com aplicações cosméticas desde protetores solares até cremes e condicionadores) que são desenvolvidos por 99 companhias presentes em pelo menos 21 países diferentes, de modo que representa um setor de relevante impacto econômico. A peculiaridade deste mercado está justamente na capacidade de transformar os materiais em produtos de alto valor agrega-

do. Entretanto, diante de diversas vantagens, não se pode fechar os olhos às questões relativas ao aspecto social e ético que estão vinculadas diretamente a um desenvolvimento sustentável que promova o consumo ético e consciente.

Segundo Braga e Piovesan (2016, p. 307), “a escolha do que consumimos leva à inúmeras implicações, desde a valorização da identidade cultural até mesmo ao modo pelo qual uma sociedade se desenvolve”, fato que ratifica a necessidade de cumprimento do direito à informação, através da difusão do conhecimento destas novas tecnologias e, ainda mais, com a adequada informação constante na rotulagem dos produtos, a ser observada pelos produtores.

Um desenvolvimento sustentável pressupõe meio ambiente equilibrado, com práticas de consumo consciente e educação para preservação. Estes fatores exigem que haja fomento da educação do consumidor com relação aos produtos que consome e em aspectos de preservação. Tais circunstâncias por sua vez demandam que se possibilitem informações adequadas e suficientes voltadas aos valores socioambientais que fundamentem a tomada de decisões dos consumidores (BRAGA; PIOVESAN, p. 396).

Neste cenário, que envolve parcela significativa do mercado e seu impacto econômico, de desenvolvimento de produtos cujas promessas os tornam atraentes e representam inovação para os consumidores, refletir, analisar e falar sobre os riscos, observando o direito à informação, parece ser a conduta ética mais adequada. Luhman, ao tratar de risco, referiu: “no existe ninguna conducta libre de riesgo” (1992, p. 72), mas é possível, ao longo do desenvolvimento nanotecnológico observar condutas precaucionais que se mostrem efetivas para garantir aos nanoconsumidores seu livre direito de consumo, com a informação, consciência e educação razoáveis, tanto quanto às promessas quanto aos riscos e incertezas.

Ainda que no atual contexto legislativo brasileiro não se tenha marcos regulatórios nanoespecíficos vigentes, e que algumas iniciativas legislativas, a serem detalhadas no tópico a seguir, estejam seguindo o trâmite ordinário, sabidamente moroso, ressalta-se que condutas éticas, que tenham por objetivo a transparência e a informação, importam à sociedade e ratificam a ideia de desenvolvimento sustentável. Klaus Schwab (2016, p. 3) menciona, na obra *A Quarta Revolução Industrial*, que os avanços tecnológicos representam mudanças históricas em termos de tamanho, velocidade e escopo e ainda não se sabem os desdobramentos de tais transformações e o grau de complexidade, de modo que todas as partes envolvidas neste processo – a sociedade global – governo, empresas, universidades e sociedade civil – têm a responsabilidade de trabalhar em conjunto para melhor compreender estas tendências emergentes. Não só compreender, mas compartilhar este conhecimento “se quisermos moldar um futuro coletivo que reflita objetivos e valores comuns”. A partir desta perspectiva, analisar os aspectos éticos do desenvolvimento não significa propor um retrocesso, mas fixar alguns limites a partir de valores comuns como a dignidade da pessoa humana, colocando o homem como destinatário dos benefícios do desenvolvimento.

O artigo segundo da Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento de 1986 diz que “a pessoa humana é o sujeito central do desenvolvimento e deveria ser participante ativo e beneficiário do direito ao desenvolvimento”. É dever dos Estados estimular, promover e assegurar a participação livre, ativa e significativa dos indivíduos na elaboração, implementação e monitoramento de políticas de desenvolvimento – elemento essencialmente democrático (BRAGA; PIOVESAN, 2016, p. 315) – que se coaduna com as reflexões a respeito do ensino voltado ao desenvolvimento (inclusive de novas tecnologias) e essencial ao exercício do consumo ético, solidário e consciente.

A Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos (DUBDH) ratifica que, dentre as finalidades da ciência e tecnologia estão: a melhoria da saúde humana, o desenvolvimento social e a proteção do meio ambiente e dispõe, nos seus objetivos:

c) contribuir para o respeito pela dignidade humana e proteger os direitos humanos, garantindo o respeito pela vida dos seres humanos e as liberdades fundamentais, de modo compatível com o direito internacional relativo aos direitos humanos;

Estas manifestações de proteção à dignidade da pessoa humana, que coloca o homem e o meio ambiente no foco e como destinatário dos benefícios e dos riscos, devem servir como um limite ao desenvolvimento, promovendo-o com ética e responsabilidade.

Sabe-se que integra a natureza humana e faz parte de sua evolução a interferência no meio ambiente. Esta exploração, contudo, na atualidade induz necessariamente a refletir sob a ética, especificamente em dois aspectos. O primeiro deles para demonstrar os fundamentos do fazer e não fazer certas coisas, o segundo, como meio de evidenciar a obediência de certos princípios (JONAS, 2006, p. 29).

Logo, estudar a ética do comportamento humano significa dizer da necessidade de sopesar, em um primeiro momento, que a condição humana possui traços fundamentais inerentes à sua própria natureza que dela não se pode divorciar. Assim como analisar esta conduta também possibilita observar que é possível determinar com clareza que há uma responsabilidade humana confida no conjunto de suas ações (JONAS, 2006, p. 29).

Este poder de transformar, denominado por Hans Jonas de "poder opressivo do homem" e sua forma de intervir na natureza através de seu potencial criativo, é referido pelo autor como fonte da 'obra humana da cidade', evidenciando tanto "o domí-

nio completo e único da responsabilidade humana" (2006, p. 33).

Hans Jonas, ao tratar da obra humana, compara entre a antiguidade e o estado atual das coisas, e avalia que no passado o "trato com o mundo extra-humano, isto é, todo o domínio da *techne* (habilidade) era – à exceção da medicina – eticamente neutro". Para Jonas, a expressão eticamente neutro deriva do fato que a técnica, como atividade, era determinada pela necessidade, não pelo progresso que aparenta ser "o fim precípua da humanidade" (2006, p.35). Quanto à ética, portanto, naquele tempo, era considerada horizontalmente nas relações interpessoais (relação homem com homem), e cada um para consigo mesmo; já em relação às ações, o homem era considerado como uma entidade constante, não figurando como objeto da própria técnica. Neste cenário, não se pensava em consequências de longo prazo, e a interferência humana tinha por objetivo a compensação imediata (2006, p. 35). A intervenção humana baseada em compensações abre espaço para a responsabilidade diante da vulnerabilidade percebida pelo homem ao exercer o domínio sobre a natureza. Neste sentido, Hans Jonas diz de "uma vulnerabilidade que jamais fora pressentida antes de que ela se desse a conhecer pelos danos já sofridos" (2006, p.39). Percebida a vulnerabilidade da natureza e que não se trata de 'fonte inesgotável de bens' passíveis de transformações, o homem passa a ter o dever de proteger, inclusive sua conduta. Para Hans Jonas:

A presença do homem no mundo era um dado primário indiscutível de onde partia toda a ideia do dever referente à conduta humana: agora, ela própria tornou-se um objeto de dever – isto é, o dever de proteger a premissa básica de todo o dever, ou seja, precisamente a presença de meros candidatos a um universo moral no mundo físico do futuro; isto significa entre outras coisas, conservar este mundo físico de modo que as condições para uma tal

presença permaneçam intactas; isto significa proteger a sua vulnerabilidade diante de uma ameaça dessas condições (2006, p. 45).

Nos tempos antigos o desenvolvimento técnico se dava em razão da necessidade, com finalidade definida, apresentando-se como um meio para obtenção do fim. Atualmente se pode observar que “a *techne* transformou-se em um infinito impulso da espécie para adiante, seu empreendimento mais significativo. Somos tentados a crer que a vocação dos homens se encontra no contínuo progresso desse empreendimento, superando-se sempre a si mesmo, rumo a feitos cada vez maiores” (JONAS, 2006, p. 43).

Ao analisar os dizeres de Jonas e o cenário de desenvolvimento, principalmente no que diz respeito aos nanocosméticos (uma vez que utilizado diretamente pelo consumidor, colocando-se em exposição aos benefícios – ou não – dos nanoprodutos), entende-se a proposta de Hans Jonas por um “novo pensar ético” ou um novo imperativo categórico, voltado às inovadoras formas de agir humano e sua realidade, que se expressa da seguinte forma: “aja de modo que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma autêntica vida humana sobre a Terra” (JONAS, 2006, p. 47). Este imperativo possui relação direta com a tomada de decisões, tanto dos desenvolvedores e produtores como dos consumidores.

A tomada de decisões com relação aos riscos, aplicações, peculiaridades, promessas e até mesmo quanto à eficácia e segurança dos nanocosméticos não deve ser descuidada, utilizando-se como base deste desenvolvimento, tornando-o efetivamente sustentável, a partir de garantias de proteção à saúde e vida humanas e um meio ambiente equilibrado, o que só se poderá obter com a difusão do conhecimento, através do ensino, esclarecimentos quanto aos riscos e o direito/dever à informação, inclusive nas rotulagens dos produtos, possibilitando ao consumidor o li-

vre exercício quanto ao que consome. O cumprimento voluntário do direito/dever à informação, por parte de todos os envolvidos, corresponde à uma, dentre várias, das condutas eticamente responsáveis e proporciona de igual modo, um consumo consciente.

3. O DIREITO/DEVER À INFORMAÇÃO E O NANOCONSUMIDOR

A partir da análise do fator nanotecnológico não mais como uma novidade, mas como uma realidade no cotidiano de consumo, é possível chegar a algumas importantes reflexões. Por um lado, é notório que a nanotecnologia - em especial no ramo dos cosméticos - vem sendo cada vez mais pesquisada e desenvolvida em laboratórios do mundo todo que buscam fornecer aos mercados consumidores produtos contendo novidades capazes de potencializar efeitos a partir da bilionésima parte do metro. Por outro lado, torna-se evidente a preocupação quanto à segurança na utilização de tais produtos, uma vez que o tema está cercado de dúvidas e incertezas, principalmente na avaliação dos riscos advindos da mudança de propriedade físico-químicas dos materiais em nanoescala, que ao mesmo tempo podem aumentar as potencialidades e eficácia dos produtos, mas pode representar maior grau de toxicidade ou bioacumulação. A percepção da utilização da nanotecnologia virou uma contradição que pode ser perfeitamente definida pelos ensinamentos de Norberto Bobbio (2004, p. 96): "hoje, as ameaças à vida, à liberdade e à segurança podem vir do poder sempre maior que as conquistas da ciência e das aplicações dela derivadas dão a quem está em condição de usá-las".

Foi levando em consideração a insegurança - principalmente ocupacional - quanto à utilização da nanotecnologia na indústria que a Fundação CERTI, referência nacional e internacional no suporte para a indústria no quesito das tecnologias inovadoras,

desenvolveu uma Cartilha de Nanosseguurança, que bem define a necessidade de cuidado quando o assunto é nanotecnologia:

Porém, as pequenas (ou nano!) diferenças em tamanho das partículas, formato, área superficial e/ou outras características, podem modificar drasticamente a funcionalidade, a qualidade, a ciência e, é certo, a toxicidade do nanomaterial e do produto final para quem o utilizar. A Nanosseguurança entra aí!

A abordagem que trata essa cartilha tem como base o paradigma Safety by Design (Segurança obtida pelo Projeto). Porém, inclui também aspectos de segurança ocupacional (para os trabalhadores das empresas), tratando da segurança das pessoas em toda a cadeia da produção e do uso dos nanoprodutos. (CERTI, 2016).

O fato é que diante da ampla presença da nanotecnologia no mercado consumidor e da inexistência de “metodologia criada consensualmente para aferir os efeitos nanotoxicológicos dos produtos fabricados à base da escala nano” (ENGELMANN, 2015, p. 87), além da “dificuldade de se saber o número de nanopartículas que já foram desenvolvidas pela ação humana” (ENGELMANN, 2015, p. 87), é preciso que se tome uma atitude no sentido da busca do maior cuidado possível quanto aos possíveis riscos decorrentes dessas potencialidades lesivas. Para tal, a Nanoaction, projeto da International Center for Technology Assessment (NANOACTION, 2016), apresenta oito princípios fundamentais que serviriam de base para uma “avaliação e supervisão adequadas e eficazes do campo emergente da nanotecnologia, incluindo aqueles nanomateriais cuja utilização comercial é generalizada”. De acordo com o projeto:

Finalmente, desenvolvedores e produtores devem garantir a segurança e a eficácia dos seus processos e produtos, assim como assumir a responsabilidade por quaisquer consequên-

cias negativas daí decorretes. Os órgãos governamentais, as organizações e participantes relevantes deverão implementar amplos mecanismos de supervisão que promovam, incorporem e interiorizem estes princípios básicos o mais rápido possível. Os órgãos governamentais, as organizações e participantes relevantes deverão implementar amplos mecanismos de supervisão que promovam, incorporem e interiorizem estes princípios básicos o mais rápido possível.

Nesse cenário, o papel fundamental de regular o comportamento das pessoas, conforme expressão de Bobbio (2010, p. 208), frente aos desafios advindos com a nanotecnologia é do Direito. Para que possamos gerar um grau de segurança em maior nível no contato com os produtos nano, ou, pelo menos, garantir a inexistência (ou minimizar) de perigos futuros advindos da utilização desta escala de medida, o dever do ordenamento jurídico é regulatório, ou seja, tem o compromisso de criar “marcos especiais para os nanocosméticos ou as nanotecnologias em geral ou, por fim, adaptar o conjunto normativo vigente para os nanocosméticos” (ENGELMANN, 2015, p. 87). Desta maneira, é cediço entre os pesquisadores dos impactos sociais das nanotecnologias que quanto mais crescem as atividades voltadas para a área de indústrias de químicos, alimentos, remédios e cosméticos envolvendo a nanoescala, mais regulação formal essas áreas devem ter (SNIR, 2015, p. 1-50).

Um caminho que o Direito pode optar para antever as potencialidades lesivas dos nanocosméticos já é discutido amplamente há alguns anos a nível internacional. Trata-se de investir no Direito à Informação: quem consome os produtos desenvolvidos com nanotecnologia tem o direito de saber das mudanças e dos seus efeitos positivos e negativos, permitindo uma escolha consciente dos produtos que carregam essas novidades. Diversos países, dentre os quais França, Bélgica, Suécia, Noruega, Dinamarca, China

e Canadá, estabeleceram a obrigatoriedade do registo pelas empresas que vendem produtos contendo nanopartículas, independente de serem por elas produzidos ou importados (ENGELMANN, 2015, p. 87). Também países como Austrália, Estados Unidos, Suíça e Coreia elaboraram definições operativas de nanomateriais, mesmo que nem sempre vinculantes. Quanto aos cosméticos contendo nanotecnologia, um primeiro passo para a efetivação desses direitos a nível internacional é o Regulamento (CE) nº 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho (UE - Regulamento, 2009), que inovou ao ressaltar a necessidade de garantir uma avaliação da segurança do produto nanocosmético e ampla divulgação dos riscos associados a sua utilização. O documento dispõe da seguinte forma:

(29) O desenvolvimento da tecnologia pode levar a uma maior utilização de nanomateriais nos produtos cosméticos. A fim de garantir um elevado nível de protecção dos consumidores, a livre circulação de mercadorias e a segurança jurídica dos fabricantes, é necessário elaborar uma definição uniforme dos nanomateriais a nível internacional. A Comunidade deverá procurar chegar a acordo sobre uma definição nos fóruns internacionais relevantes. Caso tal acordo seja obtido, a definição de nanomateriais constante do presente regulamento deverá ser adaptada em conformidade.

(30) Actualmente, a informação sobre os riscos associados aos nanomateriais é inadequada. A fim de avaliar melhor a sua segurança, o CCSC deverá prestar orientação, em colaboração com os organismos competentes, sobre metodologias de ensaio que tenham em conta as características específicas dos nanomateriais.

(31) A Comissão deverá proceder a uma revisão periódica das disposições relativas aos nanomateriais tendo em conta o progresso científico.

Dito desta maneira é possível perceber que o Brasil apresenta-se atrasado com relação a outros países do mundo em que esse assunto ganhou grande relevância. No ordenamento jurídico pátrio, inexistente atualmente qualquer legislação específica em vigor que oriente a utilização, a produção e a informação dos produtos contendo nanotecnologia, em especial dos nanocosméticos. Portanto, a obrigação do aplicador do Direito é desenvolver respostas adequadas utilizando preceitos jurídicos existentes, capazes de garantir a informação dos produtos nanocosméticos, dando “conta das especificidades trazidas pela revolução científica inaugurada por esta nova ciência que começa a ser desenhada” (ENGELMANN; FLORES, 2016). Pelos termos de Engelmann e Flores: “dentro das possibilidades dos conceitos jurídicos indeterminados e das cláusulas gerais, será possível ao direito brasileiro dar conta da nova (nano)tecnologia, aproveitando a estrutura jurídica já instalada” (ENGELMANN; FLORES, 2016). Em outras palavras, a partir de mecanismos jurídicos já existentes, é preciso que se associem respostas juridicamente adequadas a essa nova demanda.

Uma possível resposta que pode ser traçada no ordenamento jurídico atual envolve o Direito à Informação. Por estar efetivado na Constituição Federal do Brasil de 1988 no artigo 5º, inciso XIV, que dispõe da seguinte forma: “É assegurado a todos o acesso à informação e resguardado o sigilo da fonte, quando necessário ao exercício profissional”, temos constitucionalmente garantida a exigência irrenunciável da comunicação quanto à utilização das nanotecnologias nos produtos cosméticos e as suas potencialidades de risco. Nas palavras de Maria Tereza Marques, a informação é um direito/dever fundamental “sem a qual não há participação, não há liberdade, desmora-se a igualdade, impede a existência da democracia” (MARQUES, 2016, p. 30).

O Direito/Dever à Informação também tem respaldo no Código de Defesa do Consumidor. Le-

vando em conta a grande quantidade de produtos contendo nanotecnologia lançados diariamente no mercado, os primeiros afetados com possíveis danos que esta novidade pode causar serão os consumidores, leigos no trato com essa tecnologia emergente. Por tal razão, quem consome tais produtos tem o direito de saber dos efeitos e mudanças físico-químicas dessas partículas. Diante de tal realidade, o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990) pode projetar mecanismos que garantam a informação ao consumidor quanto às potencialidades das nanotecnologias. Em primeiro lugar, ao elencar os direitos básicos do consumidor no Artigo 6º, o legislador trouxe a garantia da informação em seus incisos II e III, conforme a seguir:

Art. 6º São direitos básicos do consumidor

[...]

II - a educação e divulgação sobre o consumo adequado dos produtos e serviços, asseguradas a liberdade de escolha e a igualdade nas contratações;

III - a informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade, tributos incidentes e preço, bem como sobre os riscos que apresentem

Nesse sentido, quanto ao inciso II:

[...] o Código elenca normas que exigem, por exemplo, a devida *informação* sobre os riscos que produtos e serviços possam apresentar, de maneira clara e evidente, ou simplesmente não colocá-los no mercado, se tais riscos forem além do que normalmente se espera deles (arts. 8º a 10º do Código).

Da mesma forma, pelo inciso III,

É indispensável, por conseguinte, que haja uma ligação permanente, ou um elo de comunica-

ção constante entre fornecedores/consumidores para que esses últimos possam efetivamente ter acesso à informações sobre os produtos e serviços (GRINOVER, 2011, p. 153).

Outro artigo que garante a informação ao consumidor para que este tenha uma escolha livre e consciente, podendo servir de subsídio para a informação quanto à utilização da nanoescala, é o artigo 31 do Código de Defesa do Consumidor:

Art. 31. A oferta e apresentação de produtos ou serviços devem assegurar informações corretas, claras, precisas, ostensivas e em língua portuguesa sobre suas características, qualidades, quantidade, composição, preço, garantia, prazos de validade e origem, entre outros dados, bem como sobre os riscos que apresentam à saúde e segurança dos consumidores

A partir de tal artigo, é dever dos fornecedores informar ao consumidor quanto as características, qualidades, quantidade, composição e demais dados dos produtos lançados ao mercado.

Projeta-se, desta maneira, a partir da positivação na Constituição Federal e no Código de Defesa do Consumidor, a necessidade de um forte investimento pelo Estado na informação ao consumidor dessa nova modalidade de cosméticos. Por outro lado, pouco se tem feito para que ocorram resultados efetivos para a obrigatoriedade da informação da utilização de nanomateriais nos produtos. De acordo com o já citado Projeto Nanoaction:

Os governos e os criadores de nanotecnologias oferecem escassas oportunidades reais para uma participação informada do público nos debates e decisões sobre a forma ou mesmo se é conveniente seguir com a "nano"-nização do mundo. (NANOACTION, 2016).

Não se pode negar que esforços já foram feitos nesse sentido no Brasil. Como primeiros exem-

plos, inovou-se com dois projetos de lei, em tramitação junto à Câmara dos Deputados, que discutem a regulação estatal. Um deles é o Projeto de Lei nº 5.133/2013, que define o conceito de nanotecnologia e tem como uma de suas metas instituir a obrigatoriedade de inserir no rótulo de todos os produtos à base de nanotecnologias informações ao consumidor sobre a tecnologia utilizada. Por sua vez, o Projeto de Lei nº 6.741/2013 dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, o incentivo à pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e o controle pelo Poder Público dos riscos e impactos decorrentes das atividades de nanotecnologia.

Por outro lado, apesar do esforço da regulação por esses projetos, eles encontram-se estagnados e longe de sua concretização. O primeiro projeto está "Aguardando Designação de Relator na Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria, Comércio e Serviços", enquanto o segundo "Aguardando Criação de Comissão Temporária pela MESA". Essa questão reflete a forte resistência que estes Projetos de Lei enfrentam de diversos setores envolvidos e manifestações contrárias à regulação estatal, principalmente pelas empresas produtoras, que passariam a ser obrigadas a fornecer informações.

Como primeiros passos, os citados Projetos de Lei garantem, pelo menos, um olhar apurado às preocupações éticas, legais e sociais associadas à possibilidade de risco à saúde humana advindos com os nanoprodutos. Destarte, apesar da inexistência de regulamentação específica em vigor para o caso dos nanocosméticos no Brasil, atualmente existem subsídios capazes de garantir maior segurança ao consumidor frente às incertezas científicas que envolvem a nanotecnologia. O Direito à Informação, a partir deste cenário, passa a impor como "imprescindível o desenvolvimento de ferramentas e informações científicas para fazer avaliações de risco informadas sobre essa tecnologia emergente" (ENGELMANN; HOHENDORFF,

2015, p. 86). De acordo com Raquel Von Hohendorff e Wilson Engelmann:

É preciso que as informações decorrentes do estudo dos riscos tenham ampla divulgação e estejam disponíveis para a sociedade, para que os atores envolvidos diretamente nas decisões, sobre a limitação da nanotecnologia e a sociedade civil, tenham melhores condições frente aos desafios surgidos com esta nova tecnologia. (HOHENDORFF; ENGELMANN, 2014, p. 22).

Em outras palavras, quem consome produtos cosméticos contendo materiais em nanoescala tem o direito de saber das mudanças e dos efeitos positivos e negativos que os produtos podem ter quando em contato íntimo com o ser humano. Desse modo, partindo do império da incerteza quando o assunto é nanotecnologia, é imprescindível que as empresas produtoras de nanocosméticos passem a titularidade da escolha da utilização da nanotecnologia para o consumidor. Afinal, conforme Bauman “[o] século vindouro pode muito bem ser a época da derradeira catástrofe. Ou pode ser o tempo em que um novo pacto entre os intelectuais e o povo” (2008, p. 229).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recente quebra de paradigma do poder das novas tecnologias vem despertando uma preocupação iminente no que tange à proteção, saúde e bem-estar humano. O aprofundamento do debate sobre os riscos mostra-se indispensável no atual contexto nanotecnológico. Pelo que se depreende do estudo de vasta bibliografia e notícias científicas recentes, a produção dos nanocosméticos encontra-se em amplo crescimento, o que conseqüentemente gera o aumento do risco na utilização desavisada destes produtos, principalmente se atentarmos para o uso contínuo de diversos cosméticos.

Não há certeza sobre os (possíveis) danos ou efeitos que os nanocosméticos poderão acarretar na saúde humana, em especial quanto à toxicidade e a ausência de biocompatibilidade dos materiais utilizados. Isso é ainda mais gravoso pelo contato direto que os consumidores têm com esses produtos amplamente lançados ao mercado.

Uma vez que a nanotecnologia está amplamente inserida no cotidiano, através de inúmeros produtos apresentados ao longo deste artigo, necessário que seja adotada uma conduta minimamente precaucional, projetando assim o máximo de informação disponível aos consumidores, para que estes possam optar pela utilização consciente dos nanocosméticos.

Por outro lado, destaca-se na interdisciplinaridade da era nanotecnológica, a relação com os aspectos éticos do desenvolvimento. O cumprimento voluntário do direito/dever à informação, por parte de todos os envolvidos, corresponde à uma das condutas eticamente responsáveis e proporciona de igual modo, um consumo consciente.

Como afirmado na lição de Jonas (2006), percebe-se a vulnerabilidade da natureza e que não se trata de 'fonte inesgotável de bens' passíveis de transformações, passando o homem a ter o dever de proteger, inclusive sua conduta, resguardando assim as gerações futuras. A partir desta perspectiva, impõe-se analisar os aspectos éticos do desenvolvimento não como um retrocesso, mas no sentido de fixar alguns limites a partir de valores comuns como a dignidade da pessoa humana, colocando o homem como destinatário dos benefícios do desenvolvimento.

Desta maneira, imprescindível a observação e respeito aos limites mínimos no desenvolvimento desta nova tecnologia, prezando precipuamente ao bem-estar e segurança da vida humana.

No horizonte atual de riscos envolvendo os produtos nanotecnológicos, aparece o Direito com um papel regulatório de construção de elementos

adequados para tutelar esta nova demanda, viabilizando o Direito à Informação, visto sob a ótica da dignidade da pessoa humana e por sua vertente positivada (presente na Constituição e no Código de Defesa do Consumidor, em especial no seu artigo 31). O fato é que o Consumidor diretamente ligado aos nanocosméticos tem o Direito (Dever) de conhecer os benefícios e riscos dos produtos a serem consumidos. Para isso, faz-se necessário construir alternativas para esclarecer o público consumidor leigo.

Uma solução encontrada pelo Grupo de Pesquisa JUSNANO⁴ é a produção de cartilhas educativas que levem o conhecimento acerca dos nanocosméticos de uma forma mais simples e clara para o público consumidor. Da mesma forma, o Grupo realizou palestras educativas em escolas de Ensino Médio e Fundamental, Públicas e Particulares, compartilhando o conhecimento sobre a nanotecnologia com cidadãos que pouco - ou quase nada - conhecem dessa nova tecnologia tão presente na sociedade de consumo. Outra produção foi a de um livro no ano de 2015 com mesmo título do presente resumo, o qual recebeu apoio financeiro da FAPERGS (Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul), por meio do edital 001/2013 PQP (Pesquisador Gaúcho). Com tais trabalhos desenvolvidos, a pesquisa possibilitou a aproximação do desenvolvimento nanotecnológico ao público consumidor, não especialista no assunto.

Por fim, inevitável que o meio jurídico promova o maior debate possível na era nanotecnológica,

4 O Grupo JUSNANO, vinculado aos programas de pós-graduação (mestrado e doutorado) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos pretende investigar os reflexos que as pesquisas nanotecnológicas provocarão na sociedade, pois se trata de uma área com grandes possibilidades, muitas das quais desconhecidas. Dessa forma, pretende-se aproximar a área tecnológica com a área humana, a fim de propor uma regulamentação jurídica para as pesquisas e os resultados em escala nano. A regulamentação a ser formulada conterá sua base fixada nos Direitos Humanos, como diretriz ética para as investigações que estão sendo processadas. Blog do Grupo de Pesquisa JUSNANO: <http://jusnano.blogspot.com.br>.

fomentando a produção científica e pulverizando toda informação disponível ao consumidor, tendo em vista que a utilização de nanocosméticos mostra-se em grande ascendência. A utilização consciente dos produtos, alertando sobre sua potencialidade de risco – mas não esquecendo as diversas promessas inovadoras destes cosméticos – viabilizará o respeito ao Direito fundamental da informação.

Ademais, aliando o desenvolvimento aos aspectos éticos, morais e sociais, possibilitar-se-á o crescimento minimamente sustentável, asseverando ainda a responsabilidade para com as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Relatório de Acompanhamento Setorial. **Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação**. Jan. 2013. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2017.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luis Antero Reto; Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAUMAN, Zygmunt. **Medo líquido**. Rio de Janeiro: J. Zahar, 2008.
- BOBBIO, Norberto. **A Era dos Direitos**. 7ª reimpressão. Nova ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- _____. **Teoria geral do direito**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.
- BRAGA, Fábio Rezende; PIOVESAN, Flavia Cristina. **O Consumo Consciente e Solidário: direitos humanos, movimentos ecológico-sociais e a promoção do desenvolvimento sustentável**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.13, n.25, p.307-330 – Janeiro/Abril de 2016. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/600/485>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

- BRASIL. CÂMERA DOS DEPUTADOS. **PL 5133/2013**: Projeto de Lei. 2013. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>>. Acesso em: 23 fev. 2017
- _____. **PL 6741/2013**: Projeto de Lei. 2013. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 23 fev. 2017.
- BRASIL. Constituição da Republica Federativa Do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 25 fev. 2017.
- Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento 1986. Disponível em: <<http://www.dhnet.org.br/direitos/sip/onu/spovos/lex170a.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- DUTRA, Fábio Neri. **O tratamento jurídico dos riscos produzidos por cosméticos baseados em materiais nanoestruturados**. Campinas: UNICAMP; Laboratório de Química do Estado Sólido, 2009. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_monografias_dutra_tratamento_juridico.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.
- ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel Von. Miscelânea transdisciplinar- das nanotecnologias ao ensino jurídico. In: ENGELMANN, Wilson; BELLO, Enzo (Org.). **Metodologia da Pesquisa em Direito** [recurso eletrônico]. 1. ed. Caxias do Sul: Educs, 2015, p. 86.
- ENGELMANN, Wilson et al. (Org.). **Nanocosméticos e o Direito à Informação**: Construindo os Elementos e as Condições para Aproximar o Desenvolvimento Tecnocientífico na Escala Nano da Necessidade de Informar o Público Consumidor. 1. ed. Erechim – RS: Deviant, 2015.
- ENGELMANN, Wilson. **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. 1. ed. Erechim: Deviant, 2015.
- _____. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 163.
- ENGELMANN, Wilson; BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014. ISBN 978-85-224-8913-8.

- ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi. As nanotecnologias e os marcos regulatórios: desafios éticos e possibilidades legais para a construção de um direito que normatize as pesquisas. In: **Revista Jurídica**, online, Ed. 61. Disponível em: <<http://revistavisaojuridica.uol.com.br/adogados-leis-jurisprudencia/44/artigo162268-2.asp>>. Acesso em: 12 dez. 2016.
- FEYNMAN, Richard P. **Há mais espaços lá embaixo: um convite para penetrar em um novo campo da Física**. SBPC/Labjor Brasil, atualizada em 10 nov. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>>. Acesso em: 21 dez. 2016.
- FUNDAÇÃO CERTI. **Nanossegurança na Prática**. 2016. Disponível em: <<http://insights.certi.org.br/nanosseguranca-na-pratica/>>. Acesso em: 19 fev. 2016.
- GRINOVER, Ada Pellegrini et al. **Código brasileiro de defesa do consumidor: comentado pelos autores do anteprojeto**. 10. ed., rev., atual. e reform. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2011. 2. v. p. 153.
- HOHENDORFF, Raquel Von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí, Paco Editorial: 2015.
- ISO. ISO/TC 229 **Nanotechnologies**. 2005. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=381983>. Acesso em: 08 dez. 2016.
- JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.
- LIMA, Edilson Gomes de. **Nanotecnologia: biotecnologia e novas ciências**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.
- MARQUES, Maria Tereza. Direito à informação: direito fundamental: base para democracia. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos**, Bauru, n. 28, p. 29-42, abr./jul. 2000. Disponível em: <<http://bdjur.stj.jus.br/jspui/handle/2011/19916>>. Acesso em 23 set. 2016.

- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Diálogos setoriais para a regulação de produtos baseados em nanotecnologia**. nov. 2014. p. 3. Disponível em: <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/dialogos_setoriais_-_nanotecnologia_portugues.pdf> Acesso em 19 jul. 2016.
- NANOACTION – INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Disponível em: <http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/Princípios_Supervision_NANOTECNOLOGIAS-por.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). Disponível em: <<http://product.statnano.com/>>. Acesso em: 19 fev. 2017.
- SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: EDIPRO, 2016. ISBN: 857283978X.
- SNIR, Reut. Trends in Global Nanotechnology Regulation: The Public-Private Interplay. **Vanderbilt Journal Of Entertainment & Technology Law**, Israel, v. 17, p. 1-50, set. 2015.
- UNESCO. Organização as Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. **Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180por.pdf>>. Acesso em: 25 fev. de 2017.
- UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (ce) N.º 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho**. União Europeia, 30 nov. 2009. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R1223&from=PT>>. Acesso em: 23 fev. 2017.
- VON HOHENDORFF, Raquel; ENGELMANN, Wilson. **Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: A Gestão dos Riscos a Partir do Diálogo Entre as Fontes do Direito**. 1. ed. Curitiba: Juruá, 2014.
- WITTMANN, Cristian. Autorregulação e nanotecnologias: da fragilidade do Estado para o além dele. In: ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Paco Editora, 2015. p. 79-106.

6

SOCIEDADE DE RISCO E NANOAGROTÓXICO: REFLEXÕES SOBRE OS RISCOS INVISÍVEIS POSTOS À MESA

Haide Maria Hupffer¹
Maicon Artmann²
Jeferson Jeldoci Pol³

-
- 1 Docente e pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e no curso de Graduação em Direito da Universidade FEEVALE. Realiza seu estágio pós-doutoral sob a supervisão do Prof. Dr. Wilson Engelmann da UNISINOS.
 - 2 Mestrando em Qualidade Ambiental na Universidade FEEVALE. Graduado em Direito pela Universidade FEEVALE. Advogado.
 - 3 Mestrando em Qualidade Ambiental na Universidade FEEVALE. Graduado em Direito pela Universidade FEEVALE. Pós-graduando em Direito Previdenciário e Trabalho (Verbo Jurídico). Advogado.

INTRODUÇÃO:

O Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos. Um terço das frutas, das verduras, dos vegetais e dos legumes mais consumidos pela população apresentam resíduos de agrotóxicos em níveis inaceitáveis. A população mundial continua fragilizada em um cenário de exposição intolerável e inegociável, pois muitas vezes as doses utilizadas são excessivas. Outro agravante é a utilização de agrotóxicos já banidos de países desenvolvidos e que são exportados para países subdesenvolvidos com legislações mais flexivas ou que são trazidos por meio de importações clandestinas.

A produção da riqueza da agroindústria é acompanhada sistematicamente pela produção de riscos. Os nanoagrotóxicos ampliam a percepção de que o planeta Terra se tornou uma espécie de laboratório a céu aberto, na medida em que pesquisas para observar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente são escassas e relativizadas em nome do aumento da produção para atender problemas de escassez de alimentos.

A Teoria da Sociedade de Risco desenvolvida por Ulrich Beck é significativa para refletir sobre os riscos das novas tecnologias e, em especial, sobre os riscos dos nanoagrotóxicos e das nanotecnologias que integram os principais alimentos e com promessas de revolucionar o setor da agroindústria e os alimentos hoje conhecidos, com propriedades nanoengenheiradas. Beck (2010, p. 31) alerta que a ciência desconsidera o fato “de que as mesmas substâncias tóxicas podem ter um significado inteiramente distinto para pessoas distintas” e que muitas investigações realizadas são ainda voltadas “unicamente a substâncias tóxicas isoladas” e jamais “podem dar conta das concentrações tóxicas no ser humano”.

É a partir dos aportes de Beck sobre a Teoria da Sociedade de Risco e da Modernização Reflexi-

va que este estudo objetiva mostrar que o desenvolvimento de nanoagrotóxicos segue a mesma lógica da sociedade industrial com o agrotóxico, em que o ser "humano acabou por se converter no estágio avançado da mercantilização total". Os riscos "da modernização emergem ao mesmo tempo vinculados espacialmente e desvinculadamente com um alcance universal" e "quão incalculáveis e imprevisíveis são os intrincados caminhos de seus efeitos nocivos" (BECK, 2010, p. 33). É com esse olhar que, na sequência, será realizada uma reflexão sobre Sociedade de Risco, Nanotecnologia, Agrotóxicos, Nanoagrotóxicos e Nanoalimentos.

1. SOCIEDADE DE RISCO E NANOTECNOLOGIA

O sociólogo alemão Ulrich Beck esboçou, em 1986, a Teoria da Sociedade de Risco, defendendo, em suma, a existência de uma configuração social baseada no risco e nos efeitos decorrentes da modernização, geradora de ameaças à vida da humanidade e da natureza. Esse modelo trouxe consigo uma elevação na produção de riscos e ameaças, gerando a potencialidade de acidentes e ocorrências ambientais em escala mundial, capazes de provocar até mesmo o extermínio da vida no planeta (BECK, 2010, p. 16).

Em outras palavras, o autor alemão indica o nascimento de uma nova dinâmica entre relações sociais, poder econômico, expertise científica e problemas ambientais, oriunda de experiências e percepções de riscos que decorrem da modernização. "Pode-se afirmar que a sociedade moderna criou um modelo de desenvolvimento tão complexo e avançado, que faltam meios capazes de controlar e disciplinar esse desenvolvimento" (CANOTILHO; LEITE, 2010, p. 152).

Para Beck (2010, p. 230), a teoria da sociedade de risco parte da noção de que os perigos são "fabricados de forma industrial, exteriorizados economicamente, individualizados no plano jurídico, legi-

timados no plano das ciências exatas e minimizados no plano político”. O autor explica que, para prevenir, mitigar ou remediar riscos e destruições produzidos por sua própria modernização, a sociedade se vê obrigada a lidar com efeitos não previstos que ela mesma produziu, fenômeno denominado como “modernização reflexiva”. Em outras palavras, “risco e reflexividade constituem, portanto, conceitos centrais: o primeiro permite o acesso à realidade, o segundo explica a lógica de dinamização dessa realidade” (BOSCO; FERREIRA, 2016, p. 2).

No pensamento de Beck (2010, p. 2-10), o desenvolvimento da ciência e da técnica não mais poderiam controlar os riscos de suas criações e esses riscos geram consequências para a saúde humana e para o meio ambiente, ainda desconhecidas a longo prazo, mas que, quando descobertas, podem ser irreversíveis. Para exemplificar, o autor cita os riscos ecológicos, químicos, nucleares, genéticos e econômicos. Tudo isso compõe uma nova concepção de capitalismo, ou seja, “uma nova forma de economia, uma nova forma de ordem global, uma nova forma de sociedade e uma nova forma de vida pessoal” (BECK, 2010, p. 2-10).

Se por um lado os riscos da sociedade industrial são concretos (fumo, trânsito, utilização industrial de máquinas de corte etc.), por outro, os riscos relacionados à sociedade de risco são demarcados por sua invisibilidade, globalidade e imprevisibilidade (CARVALHO, 2008, p. 77). Em razão dessa transição e da proliferação de riscos imperceptíveis ou imprevisíveis, ganha força o “império principiológico da prevenção *lato sensu* (prevenção e precaução) como palavra de ordem para evitar a concretização de danos futuros” (CARVALHO, 2008, p. 78).

A teoria da sociedade de risco, em essência, poderia ser resumida a dois pontos centrais. A primeira questão compreende a incapacidade das sociedades modernas para lidar com as consequências da

modernização. Considera-se que as falhas institucionais tornam os avanços modernistas (como a produção em massa, a produção industrial, a energia nuclear ou a tecnologia genética) incontroláveis. Sob essa perspectiva, a sociedade moderna é simplesmente incapaz de lidar com as próprias consequências do que cria (MATTEN, 2004, p. 382).

A segunda contribuição principal dos ensinamentos de Beck é sugerir uma inovação institucional significativa como um caminho para sair da letargia e do fracasso das sociedades modernas para lidar com essas consequências autoimpostas. Embora muitos escritores tenham acusado Beck de ser pessimista e meramente descritivo em sua abordagem e, embora o argumento inovador da tese da sociedade do risco esteja realmente em seu conteúdo conceitual e explicativo, o autor alemão explora as possibilidades de subpolítica de base por parte de comunidades, ONGs e ativistas ambientais para atuarem como uma nova força na sociedade e como um novo controle social do setor corporativo. Diante do fracasso das instituições tradicionais das sociedades modernas – principalmente as instituições políticas – Beck propõe a necessidade de uma série de novas instituições, de novas estratégias e novos atores (MATTEN, 2004, p. 382).

Outra característica marcante da sociedade de risco é a globalização, que, consoante entendimento de Giddens (2000, p. 21), está relacionada ao vínculo de eventos sociais e relações sociais muitas vezes distantes de contextos locais. Essa nova dinâmica de relações sociais sem fronteiras, atravessando o tempo e o espaço, torna-se possível porque o movimento – de pessoas, produtos e informação – passou a ser facilitado pelos avanços nos meios de transporte.

Giddens (2000, p. 45) adicionalmente expõe que o risco é um fenômeno incorporado à modernidade e afirma que os perigos sempre existiram na história da humanidade. Entretanto, a avaliação dos perigos e dos riscos, em relação às possibilidades futu-

ras, é significativamente diferente entre as sociedades tradicionais e as sociedades modernas.

Beck (1995, p. 41) indica que, na sociedade de risco, o indivíduo torna-se um ser reflexivo, que, ao contrapor suas próprias ações, estabelece críticas racionais sobre si, analisando as consequências de fatos pretéritos, de condições atuais e potenciais riscos futuros.

Nesse cenário de incertezas que permeia a sociedade de risco, surge a possibilidade de caracterização do chamado dano ambiental futuro. Enquanto na Teoria do Risco (Concreto) exige-se a ocorrência de um dano para a atribuição de responsabilidade civil, prescindindo apenas da comprovação de culpa para a responsabilização do agente causador de um dano já configurado, na sociedade caracterizada pela produção de riscos globais, por outro lado, exigem-se tomadas de decisão em contextos de risco, em antecipação à concretização dos danos. Logo, nessa configuração de sociedade, “não se pode exigir a ocorrência de um dano atual como condição para imputação objetiva à atividade perigosa ou ariscada quando se está falando em dano ambiental futuro” (CARVALHO, 2013, p. 85).

Considerando as novas relações e abordagens acerca da sociedade de risco, o advento da nanotecnologia amplia ainda mais a discussão em torno desses tópicos. Isso porque a tecnologia “nano” trata de materiais, sistemas e processos que funcionam a uma escala de 100 nanômetros (nm) ou menos. Um nanômetro é um bilionésimo de um metro, sendo que termo “nano” refere-se, ainda, a uma escala de tamanho entre 1 nanômetro (nm) e 100 nm (BHAGAT et al., 2015, p. 2).

Os riscos associados à nanotecnologia são, em grande medida, caracterizados pela incerteza. Inexistem informações adequadas sobre como as nanopartículas interagem com os tecidos do corpo humano. A toxicidade e os efeitos a longo prazo das

nanopartículas também são pontos nebulosos. Da mesma forma, os impactos ambientais das nanopartículas continuam desconhecidos, embora existam alguns estudos que demonstram que nanopartículas específicas podem acarretar riscos para a saúde humana e ao meio ambiente (JAYANTHY; BEUMER; BHATTACHARYA, 2012, p. 36).

Nowack e Bucheli (2007, p. 13) exemplificam esses riscos ao apontarem que um conjunto consistente de evidências mostra que as partículas de tamanho nanométrico são absorvidas por uma grande variedade de tipos de células de mamíferos e são capazes de atravessar a membrana celular e se internalizar.

Por isso, ao analisar a nanotecnologia sob a perspectiva da sociedade de risco, várias questões ganham importância e precisam ser repensadas. A incerteza exige que o gerenciamento dos riscos da nanotecnologia seja antecipatório e flexível. Deve ser antecipatório porque o conhecimento necessário para lidar com esses riscos não é conclusivo e as propriedades potencialmente prejudiciais das nanopartículas pode levar a danos incontornáveis. Precisa ser flexível porque novos conhecimentos podem lançar novas luzes sobre as questões de risco (JAYANTHY; BEUMER; BHATTACHARYA, 2012, p. 36).

Apesar de todos os pontos de interrogação que circundam o tema, verifica-se que a nanotecnologia tem conquistado espaço em diversas áreas, de maneira contínua. Muitos cientistas e engenheiros reconhecem seu potencial em vários campos, incluindo os de eletrônicos, comunicação, produção de energia, medicina, antimicrobianos, sensores, biomedicina, indústria alimentar etc. (SINGH; IKRAM, 2017, p. 19).

Nesse contexto de expansão de produtos e riscos nanotecnológicos, os chamados nanoagrotóxicos, em razão de suas características específicas e dos seus danos potenciais ao solo, à água e às plantas, merecem um olhar mais atento e pormenorizado.

2. AGROTÓXICOS E A SUBLIMAÇÃO DO RISCO EM NOME DA NECESSIDADE DE AUMENTAR A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

A indústria agroquímica é uma fonte causadora de riscos e legitimadora de perigos e danos à saúde humana e ao meio ambiente, sem que se percebam grandes esforços para controlar ou minimizar seus riscos. O que se observa ao examinar o uso desenfreado de agroquímicos é que “a sociedade ainda toma decisões e realiza ações segundo o padrão da velha sociedade industrial” (BECK, 2012, p. 17), em nome da necessidade de aumentar a produção de alimentos. Na pós-modernidade, a sociedade continua cega e surda “a seus próprios efeitos e ameaças” legitimando as ameaças produzidas (BECK, 2012, p. 17-18). Ao não refletirem sobre os riscos e perigos do desenvolvimento e não modificarem o sistema produtivo, as sociedades modernas “dão continuidade a uma política muito parecida” (BECK, 2017, p. 19).

O uso de agrotóxicos não é uma técnica moderna, seu uso intencional como pesticidas para a proteção da produção de alimentos remonta ao ano de 2.500 a. C., quando o enxofre era usado para combater insetos. Os sumérios acreditavam que o mau cheiro repelia as pragas. No Egito há descrição de mais de 800 receitas, muitas delas contendo substâncias conhecidas, usadas como venenos e pesticidas (TAYLOR; HOLLEY; KIRK, 2007, p. 2). Assim, a necessidade de proteção contra pragas é um elemento que tem ascendência na antiguidade, quando substâncias orgânicas e químicas eram aplicadas como modo de controle. Desde então, inúmeros pesticidas agroquímicos foram produzidos (NICOLOPOULOU-STAMATI et al., 2016).

A disseminação e ampliação do uso de agrotóxicos deu-se na sociedade industrial. No início do século XX a indústria química aproveitou-se das duas

grandes guerras mundiais para ganhar um lugar de destaque, não só economicamente, mas também culturalmente. Isso explica por que o dicloro-difenil-tricloreto (DDT) e os antibióticos tornaram-se símbolos da modernidade depois da guerra. Somado a estes fatos, os grandes grupos agroquímicos internacionais absorveram as empresas agrícolas tradicionais locais nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos gerando, como consequência, um modelo de agricultura industrializada e deixando os agricultores locais e os pequenos produtores dependentes das novas tecnologias patenteadas (NICOLOPOULOU-STAMATI et al., 2016, p. 4).

Portanto, os principais princípios ativos hoje utilizados como agrotóxicos foram desenvolvidos durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), tendo sido alterados e largamente empregados também durante a Segunda Guerra (1939-1945). Após o grande conflito, grandes acúmulos de venenos e plantas industriais com elevada capacidade de produção instalada para atender aos objetivos da guerra mudam o escopo da produção de químicos, que são direcionados não ao extermínio de humanos e sim de insetos, passando a ser largamente aplicados nas lavouras. O agrotóxico que se destaca em uso e produção após a segunda guerra, desenvolvido durante os conflitos para dar apoio às tropas, o DDT, organoclorado de enorme capacidade inseticida, tornou-se o mais empregado dos novos agrotóxicos, sem qualquer estudo de seus efeitos ambientais e na saúde humana (LUTZENBERGER, 2006, p. 99). Os Estados Unidos passaram a liderar a produção de agrotóxicos, com uso massivo em suas lavouras, exportando esse modelo para os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos.

O primeiro alerta sobre a toxicidade dos agrotóxicos foi trazido no início do ano de 1960 com evidências das propriedades cancerígenas do DDT e seu impacto sobre a reprodução das aves. Essa descoberta confirmou-se mais tarde, sendo a utilização e fabri-

cação substituída de forma gradual por outros princípios ativos, como organofosforados ou carbamatos, que são tão persistentes no meio ambiente como os anteriores (CHARBONNIER et al., 2015, p. 8).

Carson (2010, p. 29), com a obra "Primavera Silenciosa", escrita em 1962, iniciou um movimento socioambiental para denunciar os riscos e perigos dos agrotóxicos que, em menos de duas décadas de uso, já estavam impregnados nos sistemas fluviais, nos cursos de águas subterrânea, nos solos, nos animais domésticos, animais selvagens, organismos dos peixes, répteis, pássaros, "de forma tão universal que os cientistas fazem experiências em animais e consideram quase impossível localizar espécies livres de tal contaminação". Também foram encontrados pesticidas no leite materno, no tecido dos fetos, no organismo humano, com potencial de destruir as enzimas, bloquearem "o processo de oxidação que fornece energia para o corpo, impedir o funcionamento normal de vários órgãos e desencadear, em certas células, uma lenta e irreversível mudança que conduz às doenças malignas". Portanto, os agrotóxicos têm um poder imenso de "não apenas envenenar como de penetrar nos processos mais vitais do corpo e alterá-los de forma sinistra e muitas vezes mortal". Apesar dos riscos e perigos, a cada ano novos produtos agroquímicos são disponibilizados e são concebidos novos usos de forma que o contato com esses produtos se tornou universal (CARSON, 2010, p. 29).

A agricultura com utilização massiva de agrotóxicos modificou decisivamente a forma de produção agrícola. Os agrotóxicos introduziram a cultura de aumento de produção agrícola em tal ordem de grandeza, com tantas promessas, que as consequências e os riscos sequer foram discutidos. O fantástico poder da biotecnologia aplicada à agricultura se sobrepôs à vulnerabilidade da natureza e à saúde humana. A partir da segunda metade do século XX, a biotecnologia deu saltos e passou a ser desenvolvida para as

práticas agrícolas e para a hortifruticultura, resultando no uso indiscriminado de agrotóxicos, com a justificativa de ampliar a disponibilidade de alimentos. Dado que a demanda por agrotóxicos como por alimentos continuará a crescer, o quadro não é nada tranquilizador. Os riscos e perigos desses venenos sintéticos são catastróficos e cumulativos no meio ambiente, no organismo humano e em todos organismos vivos.

O Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Em 2011, do total de agrotóxicos produzidos no mundo, o Brasil consumia 19%, seguido dos Estados Unidos, com 17%, enquanto o restante dos países consumia 64% (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2015). No ano de 2015 o Brasil ultrapassou a marca de consumo de 1 milhão de toneladas/ano. A média mensal de consumo de agrotóxicos no país é alarmante e equivale a 5,2 kg por habitante (BRASIL, 2015).

Os agrotóxicos possuem uma explosividade e um alcance sem precedentes. Os riscos de alimentos com agrotóxicos são exportados, cruzam fronteiras e invadem as mesas de grande parte da população mundial. Por outro lado, a indústria busca minimizar os impactos e omitir informações ao agricultor e ao consumidor final.

Um ponto crítico que contribuiu para o cenário brasileiro no que se refere ao uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes, na visão de Santos Júnior e Santos (2016, p. 128-135), está no fato de que o Estado foi omissivo “no sentido de controlar e fiscalizar o uso das novas tecnologias”. Outra questão apontada pelos autores é a “visão monocrática de agricultura, qual seja, aquela ligada ao desenvolvimento do grande agronegócio, capaz de gerar superávit de divisas”. Esse fato se comprova ao se observar que “a revolução agrícola brasileira foi promovida pelo Estado na expectativa de solucionar os problemas da agricultura e fomentar o avanço industrial”. Em termos ambientais, Santos Júnior e Santos (2016, p. 137) alertam que os problemas da política adotada se refletiram na

“degradação ambiental e nos alimentos impregnados de agrotóxicos que ainda comprometem a saúde humana”.

Os Estados têm a obrigação de exigir o aprofundamento de pesquisas para minimizar os riscos dos agrotóxicos. O socorro vem novamente de Beck (2008, p. 84) que chama a atenção que a “seguridad es lo primado de la sociedad moderna”. A ingrata missão da sociedade de risco mundial é ter que decidir sobre a “vida e a morte, a guerra e a paz, baseando-se de maneira mais ou menos confessa no não-saber”. Como o Estado se omite, o indivíduo isolado tem que tomar decisões sem que tenha as informações necessárias. Beck (2008, p. 86) usa o exemplo dos alimentos transgênicos, para os quais a ciência ainda não tem respostas sobre os riscos e as consequências no longo prazo, buscando, assim, mostrar que o Estado passa ao consumidor a decisão e dá a ele o encargo em nome do pretense “consumidor responsável”. Na apelação de responsabilizar o consumidor que não tem informações suficientes para decidir, Beck (2008, p. 86) percebe uma “muestra del cinismo con que las instituciones embellecen su propio fracasso”. A parte mais trágica do processo de individualização para o ser humano da modernidade está em que as ameaças das novas tecnologias não são perceptíveis e ele só pode contar consigo mesmo frente ao poder de definição dos espertos, “en cuyo juicio no puede pero tiene que confiar”. Ainda mais, “mantener la integridad del individuo particular en la sociedad del riesgo mundial es un asunto trágico” (BECK, 2008, p. 86).

Outro ponto de preocupação ressaltado por Silva, Engelmann e Hohendorf (2016, p. 217) é a facilidade com que a legislação brasileira é alterada em relação aos agrotóxicos para atender interesses específicos e sem avaliar corretamente o grau de toxicidade. No Brasil, para a liberação de agrotóxicos é necessária “a aprovação do Ibama (órgão ambiental), da Anvisa (saúde) e do Ministério da Agricultura,

que avalia a eficácia agronômica e, por fim, emite o registro”.

Um exemplo dessa situação é o herbicida Paraquate que, em alguns Estados, é permitido e, em outros, não. O Paraquate é um herbicida utilizado em várias culturas como: soja, arroz, feijão, café, fumo, algodão, abacaxi, cítricos, banana, batata, couve, maçã, uva, entre outros. Estudos realizados por Martins (2013, p. 176-183) mostram que o “Paraquate é extremamente tóxico, podendo causar intoxicações fatais em humanos e animais. Suas substâncias tóxicas contribuem “para a morte dos neurônios por meio da indução do estresse oxidativo”, Doença de Parkinson, degeneração seletiva de neurônios e perda significativa de neurônios dopaminérgicos do sistema nervoso. Registra-se que o “Paraquate é proibido em diversos países, como: toda a União Europeia, Coreia do Sul, China, Suécia, Noruega, Bósnia-Herzegovina, Emirados Árabes, Síria, dentre outros”. No Brasil, pela legislação federal o Paraquate é permitido, embora estados como o Rio Grande do Sul adotem normas mais restritivas, proibindo o seu uso.

Contudo, houve modificação desta posição em decisão recente da ANVISA, resultante da Reunião Ordinária Pública realizada no dia 19 de setembro de 2017, em que a Diretoria Colegiada da Anvisa (Dicol) “concluiu a reavaliação toxicológica do ingrediente ativo Paraquat, iniciada em 2008 e, desde então, estudada exaustivamente pela Agência e discutida com o setor regulado e a sociedade”. A deliberação da ANVISA (2017) “é pelo banimento do produto após três anos de prazo para transição”. O relator deixa bem claro que o Paraquat é um herbicida, de classificação toxicológica I, o que significa ser extremamente tóxico. O que chama a atenção é que esta ainda não é uma decisão final, e que o prazo de três anos tem como objetivo proporcionar ao setor, conforme a ANVISA, tempo suficiente para que ele “possa providenciar a realização de estudos científicos cujos resultados possam alterar as conclusões

atuais em relação à mutagenicidade e comprovar a exposição negligenciável após adotadas todas as medidas de mitigação de risco" (ANVISA, 2017). Portanto, a ANVISA deixou as portas abertas para daqui a três anos permitir novamente sua utilização, se forem apresentadas "novas evidências científicas que excluam o potencial mutagênico do produto e garantam a exposição negligenciável em todas as etapas de contato com o produto".

Vislumbra-se claramente uma negação do risco e que o órgão que deveria intervir em favor do cidadão deixa novamente as portas abertas para novas articulações em nome da solidariedade das grandes corporações do setor agroquímico. Os riscos dos agrotóxicos são legitimados por quem deveria ter atitude de prudência e de cuidado. O relato acima é apenas um exemplo, dentre tantos e que produz inquietações por ser a alimentação uma das formas "mais eficientes" de globalizar riscos e ameaças.

A razão pode estar com Beck (2010, p. 43) quando alude que, independente do lugar em que são produzidos os alimentos, as "cadeias alimentares interligam cada um a praticamente todos os demais da face da Terra". Os alimentos atravessam fronteiras e há uma exportação invisível e latente de perigos. O grande desafio do ser humano do século XXI é não aceitar que os produtores de risco continuem assumindo o comando e propagando que os "riscos não são comprovados", que os efeitos para o ser humano e para o meio ambiente apontados são exagerados e, ainda, que são necessárias mais pesquisas para comprovar de que risco se trata e que medidas seriam necessárias (BECK, 2010, p. 55).

3. NANOAGROTÓXICOS E NANOALIMENTOS: NOVOS RISCOS OU VELHOS CONHECIDOS?

Uma das promessas da utilização de nanotecnologia na agricultura de precisão é ampliar ain-

da mais os rendimentos das diversas culturas. Outra promessa é minimizar os efeitos no solo e na água, se comparados aos tradicionais pesticidas. No longo prazo, o solo seria beneficiado pela incorporação de nutrientes por micro-organismos (SEKHON, 2014).

O termo nanoagrotóxico ou nanopesticida abrange uma grande variedade de produtos e não pode ser utilizado para representar uma única categoria. Nanoformulações que resultam em nanoagrotóxicos combinam vários tensoativos, polímeros e nanopartículas de metal na faixa de tamanho de nanômetros. Os objetivos dos nanoagrotóxicos são geralmente comuns a outros pesticidas, mas o destino ambiental é ainda pouco compreendido e pesquisado. (KAH et al., 2013, p. 1823).

A utilização de nanotecnologia no setor inclui o gene modificado por nanopartículas, transferência de DNA em plantas com objetivo de desenvolver variedades de culturas mais resistentes a insetos, melhorias no processamento e armazenamento de alimentos e inserção de nanoaditivos para conservação de alimentos, aumentando assim a vida útil dos produtos alimentares. Os temas condutores da produção de alimentos centram-se na sustentabilidade e na proteção de alimentos produzidos, sejam eles culturas para consumo humano ou alimentação animal. Sua promessa é também a de fornecer novos compostos agroquímicos e novos mecanismos de entrega para atingir seu alvo, melhorando a produtividade das culturas e, inclusive, com a velha promessa de reduzir o uso de agrotóxicos.

Almeida e Moraes (2011, p. 145-146) realizaram uma análise prospectiva de tendências e mercados futuros para as novas tecnologias que se revela importante para o presente estudo. No campo da agroindústria, os autores identificam o desenvolvimento de nanotecnologias como elementos que conferem maior valor agregado para a agricultura, hortifruticultura e agropecuária. Para as décadas 2010-2030 os autores indicam como tendência uma demanda

crescente por produtos agroindustriais com consequente crescimento do comércio internacional para produtos agrícolas e agroindustriais, o que exigirá o desenvolvimento de novas tecnologias para atender à complexidade das cadeias produtivas do agronegócio, incluindo o uso eficiente de novos biopesticidas, fertilizantes, sistemas de "bioprospecção como ferramenta para o melhoramento de plantas para a resistência a estresse hídrico e para a produção de proteínas em plantas ou para resistência a doenças" (ALMEIDA; MORAES, 2011, p. 145-146).

Na mesma linha, Sekhon (2014) identifica diversas descobertas com as quais a nanotecnologia promete impulsionar a produtividade agrícola:

- 1) Nanoformulações de agroquímicos para aplicação de pesticidas e fertilizantes para a melhoria das culturas;
- 2) A aplicação de nanosensores/nanobiossensores na proteção de culturas para a identificação de doenças e resíduos de agroquímicos;
- 3) Nanodispositivos para a manipulação genética das plantas;
- 4) Diagnóstico de doenças de plantas;
- 5) Saúde animal, criação de animais, produção de aves caipiras; e
- 6) gestão pós-colheita. (SEKHON, 2014, p. 31)

Portanto, o desenvolvimento da nanotecnologia para a área de alimentos vai muito além dos nanoagrotóxicos, ou seja, está presente em todo o ciclo de produção até a entrega do alimento ao consumidor final. Por cadeia de alimentos, Silva, Engelmann e Hohendorf (2016, p. 217) consideram todo o processo que vai "desde a seleção de semente, preparo do solo, tipo de manuseio utilizado, agrotóxicos, a quantidade de água a ser utilizada, as fontes a serem utilizadas etc.". O quadro 1 mostra, sob outra perspectiva, exemplos de pesquisa e possíveis usos de nanotecnologias na agricultura.

Quadro 1 – Exemplos de pesquisas e possíveis usos de nanotecnologias aplicadas à agricultura.

Tipo de produto ou estudo	Descrição
Nanoagroquímicos	Empresas do setor estão reduzindo para a nanoescala o tamanho de partículas existentes em insumos químicos utilizados, pesticidas, fungicidas etc. Além disso, encapsulam para que abram somente em determinadas condições, por exemplo: luz solar, calor, condições do solo etc.
Nanomanipulação genética de culturas agrícolas e animais	A nanobiotecnologia oferece novas ferramentas para a manipulação de genes de plantas ou animais, utilizando-se da manipulação de nanopartículas, nanofibras e nanocapsulas, ao invés de usar vetores virais, para transportar DNA estranho e produtos químicos para dentro das células.
Biologia sintética para criação de organismos inteiramente novos	Biologia sintética é a área que combina engenharia genética com nanotecnologia, informática e engenharia. Estudos já avançam na modificação genética de bactérias, o que era impossível até então. Possivelmente serão criados, muito em breve, organismos com habilidades de autorreplicação. Com isso será possível criar micróbios sintéticos capazes de produzir nutrientes, vitaminas, aromas e sabores diretamente na planta, potencializando a diferenciação no comércio de alimentos.
Desenvolvimento de nanossensores para monitoramento das plantas	Trata-se do desenvolvimento de mecanismos portáteis e ágeis de controle de qualidade de alimentos, controle de doenças, melhoria da cultura ou genética animal. Caminha-se também para o monitoramento remoto das fazendas, controlando-se a umidade do solo, a temperatura, o PH, a presença de ervas daninhas etc.

Fonte: SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2016, p. 132 (a partir de pesquisas realizadas em Miller e Senjen, 2008).

Especialmente em relação às nanotecnologias para o setor agroindustrial, Almeida e Moraes (2011, p. 146) destacam que o desenvolvimento e difusão de produtos e aplicações com nanopartículas se dará pelo desenvolvimento de “sistemas carreadores de insumos (agroquímicos), fitossanitários e medicamentos para liberação controlada, diagnóstico e biossensores”. As buscas por soluções inovadoras gerarão novos negócios e as novas descobertas prometem “tecnologias pós-colheitas (embalagens ativas e com sensores) e aumento de vida de prateleira”. Para as atividades agroindustriais já estão sendo desenvolvidos e incorporados “catalisadores nanoestruturados; nanomateriais para remediação; processos de obtenção e utilização em alimentos de nanoestruturas de fontes renováveis”. No campo de nanoalimentos os avanços se dão em relação ao desenvolvimento de “nanoemulsões, corantes e aditivos microencapsulados” (ALMEIDA; MORAES, 2011, p. 146).

Rovirosa-Madrado (2010, p. 20) reflete que não “é à toa que as empresas relacionadas à biotecnologia brilham, destacando-se nas listas eletrônicas de Wall Street, supostamente com 25% da Bolsa de Nova York”. Para o autor, “a biotecnologia não é só mais uma indústria qualquer; quando desregulamentada, apresenta um forte risco potencial de minar as extraordinárias realizações da pesquisa médica e científica e ofuscar o papel histórico da ciência” (ROVIROSA-MADRADO, 2010, p. 20).

O cenário apresentado para a nanotecnologia na agroindústria, na visão de Santos Júnior e Santos (2016, p. 135-137), não é diferente do apresentado para a introdução de agrotóxicos na agricultura: “na era das nanotecnologias, a agricultura possui uma função econômica deliberada, que é produzir suprimentos comerciais”. A indústria da nanotecnologia para a agricultura “continua centrada nas mãos de eternos oligopólios”. E no Brasil também não é diferente da tendência que acontece em outros países: “as

nanotecnologias estão sob o controle dos agricultores de grande escala, como já vem ocorrendo em países como os Estados Unidos e a Austrália; haja vista a atual concentração de terras". Para os autores, o controle das nanotecnologias aplicadas à agricultura continua nas mãos de "grandes empresas transnacionais, que patenteiam suas inovações e não raramente são utilizadas em conjunto no desenvolvimento de um novo produto" (SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2016, p. 135-137).

Se absorvidas, as nanopartículas dos agroquímicos podem viajar até a cadeia de alimentos de humanos e de animais utilizados para consumo humano, de forma semelhante ao DDT. Não é só pela ingestão de alimentos que os nanoagrotóxicos podem entrar no corpo, mas também pela inalação e absorção através da pele. Estando no corpo, as nanopartículas podem ser transportadas para todos os órgãos sem encontrar nenhuma barreira, ou seja, elas podem viajar livremente e se alojar em determinada parte do organismo humano. Outro fenômeno que pode ocorrer é a bioacumulação de nanopartículas no organismo humano sem que se saiba como elas podem reagir entre si e reagir ao longo do tempo. E aí questiona-se: a que doses de nanopartículas o ser humano pode ser exposto? Qual o período de tempo de consumo de nanoagrotóxico é necessário para manifestar sinais de que algo está errado? A quais nanopartículas o ser humano pode ser exposto? Quais os estudos que avaliam a nanotoxicidade do nanoagrotóxico no organismo humano? Como remover as nanopartículas do organismo humano? Essas são apenas algumas questões que instigam a reflexão sobre os limites das novas tecnologias.

A situação se complexifica quando se verifica que a ciência ainda não tem todas as respostas sobre os riscos e perigos dos agrotóxicos no seu tamanho maior, que dirá ter informações seguras e compreensíveis para os consumidores sobre as propriedades dos nanoagrotóxicos e suas interações com outras nano-

partículas. Destarte, se o agrotóxico sozinho já causa tantos problemas à saúde humana e ao meio ambiente, imagine-se esse mesmo produto produzido e consumido na escala nano. A humanidade pode estar produzindo novas patologias de difícil mensuração e que se ampliam com outras nanopartículas que vão sendo inseridas nos processos de cadeia alimentar até chegar à mesa do consumidor.

É necessária uma melhor compreensão do efeito dos nanoagrotóxicos e o seu destino após a aplicação. Por conseguinte, pesquisas sobre nanoagrotóxicos devem ser uma prioridade para a preservação da qualidade da cadeia alimentar, da segurança alimentar, do meio ambiente e da saúde humana.

Para além dos nanoagrotóxicos, é importante observar que os nanomateriais e nanoingredientes em alimentos oferecem muitas opções aos fabricantes de alimentos, como bem destacam Dasgupta et al. (2015, p. 390-392) em extensa revisão bibliográfica realizada: i] nanopartículas para ajudar a manter a qualidade nutricional dos alimentos ou modificar a matriz alimentar, de acordo com as exigências do consumidor; ii] nanopartículas funcionais adicionadas aos alimentos como vitaminas, antioxidantes, probióticos, peptídeos, agentes antimicrobianos, proteínas, carotenoides, ácidos graxos, ômega, aromas, corantes e conservantes; iii] nanopartículas para aumentar a vida dos alimentos nas prateleiras dos supermercados; iv] nanossensores para aumentar as características sensoriais dos produtos alimentares, criando novas sensações ao consumidor (exemplo: textura, consistência, novo sabor, alteração de cor, realce); v] nanossensores para controlar os ingredientes de alimentos funcionais na entrega; vi] nanopartículas encapsuladas para controlar o lançamento de ingredientes ativos gastrointestinais com possibilidade de controlar o tempo de retenção, ajuste dos ingredientes ativos de acordo com a necessidade de cada consumidor; vii] utilização de nanotecnologia para solubilizar ingredientes lipofílicos como

carotenoides, fitoesteróis, antioxidantes em bebidas com base de frutas ou água; viii] desenvolvimento de licopeceno nanoestruturado para serem adicionados em refrigerantes para fornecer benefícios para a saúde ou alteração da cor; ix] nanopartículas capazes de reduzir o tempo de maturação de queijos; x] nanoestruturas que podem mascarar o sabor e o odor de alguns alimentos; xi] nanoemulsões para redução significativa da quantidade de gordura sem comprometer o sabor, entre outras aplicações possíveis. Esses são apenas alguns exemplos da vasta revisão realizada pelos autores, sendo que muitas dessas nanotecnologias referenciadas para a área de alimentos ainda estão em fase de pesquisa nos laboratórios e outras já estão sendo utilizadas pela indústria de alimentos.

Observando as inovações prometidas para a área de alimentos, Beck (2010, p. 42) tem razão ao dizer que "cozinhar e comer convertem-se em uma espécie de química alimentar implícita, numa espécie de cozinha do diabo com pretensão minimalizadora". O autor conclama a sociedade para refletir sobre o risco e observar se a mesma ciência que desenvolve inovações no campo alimentar também conseguirá dar conta da superprodução de toxinas e venenos que a indústria agroquímica coloca na mesa do consumidor diariamente sem qualquer informação.

O aumento da produtividade da agroindústria com nanotecnologias gera "amplas oportunidades de utilização, mas também podem trazer riscos impensados para a sociedade" como alertam Santos Júnior e Santos (2016, p. 137). Para os autores, a revolução científica de nanoalimentos tem sido tão profunda "como a ascensão dos fertilizantes, corretivos e dos OGMs". O potencial de desenvolvimento acarretará "alto impacto econômico e social, que requererá ampla transformação institucional, com novas regulamentações e acordos de comercialização e pesquisa". Simultaneamente, ampliam-se os riscos e perigos para a saúde humana e ao meio ambiente. Santos

Júnior e Santos (2016, p. 137) denunciam que, no Brasil, “a análise de risco de nanomateriais no setor de alimentos e na agricultura não tem sido objeto direto de estudo por parte das pesquisas realizadas”. Os grandes conglomerados industriais a cada dia ampliam os artifícios aplicados à produção de alimentos e são protagonistas de uma revolução incolor que completa o ciclo de industrialização da agricultura.

As pesquisas na área de nanoalimentos, em consonância com a visão de Silva, Engelmann e Hohendorf (2016, p. 223), também prometem “alterar cor, sabor e nutrientes de acordo com os requisitos de cada consumidor”. Outras pesquisas avançam no sentido de desenvolver “filtros para eliminar toxinas ou mesmo modificar sabores retendo substâncias de acordo com o formato de suas moléculas”. Embalagens inteligentes também poderiam ser desenvolvidas para conseguir “detectar quando seus conteúdos estão estragados e mudar a cor para assim avisar os consumidores”. Na linha de nanoalimentos não se enquadram apenas os “alimentos e as bebidas que têm nanopartículas em sua composição, mas também tudo o que entrar em contato com alimentos e bebidas, como rações, vacinas, pesticidas, embalagens etc.” (SILVA; ENGELMANN; HOHENDORF, 2016, p. 223).

Por tudo o que foi exposto, pode-se dizer que as aplicações de nanotecnologia na produção e na indústria de alimentos crescerão exponencialmente sem que se tenha uma regulamentação para o setor. Consumir diferentes alimentos nanoestruturados pode ter um potencial altamente perigoso com o aval dos governantes e da presumida infalibilidade da ciência.

E neste sentido, o olhar de Beck (2010, p. 272) é altamente revelador ao dizer que “precisamos de uma teoria das constrições objetivas da ação científico-tecnológica que coloque a produção de contrições objetivas e de ‘efeitos colaterais imprevisíveis’ no centro da discussão sobre a ação científico-tecnológica”. É preciso que a exposição do ser humano aos

nanoagrotóxicos e aos nanoalimentos seja desvelada com respeito à vida das presentes e futuras gerações.

As ciências sociais também podem contribuir começando por “fomentar a libertação das ciências do destino autoimposto de sua imaturidade e cegueira em relação ao risco” (BECK, 2010, p. 273). A ciência jurídica pode colaborar com reflexões sobre a necessária regulamentação dos nanoagrotóxicos e nanoalimentos e com o chamamento ao respeito pelo princípio da precaução que propugna cuidado e prudência frente à incerteza científica que permeia as nanotecnologias.

CONCLUSÃO

O texto reflete que a sociedade de risco vivencia a metamorfose das violações sofridas ao tornar o planeta Terra um laboratório a céu aberto. Alimento seguro e longevidade passam a ocupar o centro das preocupações da sociedade moderna. Com os avanços das tecnologias convergentes NBIC (nanotecnologia, biotecnologia, sistema de informação e ciências cognitivas) os riscos se complexificam. Os organismos geneticamente modificados, os agrotóxicos, as nanotecnologias e os nanoalimentos passam a exigir que a ciência reconheça os seus limites e passe a adotar medidas precaucionais, acautelatórias e com prudência. Há que se adotar o princípio da precaução antes que seja demasiadamente tarde.

Os nanoagrotóxicos se desenvolvem exponencialmente e são largamente utilizados com o mesmo marco de incerteza dos agrotóxicos, porque a ciência não tem respostas seguras sobre os efeitos no curto, médio e longo prazo. O mais grave: mesmo que a ciência já tenha respostas, a Sociedade de Risco se tornou surda e cega para proteger o setor em nome dos interesses que estão em jogo e a heterogênea natureza dos atores que produzem agro/nanoagrotóxicos, consumidores que os utilizam nas mais diferentes

culturas agrícolas e na hortifruticultura até o consumidor final que consome o alimento. Ainda mais: em relação à percepção de risco e às incertezas do consumo de alimentos nanoengenheirados, da produção até as prateleiras, os nanoalimentos são elevados à categoria de difícil controle e monitoramento.

A Modernização Reflexiva não se dá sem refletir profundamente sobre os riscos das inovações tecnológicas e sobre a segurança dos alimentos. Urge adotar políticas em favor da vida, da saúde pública e do meio ambiente. Para além disso, os desafios que se apresentam com o desenvolvimento de alimentos nanoengenheirados criam a necessidade de desenvolver marcos regulatórios e novos modelos de gestão de riscos para alimentos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria Fatima Ludovico de; MORAES, Carlos Augusto Caldas de. Indústrias do futuro e tecnologias emergentes: visão de um futuro sustentável. **Parc. Estrat.** Brasília, v. 16, n. 33, p. 135-162, jul-dez 2011. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/402>. Acesso em: 19 set. 2017.
- BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 2010.
- BECK, Ulrich. A reinvenção da Política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Reflexive Modernization**. Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order. London: Polity Press, 1995.
- BHAGAT, Yogesh; GANGADHARA, K.; CHIDANAND, Rabin; CHAUDHARI, Gaurav; UGALE, Padmabhushan. Nanotechnology in Agriculture: A Review. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. Abr. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275028023_Nanotechnology_in_Agriculture_A_Review>. Acesso em: 12 set. 2017.

- BOSCO, Estevão; FERREIRA, Leila. Sociedade mundial de risco: teoria, críticas e desafios. **Sociologias**. Porto Alegre, n. 42, v. 18, mai./ago. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222016000200232&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. 2. ed. rev. atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.
- DASGUPTA, Nandita; RANJAN, Shivendu; MUNDEKKAD, Deepa; RAMALINGAM, Chidambaram; SHANKER, Rishi; KUMAR, Ashutosh. Nanotechnology in agro-food: From field to plate. **Food Research International**, v. 69, p. 381-400, 2015.
- GIDDENS, Anthony. **O mundo na era da globalização**. Lisboa: Editorial Presença, 2000.
- JAYANTHY, A. P.; BEUMER, Koem; BHATTACHARYA, Sujit. Nanotechnology: 'Risk Governance' in India. **Economic & Political**. Jan./2012. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/1566824.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- KAH, M.; BEULKE, S.; TIEDE, K.; HOFMANN, T. Nanopesticides: State of Knowledge, Environmental Fate, and Exposure Modeling. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. n. 16, v. 43, p. 1823-1867, 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2012.671750#.UgT6XqyXOM4>>. Acesso em: 28 set. 2017.
- MARTINS, Thaismara. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 175-186, jul./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semnabio/article/view/13583/13913>>. Acesso em: 26 set. 2017.
- MATTEN, Dirk. The impact of the risk society thesis on environmental politics and management in a globalizing economy – principles, proficiency, perspec-

tives. **Journal of Risk Research**, v. 7 n. 4, p. 377–398, jun./2004. Disponível em: <<http://www.dirkmatten.com/Papers/Matten/Matten%20in%20JoRR.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

NOWACK, Bern; BUCHELI, Thomas D. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment. **Environmental Pollution**, jun./2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749107002734>>. Acesso em: 5 set. 2017.

ROVIROSA-MADRAZO, Citlali. Apresentação. In: BAUMAN, Zygmunt. **Vida a Crédito**. Tradução de Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

SANTOS JÚNIOR, Jorge Luiz dos; SANTOS, Wander Luiz Pereira dos. O Papel da (nano) ciência e da (nano) tecnologia nas políticas agrícolas brasileiras: revisitando argumentos históricos. **Tomo**, n. 29, p. 121-149, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/tomo/article/viewFile/5979/4986>>. Acesso em: 19 set. 2017.

SEKHON, Bhupinder Singh. Nanotechnology in agri-food production: an overview. **Nanotechnol Sci**, v. 20, n. 7, p. 31-53, May, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4038422/>>. Acesso em: 17 set. 2017.

SILVA, Tania Elias Magno da; ENGELMANN, Wilson; HOHENDORF, Raquel. Nanotecnologias e os desafios no campo alimentar: Que futuro nos espera? **Tomo**, n. 29, p. 207-235, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/tomo/article/view/5982>>. Acesso em: 24 set. 2017.

SINGH, Preeti; IKRAM, Saiqa. Nanotechnology in Food Packaging: An Overview. **Journal of Advanced Materials**, 2017, n. 1, p. 19-22. Disponível em: <<http://www.pristineonline.org/wp-content/uploads/2017/04/Issue-1-04-JAM.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

7

O DIREITO E OS NANOALIMENTOS: REGULAÇÃO, RISCOS E INCERTEZAS

André Rafael Weyermüller¹
Bruno de Lima Silva²
João Alcione Sganderla Figueiredo³

-
- 1 Pós-doutor em Direito pela PUC-Rio, Doutor em Direito pela UNISINOS, Professor dos cursos de pós-graduação da Universidade FEEVALE e da UNISINOS. E-mail: andrerweyer@gmail.com.
 - 2 Acadêmico do curso de Direito da Universidade FEEVALE, Bolsista de Iniciação Científica da FEEVALE. E-mail: brunolima.ambiental@gmail.com.
 - 3 Doutor em Sociologia (Universidad Complutense), Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão da Universidade Feevale. Professor do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale.

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea encontra-se em um momento complexo, evidenciando-se tal situação devido aos diversos problemas enfrentados em nível global, sendo eles econômicos, sociais e ambientais. Nas últimas décadas, um tema em especial vem ganhando espaço em diversas áreas do conhecimento, sendo às vezes descrita como uma nova revolução tecnológica.

Essa descrição de revolução tecnológica está diretamente ligada às possibilidades que essas novas tecnologias poderão gerar, assemelhando-se aos impactos gerados pela revolução industrial em sua época. O centro dessa evolução está baseado no uso das nanotecnologias, as quais podem ser resumidamente descritas como uma tecnologia a qual permite manipular a matéria em nível molecular, ou seja, tendo átomos em estruturas funcionais de dimensões nanométricas.

O desenvolvimento econômico está muito atrelado ao uso de novas tecnologias para atender as necessidades do mercado econômico e da sociedade. Entretanto, esse processo de inovação contínua apresenta muitas incertezas e riscos devido à complexidade das atuais atividades humanas. Frente a esta situação, faz-se necessário verificar se realmente as novas tecnologias, incluindo-se também as nanotecnologias, trarão os benefícios prometidos ou servirão apenas aos interesses econômicos.

Muitos estudos foram realizados sobre o tema, os quais esclarecem que as nanotecnologias realmente podem oferecer diversas melhorias, sobretudo nas áreas da agricultura, farmácia, medicina, química, biologia, eletrônica e engenharia de materiais. Os pesquisadores apontam que o uso desse novo tipo de tecnologia vai mudar as relações humanas significativamente, argumentam que os benefícios serão inú-

meros, principalmente os de ordem social, econômica e até ambiental.

Porém, o uso das nanotecnologias trará diversos riscos, sendo eles diretos ou indiretos, como qualquer outra inovação tecnológica, como já ocorreu em outros momentos. Entretanto, faz-se necessário um cuidado redobrado na aplicação e produção desses novos produtos, pois ainda não é possível mensurar os danos à saúde humana e ao meio ambiente que podem ser irreversíveis e transfronteiriços.

Ao longo da história já ocorreram outras revoluções tecnológicas. Nesse sentido, faz-se necessário um diálogo entre os diversos entes envolvidos, devido a probabilidade de grandes mudanças na sociedade. Sem sombra de dúvida a tecnologia é essencial para a sociedade atual, contudo essas incessantes inovações devem ter por objetivo a melhoria da qualidade de vida e não somente aumento da produtividade e do desenvolvimento. Deve-se buscar conciliar a proteção dos direitos e interesses da sociedade civil, com os avanços científicos, sendo também observadas as questões ambientais.

Nesse cenário, é indiscutível a presença do Direito, já que recai sobre ele a responsabilidade de regular e fomentar o uso dessas novas tecnologias. Com isto é necessário um diálogo com as demais ciências, a fim de compreender a totalidade de complexidades e interesses envolvidos. O principal tema abordado no presente artigo recairá sobre os denominados de nanoalimentos, ou seja, o uso de nanotecnologias para produção ou melhoramento de determinados alimentos.

1. A SOCIEDADE DE RISCO E AS NOVAS TECNOLOGIAS

A incessante busca por inovação tecnológica foi um dos principais argumentos utilizados por Beck para suas formulações; assim, a cada nova tecnolo-

gia surge também um novo risco. Percebe-se que as atividades da sociedade atual, atreladas ao uso das nanotecnologias, vão de encontro ao conceito de sociedade de risco, sendo necessário traçar considerações sobre o tema.

A sociedade contemporânea passa por um momento de incertezas; esclarece essa situação Robert Kurz (1998, p. 16), no sentido de que nunca, em outro momento da história, as elites políticas de todos os países entraram em consenso sobre como o sistema econômico pautas as atividades humanas.

Nessa mesma linha Monte (2001, p. 18) explica a existência e riscos imprevisíveis na sociedade atual: "acontecem fenômenos de difícil previsibilidade, e, mais ainda, de difícil controlabilidade, próprios de uma sociedade que se vê ameaçada por sua própria dinâmica, frutos essencialmente de decisões humanas". De acordo Giggins (1991, p. 151-152), a humanidade, ao utilizar-se da tecnologia e da ciência para fomentar e aprimorar os processos industriais, ocasionou profundas mudanças na estrutura social, destacando-se a degradação ambiental e os riscos que ameaçam a existência da humanidade.

De acordo com Waldman e Rodrigues (2016), a sociedade atual encontra-se dentro de um ciclo, no qual as inovações tecnocientíficas fomentam a busca de novas inovações. Esse fenômeno ocorre devido a uma evolução histórica pautada pela necessidade de inovação ou progresso. Nesse sentido, o desenvolvimento econômico está diretamente ligado com a busca de novas tecnologias, já que cria as necessidades de consumo e a obsolescência programada, incentivando novamente o consumo e dando continuidade ao crescimento econômico. Nesse cenário, as pessoas tornam-se reféns destes produtos, os quais lhe proporcionam conforto e segurança, e com isto a necessidade ou demanda somente aumenta. Entretanto, para atender esse aumento faz-se necessária a utilização de mais recursos naturais, o que demonstra

a tensão existente entre desenvolvimento econômico e meio ambiente. Nessa perspectiva, cabe destacar as palavras de Félix Guattari (2000, p. 7), o “[...] Planeta Terra vive um período de intensas transformações técnico-científicas, em contrapartida das quais engendram-se fenômenos e desequilíbrios ecológicos que, se não forem remediados, no limite, ameaçam a implantação da vida em superfície”.

A sociedade contemporânea apresenta diversos paradoxos, podendo-se dizer que sua estrutura é altamente complexa e contraditória. Nessa sociedade o capitalismo destaca-se fortemente, já que fomenta a reprodução demasiada de capital. Nesse cenário, o trabalho apresenta-se meramente como um processo de produção/reprodução de bens e serviços, sustentando as necessidades da sociedade consumista (DE OLIVEIRA, 2002).

A industrialização em larga escala tornou-se o fio condutor para diversas problemáticas relacionadas à geração de riscos na sociedade contemporânea. Muitas vezes esses riscos são transfronteiriços e imprevisíveis e, com isso, as instituições existentes na atualidade não acompanham a evolução, fazendo com que os riscos fujam do alcance (FERREIRA, 2015). Nesse sentido, o processo de industrialização coloca o meio ambiente como mero recurso para produção de bens e serviços. Com isso, coloca-se tanto o meio ambiente quanto as gerações futuras em xeque, pois a sociedade gradualmente aumenta suas expectativas e a indústria busca avanços tecnocientíficos gerando novos riscos (CAMPOS, 2011).

Leite e Ayala (2004, p. 26) alertam para o momento vivenciado pela sociedade contemporânea destacando a existência de uma crise ecológica. Assim, as sociedades atuais “protagonizam o cenário de uma segunda revolução na dinâmica social e política, que se desenvolve no interior de um complexo processo de globalização de conteúdo plural, que marca o desenvolvimento de uma sociedade global do risco”.

Esse cenário vai ao encontro do conceito de sociedade de risco, no qual alerta Beck para a existência de uma reflexividade como característica chave da sociedade. Assim a humanidade começa a sofrer os efeitos ou consequências de suas decisões ou ações. Nessa linha, os riscos gerados localmente podem atingir escalas globais, afetando diversas pessoas e ecossistemas (BECK, 2011).

Ao abordar as formulações de Beck, torna-se indispensável compreender o termo risco, já que esse é utilizado de diversas formas. Nesse sentido, o também sociológico alemão Niklas Luhmann (2006, p. 43) explica a origem do termo risco: "originariamente se tratava de uma justificação da ganância empresarial por apresentar medo da função e da absorção da margem de insegurança".

De outro modo, Giddens (2002, p. 44) afirma que "o conceito de risco é a expressão características de sociedades que se organizam sob a ênfase da inovação, da mudança e da ousadia". Para Carla Amado Gomes (2007, p. 149), o risco "é comumente identificado como filho da evolução científica e técnica, fruto do progresso científico que alterou o curso "normal" dos acontecimentos físicos, químicos, biológicos e atmosféricos". Os conceitos relacionam-se com a possibilidade ou capacidade de aferir os riscos oriundos das decisões tomadas pela sociedade. Nesse sentido, o risco torna-se uma construção da própria sociedade, que, por sua vez, tem se acelerado pelo ritmo da globalização. Destacam-se as palavras de Trevisal:

A problemática ambiental revela a crise da própria sociedade industrial e coloca o projeto da modernidade numa grande encruzilhada. A crise ambiental anuncia a nossa entrada numa era em que os riscos perderam sua antiga delimitação espacial, temporal e social. Os riscos agora estão em toda parte; eles se globalizaram, globalizam-nos e fazem-nos pertencer a uma "sociedade de risco global" (TREVISAL, 2003, p. 65).

Em meio à complexidade da sociedade atual, todas as pessoas são responsáveis pela construção dos riscos. Tal realidade fica clara na obra de Clóvis Eduardo Silveira, que afirma que a construção do risco não é um tema meramente científico, mas atrelado a ele estão envolvidas questões econômicas, políticas e éticas. Ao tomar-se uma decisão, conseqüentemente geram-se fatos positivos ou negativos de maior ou menor amplitude, os quais podem atingir diversas pessoas ou países. A escolha das técnicas de tomada de decisão, sendo elas valorativas ou não, conscientes ou inconscientes, é a chave para a construção do termo risco, a fim de assegurar um controle dos riscos pelas instituições existentes (SILVEIRA, 2014).

A negação do surgimento de riscos oriundos das novas tecnologias não pode ocorrer, sendo necessário achar uma solução adequada para equacionar o desenvolvimento social e os riscos. Nesse sentido, Beck (2011, p. 332) sinaliza que “a negação dos riscos não leva à sua superação. Muito pelo contrário: aquilo que se prendia como uma política de estabilização pode-se rapidamente converter em uma desestabilização geral”.

A sociedade contemporânea é caracterizada pelo risco conforme formulação de Beck. Nessa perceptiva é inegável que ocorreram diversos benefícios com a inovação tecnológica, entretanto não se pode esquecer dos riscos atrelados a esse fenômeno. Assim, a questão chave permeará entre equacionar a probabilidade de benefícios com a geração de riscos. Nesse cenário, o papel do Direito é fundamental.

2. OS NANOALIMENTOS E A REGULAÇÃO

Num primeiro momento, a questão da alimentação depara-se com a seguinte pergunta: Será possível alimentar nove bilhões de habitantes do planeta Terra em 2050? Parece muito difícil alimentar todas essas pessoas sem degradar a Terra de modo

irreversível, (CONTE; BOFF, 2013). Assim, de imediato percebe-se o tamanho da complexidade da questão. Morin (2013, p. 269) destaca bem esse fenômeno salientando que o “problema da agricultura é de âmbito planetário, indissociável do problema da água, da demografia, da urbanização, de ecologia (mudanças climáticas), bem como, sem dúvida, o da alimentação, eles mesmos problemas interdependentes uns dos outros”.

O processo agroalimentar é um dos principais responsáveis pelo consumo dos recursos naturais na atualidade e é representativo de degradação, tendo em vista a quantidade de energia, assim como o uso demasiado de agrotóxicos⁴. Somando-se a essas características ainda se tem o crescimento contínuo populacional mundial, aumentando a demanda e forçando o aumento da produção (RODRIGUES et al., 2012).

A partir de 1950 ocorreu o fenômeno denominado de Revolução Verde, o que aumentou significativamente a produtividade das lavouras com o uso das monoculturas especializadas, uso de fertilizantes químicos e pesticidas, montando assim a base do sistema atual de produção. Em 1970 a Revolução Verde atingiu todo o mundo, principalmente o continente Asiático. Com isto ocorreu um aumento expressivo na produção de alimentos e consumo dos recursos naturais (RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

Hewett (2012) aponta que as perdas chegam a aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas por ano, entre o produtor e o consumidor final. Para chegar a este valor, leva-se em conta o desperdício de recursos naturais e energia para produzir uma enorme quantidade de alimentos, os quais serão simplesmente descartados. Esse modelo de produção não é mais acei-

4 Nesse sentido, para aprofundar as questões envolvendo os pesticidas, destaca-se a obra de Rachel Carson, intitulada de *Silent Spring*, ou “Primavera Silenciosa” em português, que há mais de 50 anos já alertava sobre os riscos inerentes a esses agentes químicos.

tável na atualidade, indo na contramão dos princípios ambientais.

No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária, Embrapa, é pioneira na produção e modificação dos alimentos com o uso das nanotecnologias. Atualmente a empresa é coordenadora de uma grande rede de pesquisa, a qual envolve empresas, institutos e universidades (BRASIL, 2016). Segundo Heermann Junior (2011), a Embrapa está desenvolvendo “filmes manométricos”, atóxicos e comestíveis, os quais podem ser diretamente aplicados em frutas e sementes, buscando a melhor conversação dos alimentos. Por exemplo, uma maçã em uma prateleira de supermercado, em média, pode ficar até sete dias exposta. Com o uso desse novo material aumenta-se esse prazo para até 25 dias sem que ocorram alterações no sabor ou nas propriedades do fruto.

Segundo Weiss, Takhistov e McClements (2006) existem quatro grandes áreas dentro da produção de alimentos que poderão sofrer mudanças positivas com o uso das nanotecnologias: processamento microescala e nanoescala, o desenvolvimento de novos materiais funcionais, instrumentação de projetos e métodos para melhoria da biossegurança e segurança alimentar. Nesse sentido, os “filmes manométricos” produtivos pela Embrapa enquadram-se na categoria dos novos materiais funcionais, pois o objetivo destes é garantir a durabilidade do alimento pelo maior tempo possível sem alterar suas características.

Sekhon (2014) destaca as expectativas que o uso das nanotecnologias trará para a produção dos alimentos. Essa tecnologia contribuirá para aumentar a produção de diversas culturas agrícolas, diminuirá o uso dos recursos naturais, o uso de agrotóxicos, a poluição da água e solo e a redução da emissão de gases. Assim, conseqüentemente, vai diminuir a degradação ambiental. Também existe a possibilidade de produzir alimentos em lugares inóspitos onde ainda não é possível produzir pelas características das plantas ou

pelas características dos locais. Ainda se destaca a possibilidade de cultivar espécies resistentes às intempéries do tempo, mudanças climáticas, pragas e insetos, melhorias no processamento e armazenamento dos alimentos por meio da utilização de embalagens inteligentes.

Em sentido contrário, Paschoalino, Jardim e Marcone (2010, p. 421) alertam para os riscos dos nanomateriais atualizados nos alimentos, os quais “podem também ser responsáveis por efeitos nocivos aos organismos vivos, conforme indícios reportados por estudos toxicológicos com micro-organismos, algas, peixes, ratos e células humanas”. Perez (2012) aponta que a aplicação de nanotecnologias no setor alimentar é recente, entretanto deverá ser aplicada em larga escala nos próximos anos. Um ponto importante é a possibilidade de realçar as propriedades dos alimentos como sabores, cores, texturas, somando a isso a possibilidade de reduzir a quantidade de gordura e outros tipos de aditivos de suas propriedades.

Um ponto que merece destaque é que em tão pouco tempo essa tecnologia estará disponível para quase toda a população mundial, causando seus efeitos sejam eles positivos ou negativos, temporários ou permanentes. Ainda, tanto o meio ambiente quanto as futuras gerações poderão sofrer diretamente ou indiretamente os efeitos desses novos produtos.

No Brasil, existem dois projetos de lei tramitando na Câmara dos Deputados sobre o tema das nanotecnologias. O Projeto de Lei nº 5.133/2013 pretende estabelecer o conceito de nanotecnologia e inserir no rótulo de todos os produtos à base de nanotecnologias as informações necessárias para os consumidores. Já o projeto de Lei nº 6.741/2013 trata da Política Nacional de Nanotecnologia. Dessa forma, o ônus de regulação do uso das nanotecnologias recai sobre o Poder Público. Nessa linha, percebe-se uma enorme problemática, pois não existe hoje uma lei específica que regule esse tema em âmbito nacional. Pesquisa-

dores e empresas estão livres para realizar qualquer atividade como estão sem nenhuma segurança, principalmente na questão dos alimentos, tendo em vista a enorme capacidade produtiva do país.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia devido à demora na regulamentação da matéria pelo Congresso e também pela probabilidade de danos irreversíveis tanto para saúde humana quanto para o meio ambiente. Mesmo com essa iniciativa, as informações sobre as nanotecnologias são poucas e quase nenhum tipo registro desses produtos e eventuais testes toxicológicos e avaliações de riscos (BRASIL, 2010).

A regulação do uso das nanotecnologias em países como Noruega, Bélgica, Suécia, Canadá, China e França está em ritmo acelerado, pois já estabelecem registros obrigatórios para as empresas que vendem produtos nanotecnológicos. Outros países como Coreia do Sul, Suíça, Austrália e Estados Unidos elaboraram definições operativas de nanomateriais. Já a União Europeia, de maneira mais enérgica, tornou obrigatória dentro de seus limites territoriais a rotulagem e os registros de todo e qualquer tipo de alimento, cosmético ou biocidas que tenha nanotecnologia⁵ (ENGELMANN et al.; 2015).

3. O PAPEL DO DIREITO FRENTE AOS RISCOS DOS NANOALIMENTOS

As nanotecnologias, assim como outras tecnologias, vão alterar diversas relações no mundo fático e, conseqüentemente, vão gerar diversos efeitos jurídicos, assim como foi durante a Revolução Industrial no século XVIII e a Revolução Verde no século XX. O Direi-

5 Destaca-se principalmente que a denominada Segunda Revisão Regulamentar Relativa à Nanomateriais, da Comissão Europeia – COM (2012) 572 Final tem o objetivo de fornecer dados para a adequação e aplicação da legislação da União Europeia aos nanomateriais, demonstrando assim o avançado das discussões do tema na Europa.

to tem um papel fundamental, pois, ora vai agir como mecanismo fomentado, ora agirá de forma repressiva, proibindo determinadas ações. Tarefa essa nada fácil, pois no contexto atual de Sociedade de Risco, os novos riscos impõem ao Direito uma aplicação de decisões complexas, fundamentadas em princípios e na busca de um raciocínio transdisciplinar, através do diálogo com as demais ciências e a dimensão temporal, nessa linha as atuais e futuras gerações.

Os nanoalimentos apresentam riscos, os quais afetarão diretamente os consumidores. Os riscos são oriundos das embalagens, as quais vão acondicionar esses alimentos, como das próprias características desses novos produtos. As embalagens podem causar a migração em potencial de nanopartículas, pois estudos demonstraram a migração de minerais (Ferro, Magnésio, Silício) a partir de filmes biodegradáveis de amido/nanoargila para alimentos, ocorrendo assim a intoxicação e bioacumulação, gerando diversos problemas para a saúde do consumidor (AVELLA et al, 2005). Nessa linha, outro problema é que, no Brasil, ainda não existem métodos e testes toxicológicos capazes de verificar com precisão as consequências das nanopartículas tanto no meio ambiente quanto no corpo humano.

Nesse sentido, explica Engelmann e Pulz (2015, p. 362) o “Direito deverá construir as bases para um conjunto normativo de acompanhamento, assessoramento e recompensas pela implementação das condutas mais aceitáveis em relação à gestão do risco nanotecnológico”. Silva (2010, p. 21) esclarece que “a preservação, a recuperação e a revitalização do meio ambiente hão de constituir uma preocupação do Poder Público e, conseqüentemente, do Direito”.

No cenário atual, o Direito, por meio de princípios, busca realizar a gestão dos riscos, impedindo assim os efeitos negativos das nanotecnologias tanto na saúde humana quanto no meio ambiente atual e futuro. Dessa forma, cabe destacar as ideias propos-

tas por Canotilho (1998, p. 43) sobre a função dos princípios:

1) em serem um padrão que permite a validade das leis, tornando inconstitucionais ou ilegais as disposições ou regulamentares ou atos que os contrariem; 2) no seu potencial como auxiliares da interpretação de outras normas jurídicas; 3) na sua capacidade de integração de lacunas.

Nesse sentido, Sundfeld (1992) afirma que a função dos princípios é essencial, pois pretendem demarcar a atuação do Estado perante as exigências da sociedade atual, tendo em vista os bens jurídicos tutelados. Nessa seara, os princípios jurídicos moldam o sistema jurisdicional, deixando o mesmo harmônico, coerente, racional e lógico. Cabe realizar uma diferenciação, seguindo as ideias de Canotilho (1998, p. 1.034), o qual define que princípios são diferentes de regras, “os princípios são *standards* juridicamente vinculantes, radicados nas exigências de justiça ou na ideia de direito; as regras podem ser normas vinculantes com conteúdo meramente funcional”.

Nessa linha cabe destacar as proposições feitas por Mello (2014) que cita a obra do jusfilósofo americano Ronald Dworkin, o qual menciona que princípios são fundamentais na interpretação do Direito, garantido assim uma solução mais justa ou adequada a cada caso concreto. Para conseguir equacionar os problemas relacionados com os nanoalimentos, destacam-se principalmente os princípios da dignidade da pessoa humana, o princípio da precaução e o princípio do não retrocesso⁶.

6 As ideias propostas por Mello (2014) vão de encontro à formulação de um novo modelo de Estado, essas proposições a cada dia no país atraem novos adeptos, os quais defendem essa nova definição de Estado. Baseado nas ideias propostas pelo alemão Rudolf Stein, esse seria um Estado Constitucional Ecológico como apresenta José Joaquim Gomes Canotilho. Filiam-se a essa ideia os autores Morato Leite, Herman Benjamim, Carlos Alberto Molinaro, Helene Sivini, Pratyck Ayala, Patrícia Bianchi, Leonor Ferreira, dentre outros.

O ordenamento jurídico pátrio apresenta, na Constituição Federal de 1988, diversos direitos fundamentais, sendo que as normas para regular esses direitos, ou seja, somente será possível através da aplicação de princípios (MELLO, 2014). Nesse sentido, o artigo 225 da Constituição positivou o meio ambiente como um direito fundamental. Referente a este tema, Norma Sueli Padilha (2006, p. 82) esclarece que a constituição, em relação ao meio ambiente, optou “por um regramento normativo de *textura aberta*, com grande margem de abstração [...], consubstanciando-se, em tese, em campo fértil para um possível exercício da discricionariedade judicial [e em nosso entendimento também legislativa], até porque o próprio conceito de meio ambiente é interdisciplinar”.

Nesse cenário, mostra-se que a aplicação de princípios é de suma importância para harmonizar as demandas da sociedade, principalmente através das decisões judiciais. No caso dos nanoalimentos não será diferente, já que não existe uma técnica (fórmula) da qual os tribunais vão se valer para julgar esses casos. Entretanto, pode-se afirmar que os julgadores vão utilizar-se dos princípios, principalmente a aplicação dos princípios da precaução, dignidade da pessoa humana e o do não retrocesso.

O Princípio da Precaução, disposto no art. 15 da Declaração do Rio de 1992, demonstra sua importância no âmbito internacional, sendo também positivado no art. 01 da Lei 11.105/2005. Nesse sentido, apontam Ayla e Leite (2015, p. 62-63) que “sempre que houver perigo da ocorrência de um dano grave ou irreversível, a ausência de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para se abdicar a adoção de medidas eficazes, a fim de impedir degradação ambiental.” No mesmo sentido, Canotilho e Moreira (1993, p. 348) alertam que “As ações incidentes sobre o meio ambiente devem evitar sobretudo a criação de poluições e perturbações na origem e não apenas combater posteriormente os seus efeitos, sen-

do melhor prevenir a degradação ambiental do que remediá-la a posteriori”.

O princípio da prevenção é mencionado por alguns autores, entretanto nos filiamos à noção de que o Direito deve posicionar além do princípio da prevenção (que seria baseado em certezas), pois a incerteza científica é uma das principais características dos nanoalimentos. Nesse sentido, ainda não é possível comprovar o dano no caso concreto, mostrando-se a inobservância do princípio da precaução. Machado (2007, p. 55) explica bem essa situação: “em caso de certeza do dano ambiental este deve ser prevenido, como preconiza o princípio da prevenção. Em caso de dúvida ou incerteza, também se deve agir prevenindo”.

Nessa mesma linha, Fornasier (2014) defende que o Direito tem indicado que o princípio da precaução deve ser utilizado para os riscos de difícil previsão, desconhecidos ou inéditos. Com isto, este princípio poderá ser aplicado nas decisões envolvendo os nanoalimentos, já que muitos riscos ainda não foram mensurados. Mostra-se que esse princípio visa garantir a proteção da dignidade humana e do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O Superior Tribunal de Justiça já se utilizou do princípio da precaução no julgamento de algumas ações ambientais, admitindo também a inversão do ônus da prova em casos de empresas acusadas de dano ambiental. Esse posicionamento demonstra que quando o conhecimento científico (certeza) não é suficiente para demonstrar a relação de causa e efeito entre a ação do empreendedor e um determinado dano ambiental, o benefício da dúvida deve prevalecer em favor do meio ambiente. Isto fica bem claro no julgamento do Recurso Especial Nº 972.902 pela segunda turma do STJ (BRASIL, 2009).

O Princípio do não retrocesso nos leva a verificar as proposições feitas pelo Estado Democrático de Direito, ou seja, as condições mínimas que o Estado deve manter para os cidadãos. Nesse sentido explica

Eurino Bitencourt Neto (2010, p. 168) que o direito ao mínimo existencial seria “direito adscrito, o que significa dizer que é um direito fundamental autônomo que, pelo fato de não ser diretamente estatuído por uma disposição jusfundamental, nem por isso deixa de contar com a carga de normatividade dos direitos fundamentais”. Nessa mesma linha Ricardo Lobo Torres (2009, p. 14) propõe que “a posição do mínimo existencial, como a dos direitos fundamentais, nos nossos dias, é de absoluta centralidade, irradiando-se para todos os ramos do direito e subsistemas jurídicos”. Esse princípio poderá ser aplicado aos nanoalimentos, tendo em vista que não é possível admitir um retrocesso (prejuízo) para a população em geral com essa nova tecnologia.

Atualmente, principalmente em razão da nova matéria, não existem julgados relacionados aos riscos nanotecnológicos nos Tribunais Superiores nacionais. Entretanto, os novos riscos estão surgindo a cada dia e, sendo assim, essa discussão recai sobre o Poder Judiciário, buscando por uma solução coerente. Contudo, espera-se que o Superior Tribunal de Justiça aplique o mesmo entendimento utilizando-se do princípio da precaução para os nanoalimentos, elaborando decisões relacionando o risco ambiental (probabilidade e ocorrência) com o dano ambiental.

As “nanotecnologias exigirão uma nova Teoria das Fontes do Direito que promovam um efetivo diálogo entre todas elas, sem uma hierarquia específica, mas canais de comunicação e complementação conteudísticos” (ENGELMANN; BERGER FILHO, 2010, p. 82). Neste sentido deverá ocorrer o trabalho em conjunto das fontes do Direito com as demais ciências, tanto no âmbito nacional quanto internacional para solucionar as múltiplas demandas do caso em concreto, harmonizando os múltiplos interesses e, estando no núcleo da discussão, a Constituição da República. Ayala (2010, p. 330) explica a função do sistema jurídico do futuro, o qual deve oferecer a devida proteção:

“a organização jurídica do futuro relaciona risco, decisão e democracia em um esforço de otimização dos canais de participação, acesso e protagonismo decisório na decisão sobre os riscos, em que outros aspectos não científicos deverão ser levados em consideração pelo direito (legal considerateness), como aspectos relevantes na formação das opções sobre os riscos, merecendo destaque o tempo (futuro) e a dignidade jurídica da natureza”.

Ainda, destaca-se que não existe um caminho preexistente para conciliar os riscos advindos dos nanoalimentos. Contudo, juntamente com a ciência jurídica, faz-se necessário uma reflexão filosófica, nesse sentido nos filiamos a ideias propostas pelo alemão Hans Jonas, principalmente sobre as formulações sobre o princípio da responsabilidade. Esse princípio, em suma, alerta que qualquer ação ou decisão deverá ser levada em conta as gerações futuras como um pacto fundamental, pois viver o presente sem limites é condenar o futuro (JONAS, 2006)⁷.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se o momento complexo vivenciado pela sociedade atual. Nesse cenário, as nanotecnologias, mesmo sendo um tema recente, causarão diversas consequências, sejam elas positivas ou negativas. Assim, o Direito deve tomar a iniciativa para regular essa nova situação e, juntamente com as demais ciências envolvidas, nortear o uso e desenvolvimentos dessa nova tecnologia assegurando os princípios constitucionais tanto para proteção das gerações futuras quanto para a proteção do meio ambiente.

⁷ Hans Jonas, filósofo alemão, fez importantes contribuições frente aos riscos impostos pela inovação tecnológica, principalmente em questões éticas, nesse sentido o princípio da responsabilidade proposto pelo autor mostra-se útil para equacionar as decisões sobre os nanoalimentos, principalmente para assegurar o mínimo para as gerações futuras.

A regulação das nanotecnologias, tanto em nível nacional quanto mundial é extremamente complicada, devido a todos os interesses envolvidos, assim como as próprias características dessa tecnologia. No Brasil, não existe uma lei específica definindo o tema. Os nanoalimentos ainda são uma dúvida, pois existem poucos estudos sobre seus benefícios e riscos, mesmo com esses produtos em breve estarem na mesa de boa parte da população mundial.

A inovação e, conseqüentemente os riscos, sempre estarão presentes em qualquer decisão. Entretanto, o mais importante é conseguir mensurar com precisão esses riscos e equacioná-los com os benefícios. Assim poderá organizar o desenvolvimento tecnológico e ao mesmo tempo garantir a saúde humana e a proteção ambiental.

Talvez a rotulagem e a ampla divulgação de benefícios e riscos possam contribuir de maneira mais efetiva para a questão. O que não se pode aceitar é a falta de regulamentação e controle efetivo sobre a utilização indiscriminada de alimentos com esses componentes ainda tão pouco conhecidos em relação aos seus riscos.

REFERÊNCIAS

- AYALA, Patryck de Araújo. A proteção jurídica das futuras gerações na sociedade de risco global: direito ai futuro na ordem constitucional brasileira. In: LEITE, José Rubens Morato; FERREIRA, Helene Sivini; BORATTI, Larissa Verri (Orgs). **Estado de Direito Ambiental: Tendências**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2010.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- _____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa em números**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documentos/10180/1600893/Embrapa+em+N%C3%BAmero+s/7624614b-ff8c-40c0-a87f-c9f00cd0a832>>.

- _____. Superior Tribunal de Justiça. **Recurso Especial Nº972.902 – Rio Grande do Sul**. Brasília, 14 de setembro de 2009. Relator: Min. Eliana Calmon. Data do Julgamento: 25 agosto 2009. Disponível em: <https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/medio/?componente=ATC&sequencial=5620750&num_registro=200701758820&data=20090914&tipo=51&formato=PDF>.
- BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BITENCOURT NETO, Eurico. **O direito ao mínimo para uma existência digna**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.
- CANOTILHO, José Joaquim Gomes. **Introdução ao direito do ambiente**. Lisboa: Universidade Aberta, 1998.
- _____. **Direito constitucional e teoria da Constituição**. Coimbra: Almedina, 1998.
- _____. MOREIRA, Vital. **Constituição da Republica Portuguesa anotada**. 3. ed. Coimbra: Coimbra ed, 1993.
- CALIXTO, João; SIQUEIRA JUNIOR, Jarbas. Desenvolvimento de medicamentos no Brasil: desafios. **Gazeta médica da Bahia**, v. 78, n. 1, p. 98-106, 2008. Disponível em: <<http://www.gmbahia.ufba.br/index.php/gmbahia/article/viewFile/269/260>>.
- CAMPOS, Marco Antônio Lopes. Busca pelo Direito na Sociedade de Risco: uma estrada com destino ao bem comum e ao Estado ético. **Revista de Direito Privado**. São Paulo: Revista dos Tribunais, v. 47, p. 85-105, jul./set. 2011.
- CHAUDHRY, Qasim et al. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. **Foodadditivesandcontaminants**, v. 25, n. 3, p. 241-258, 2008.
- CIELO, Patrícia Fortes Lopes Donzele et al. Uma leitura dos princípios da prevenção e da precaução e seus reflexos no direito ambiental. **Revista CEPPG [internet]**, v. 26, n. 1, p. 196-207, 2012. Disponível em: <http://www.portalcatalao.com/painel_clientes/cesuc/painel/arquivos/upload/temp/a3ccfaf6c2acd18f4fceff16c4cd0860.pdf>.

- CONTE, Isaura Isabel; BOFF, Leonir Amantino. As crises mundiais e a produção de alimentos no Brasil. **Acta Scientiarum: Human and Social Sciences**, v. 35, n. 1, p. 49-59, 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3073/307328855005/>>.
- DE OLIVEIRA, Ana Maria Soares. Relação homem/natureza no modo de produção capitalista. **Revista Pegada**, v. 3, p. 1-9, 2002. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/793/816>>.
- ENGELMANN, Wilson et al. (Org.). **Nanocosméticos e o Direito à Informação**: Construindo os elementos e as condições para aproximar o desenvolvimento tecnocientífico na escala nano da necessidade de informar o público consumidor. 1. ed. Erechim, RS: Deviant, 2015.
- ENGELMANN, Wilson; BERGER FILHO, Airton Guilherme. As nanotecnologias e o direito ambiental: a mediação entre custos e benefícios na construção de marcos regulatórios. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 15 n. 59, p. 50-91, 2010.
- ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. **Araucária, Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades**, v. 17, n. 33, p. 151-181, 2015.
- FORNASIER, Mateus de Oliveira. Princípio da precaução e nanotecnologias: uma abordagem sistêmico-autopoiética. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 16, n. 16, p. 95-115, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronicardfd.unibrazil.com.br/index.php/rdfd/article/view/560>>.
- GUATTARI, Félix. **As três ecologias**. São Paulo: Papirus, 2000.
- HERRMANN, Junior, Paulo Sérgio de Paula. Nanosensors applied to water quality: developing a low-cost pH sensor for natural water, and application of other techniques. **International Journal of Nuclear Desalination**, v. 4, p. 218-229, 2011.
- HEWETT, E. W. Postharvest innovation: current trends and future challenges in the global market. In: **Southeast Asia Symposium on Quality Management in Posthar-**

vest Systems and Asia Pacific Symposium on Postharvest Quality 989. p. 25-37, 2012.

- JONAS, Hans. **O princípio da responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006.
- KUNZ, Robert. O futuro é diferente: uma visão da sociedade do século 21. In: KUNZ, Robert et al. **Sociedade e Estado**: superando fronteiras. São Paulo: Fundap, 1998.
- LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patrick de Araújo. **Direito ambiental na sociedade de risco**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.
- _____. **Dano Ambiental**: do individual ao coletivo extrapatrimonial. Teoria e prática. 7. ed. rev., atual., ampl. São Paulo: Revista do Tribunais, 2015.
- LUHMANN, Niklas. **Sociología del Riesgo**. Tradução de Javier Torres Nafarrate. México: Universidad Iberoamericana, 2006.
- MELLO, Paula Susanna Amaral. **Direito ao Meio Ambiente e proibição do retrocesso**. São Paulo: Atlas, 2014.
- MONTE, Mario Ferreira. O futuro tem Direito Penal? Tem futuro o Direito Penal? In: FERNANDES, Paulo Silva. **Globalização, Sociedade de Risco e o futuro do Direito Penal** – panorâmica de alguns problemas comuns. Coimbra: Almedina, 2001.
- MORIN, Edgar. **A Via para o futuro da humanidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.
- PADILHA, Norma Sueli. **Colisão de direitos metaindividuais e a decisão judicial**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 2006.
- PASCHOALINO, Matheus Paes; JARDIM, Wilson; Figueiredo; MARCONE, Glauciene Paula Souza. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>>.
- PEREZ, Florência Sainzet al. Nanotecnologia: aplicações na área de alimentos. **DisciplinarumSciential Saúde**, Santa Maria. v. 13, n. 1, p. 97-110, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/florencia_sainz/publication/292616829_nanotecnologia>.

logia_aplicacoes_na_area_de_alimentos_1_na_notechnology_applications_for_the_food_sector/links/56b06f9d08ae9f0ff7b3d4f5.pdf>.

- RIBEIRO, Helena; JAIME, Patrícia Constante; VENTURA, Deisy. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 185-198, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0185.pdf>>.
- RODRIGUES, Roberto et al. "Drivers" de mudanças no sistema agroalimentar brasileiro. **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 7-43, 2012. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/parcerias/p34.php>>.
- SEKHON, Bhupinder Singh. Nanotechnology in agri-food production: an overview. **Nanotechnology, Science and Applications**, v. 7, n. 2, p. 31-53, 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0c4f/1c9ca70409a762204947707ed040cf277021.pdf>>.
- SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 8. ed. São Paulo: Malheiros, 2010.
- SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinvernida. **Risco Ecológico Abusivo: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável**. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2014.
- SUNDFELD, Carlos Ari. **Fundamentos de direito público**. São Paulo: Malheiros, 1992.
- TORRES, Ricardo Lobo. **O direito ao mínimo existencial**. Rio de Janeiro: Renovar, 2009.
- TREVISAL, Joviles Vitório. **A educação ambiental em uma sociedade de risco**. Joaçaba: Unoesc, 2003.
- WALDMAN, Ricardo Libel; RODRIGUES, Kátia Jaqueline Rech Medeiros. A sociedade de risco e a regulação das inovações tecnológicas no sistema de proteção da propriedade intelectual visando a proteção dos direitos humanos. **Revista de Direito Ambiental**. São Paulo, v. 84, p. 55-76, jul./dez. 2016.
- WEISS, Jochen; TAKHISTOV, Paul; MCCLEMENTS, D. Julian. Functional materials in food nanotechnology. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 9, p. R107-R116, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x/full>>

8

NANOMEDICINA, ESCOLHA PELO TRATAMENTO NANOTECNOLÓGICO E DIGNIDADE HUMANA: ENTRE A PERSPECTIVA DE SALVAGUARDA DA SAÚDE DO INDIVÍDUO E A (IM)POSSÍVEL AFETAÇÃO AOS DIREITOS FUNDAMENTAIS DA PERSONALIDADE

José Eduardo de Miranda¹
Andréa Corrêa Lima²

1 Pós Doutor em Direito; Doutor em Direito *cum laude* acadêmica; Professor Pesquisador da Associação Internacional de Direito Cooperativo, adstrita à Faculdade de Direito da Universidade de Deusto, em Bilbao, na Espanha, e Professor Pesquisador da Cátedra Euro Americana de Proteção Jurídica dos Consumidores, adstrita à Faculdade de Direito da Universidade de Cantábria, em Santander, na Espanha.

2 Mestranda em Direito do UNICESUMAR.

INTRODUÇÃO

No apogeu do século XXI, a sociedade humana depara-se com um avanço tecnológico jamais pensado. Após o implemento de fórmulas de redução de átomos e moléculas em escala manométrica, a tecnologia moderna reveste-se com as características da nanotecnologia, que alcança diretamente a medicina, conformando uma *novel* seara científica denominada nanomedicina.

Por este caminho, a nanomedicina tem à sua disposição um verdadeiro universo de alternativas tecnológicas, desenvolvidas com o objetivo de melhorar a qualidade da saúde das pessoas, ou apoderar as técnicas de longevidade do homem. As nanotecnologias já são uma realidade procedimental, utilizada tanto no tratamento de enfermos, como na precaução de moléstias que podem afetar a qualidade de vida.

Neste mesmo processo de expansão tecnológica, a humanidade encontra-se diante da realocação do sentido jurídico da dignidade humana, e do redimensionando do significado dos direitos da personalidade, hoje concebidos dentro de um caráter de direito fundamental.

A dignidade, atualmente, reflete uma ideia de valor, consubstanciada por uma apreciação axiológica, que se aproxima da percepção do que é bom, justo e virtuoso. Desse modo, a dignidade passa a ser o centro ético de atração dos valores do Direito, servindo de justificativa moral dos direitos fundamentais, e, por suposto, dos direitos da personalidade, reputados fundamentais em razão do próprio fator dignidade da pessoa.

Assim sendo, e considerando que as novidades nanotecnológicas adotadas pela nanomedicina perfazem, não raras às vezes, a alternativa máxima de enfermos em estado de saúde precária, importa verificar se a escolha pelo tratamento não afeta a condi-

ção de dignidade do paciente, profanando os seus direitos da personalidade.

Para isto, se fará uma análise do conceito de nanomedicina, além de uma descrição do significado de dignidade e do delineamento dos direitos da personalidade, através da sua definição e do seu enquadramento como direitos fundamentais. Em sequência, pretende-se determinar se a manifestação de vontade do paciente que opta pelo tratamento nanomédico, no calor de um desequilíbrio emocional, não perfaz uma dissonância ética que alquebra a autonomia da vontade, afetando seus direitos da personalidade, pela conspurcação de sua pessoal dignidade.

1. SOBRE A NANOMEDICINA: PONDERAÇÕES CONCEITUAIS E OBJETIVOS

Para chegar-se ao entendimento do significado de nanomedicina, não se pode ocultar que o termo nano é um prefixo originário do grego antigo, e significa anão. A integração deste prefixo à palavra tecnologia promoveu o surgimento da expressão nanotecnologia, que denota “a capacidade de sintetizar, manipular e caracterizar matéria em escala nanométrica (inferior a 100 nm)” (RUBIO, p. 3).

A nanotecnologia surge para o enfrentamento da realidade física de tamanho e peso de elementos distintos, propiciando a reconfiguração de suas respectivas estruturas, para que se controle a forma e o tamanho dentro de uma linha graduada nanometricamente, para que se tenha facilitada, ou aprimorada, a realização de processos tecnológicos em diferentes áreas, a construção de “coisas”, e mesmo a criação de seres vivos. “A “matéria-prima” usada pela nanotecnologia são os elementos químicos da Tabela Periódica – os blocos básicos de construção de tudo quanto existe - tanto animado (que tem vida) quanto inanimado (não vivo)” (GUAZELLI; PEREZ, 2009, p. 2).

Vigilantes à velocidade evolutiva da ciência e da tecnologia, pode-se antever que a nanotecnologia em pouco tempo ultrapassará o desiderato originário, passando a produzir equipamentos ou fatores mecânicos com dimensões nanométricas que provoquem uma verdadeira revolução nos diversos setores profissionais da sociedade (FIGUEIREDO, 2009, p. 1). Sublinha-se, portanto, que a nanotecnologia:

[...] tem atraído grande interesse em diversos setores industriais e acadêmicos, devido aos benefícios e à diversificação que podem ser alcançados no desenvolvimento tecnológico e econômico. Nos últimos 20 anos, tornou-se possível não apenas a visualização, mas também a manipulação direta de átomos e moléculas. Com isso, tanto a nanociência quanto a nanotecnologia, ou seja, a investigação da natureza e o desenvolvimento de aplicações na escala do nanômetro (o bilionésimo de metro), tornaram-se factíveis. Sendo antes uma questão de domínio de uma dimensão espacial do que o avanço do conhecimento em uma área específica, a nanociência e a nanotecnologia (N&N), em sua convergência com áreas como a biotecnologia, materiais e instrumentação, por exemplo, têm dado origem, desde já, a novos processos industriais e novos produtos, com o surgimento de novas indústrias e novos mercados (ABDI, 2010, p. 44).

A partir da composição acima, não perfaz exagero dizer que a nanomedicina compreende a aplicação da nanotecnologia à medicina, com o propósito de aperfeiçoar a aplicação da ciência médica na busca pelas melhores condições de saúde das pessoas. Diz-se isto com a consciência de que a “prática da medicina está entre as que mais poderão beneficiar-se com as descobertas das nanociências, como demonstra a cada vez mais efervescente actividade de investigação e desenvolvimento na área da nanomedicina” (FIGUEIREDO, 2009, p. 1).

Perseguindo esta acepção, a literatura especializada dispõe que a nanomedicina corresponde ao emprego da tecnologia para que se consolidem novos procedimentos de diagnóstico, tratamento e prevenção de enfermidades, “aliviando a dor, preservando e melhorando a saúde humana, por meio do uso de nanoferramentas que atuam ao nível celular ou, mesmo, molecular” (FIGUEIREDO, 2009, p. 1).

De outra forma, encontra-se um juízo distinto, que aloca o atilamento da nanomedicina à robotização dos procedimentos médicos, especificamente através do desenvolvimento de nanorobôs que serão utilizados como instrumentos médicos introduzidos no corpo humano, transitando pelo organismo das pessoas com poder de alcance inigualável.

Esses robôs nanométricos serão introduzidos na corrente sanguínea por injeção e possuirão um sistema de propulsão, sensores, computador interno e um sistema de comunicação com o exterior do corpo. Os nanorobôs poderão executar tarefas, tais como: Destruir células cancerígenas; liberar medicamentos onde necessários; Destruir vírus ou bactérias; Alterar o código genético; Desobstruir artérias (CHARLES; HERMOCILLA, 2008, p. 4).

A nanomedicina decola como uma ultramoderna área da ciência médica, que aponta a ampliação das capacidades de prevenção e cura de diferentes disfunções do organismo, através do emprego de equipamentos ou tópicos elaborados nanometricamente. Hoje, a nanomedicina viabiliza a alteração de estruturas, possibilitando a modificação e o controle da propriedade biológica de nanopartículas. Relativamente às nanopartículas, é importante registrar-se que elas “são diferentes da grande maioria dos outros riscos provocados pela industrialização, já que podem se tornar parte de sistemas biológicos (por exemplo, o corpo humano), ultrapassando barreiras que são ca-

pazes de segurar partículas maiores” (GUAZELLI; PEREZ, 2009, p. 1).

Pelo mesmo caminho, “os nanocarreadores farmacêuticos mais modernos, tais como os lipossomas, as micelas, as nanoemulsões e as nanopartículas poliméricas, demonstram propriedades extremamente úteis do ponto de vista farmacoterápico” (GARCIA, 2014, p. 1). Freitas, com coragem, posiciona-se no sentido de que muito rapidamente o sangue humano poderá ser substituído, em sua totalidade, por nanorobôs, chamados de vasculóides, haja vista a indiscutível possibilidade de eliminação de bactérias cardiovasculares (FREITAS, 2003).

A nanoestruturação da prática da medicina poderá, em um curto espaço de tempo, alcançar patamares inimagináveis, tendo em vista seu propósito curativo, profilático e até mesmo de oferecer uma expectativa de longevidade nunca antes experimentada pelo homem, no decorrer de sua própria história.

A genômica estuda o funcionamento, a origem e a evolução da herança biológica. A genômica humana, especialmente, promete um novo paraíso de saúde baseado no conhecimento profundo dessa herança pessoal. A partir do entendimento das diferenças nessa herança, a genômica humana pretende desenvolver uma medicina personalizada e fármacos para, segundo eles, melhorar o desempenho humano (GUAZELLI; PEREZ, 2009, p. 14).

É deste modo que as nanoestruturas desenvolvidas pela nanomedicina têm o desiderato de promover o “prolongamento do tempo de vida útil das células, retardando o seu envelhecimento através da vigilância e reparação do ADN celular” (FIGUEIREDO, 2009, p. 2). Não obstante, deve-se sopesar o emprego acelerado da nanotecnologia pela medicina, pois ainda são escassos os estudos sobre as consequências efetivas da nanomedicina para o homem.

Existe descompasso entre sua aplicação e seu conhecimento. Compostos nanométricos facilmente se difundem pelo organismo humano, por várias portas de entrada. Pele, mucosas e vias aéreas requerem cuidados diferenciados para proteger os que lidam com esses materiais. Ambientes de trabalho devem ter 3 sistemas de exaustão suficientemente competentes para a eliminação de poluentes (CFM, 2016).

Crucial, então, elevar-se o cuidado e o zelo quando da administração da nanomedicina, pois “até hoje, devido à falta de conhecimento e a incertezas em algumas áreas críticas, não existem procedimentos definidos para avaliar riscos específicos” (GUAZELLI; PEREZ, 2009, p. 16).

2. ENTRE A PERCEPÇÃO DO SENTIDO DO VOCÁBULO DIGNIDADE E A DIGNIDADE HUMANA COMO FUNDAMENTO DA PROTEÇÃO E ASCENSÃO DA PERSONALIDADE HUMANA

A despeito da vasta produção literária-jurídica acerca do tema, todavia hoje adere-se à opinião de que segue difícil o exercício que aponta à definição de dignidade, pois é notório que seu estudo deprecia um exercício interdisciplinar e multifacetário, que percorre por distintas áreas do conhecimento científico.

Neste sentido, confere-se importância sublime à noção do vocábulo, para que se logre não apenas concatenar as ideias, mas consolidar o escopo deste trabalho. Assim sendo, resulta oportuno assinalar que, originariamente, o termo dignidade reside no latim, “onde *dignus* é aquele que é importante, que merece estima e honra” (ZANINI, 2011, p. 65). Os romanos, por sua vez, não perderam a oportunidade para estabelecerem um vínculo da dignidade com um “título ou função proeminente, sendo ela, portanto, um elemento externo, uma dignidade dependente ou heterônoma” (ZANINI, 2011, p. 65).

Kant, com sua majestade intelectual e previdente, anunciara que “no reino dos fins tudo tem um preço ou uma dignidade” (KANT, 1986, p. 77). Dentro desta nuance, Kant ajusta a imagem de precificação à possibilidade de substituição das coisas, tornando-se passíveis de equivalência com outro. De outra forma, a dignidade, para o imortal filósofo, se encontra naquilo que está acima de tudo, mais além de qualquer preço, e não permite a «troca» por equivalência (KANT, 1986). Dentro desta nuance, adverte-se que:

O que se relaciona com as inclinações e necessidades gerais do homem tem um *preço venal*; aquilo que, mesmo sem pressupor uma necessidade, é conforme a um certo gosto, isto é a uma satisfação no jogo livre e sem finalidade das nossas faculdades anímicas, tem um *preço de afeição ou de sentimento* (*Affektionspreis*); aquilo porém que constitui a condição só graças à qual qualquer coisa pode ser um fim em si mesma, não tem somente um valor relativo, isto é um preço, mas um valor íntimo, isto é *dignidade* (KANT, 1986, p. 77).

Etimologicamente, o termo dignidade pressupõe o ornamento de elevação do grau de importância, que resulta pelo merecimento da estima, da honra e do respeito. A dignidade, portanto, é a palavra que produz um predicado intrínseco à essência da pessoa humana, “único ser que compreende um valor interno, superior a qualquer preço, que não admite substituição equivalente. De tal modo a dignidade entranha e se confunde com a própria natureza do ser humano” (DA SILVA, 1994, p. 94).

No âmago de seu exercício didático, o consagrado professor Ingo Sarlet ensina que a dignidade da pessoa humana representa:

[...] qualidade intrínseca e distintiva reconhecida em cada ser humano que o faz merecedor do mesmo respeito e consideração por parte do Estado e da comunidade, implicando,

neste sentido, um complexo de direitos e deveres fundamentais que asseguram a pessoa tanto contra todo e qualquer ato de cunho degradante e desumano, como venham a lhe garantir as condições existenciais mínimas para uma vida saudável, além de propiciar e promover sua participação ativa e corresponsável nos destinos da própria existência e da vida em comunhão com os demais seres humanos (SARLET, 2006, p. 115).

Sob este prisma, e desde a promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil, em 1988, a dignidade da pessoa humana passou a conformar-se como um dos fundamentos do Estado Democrático de Direito, revelando-se como a principal referência axio-principiológica do ordenamento jurídico-legal brasileiro.

Tem-se, pois, que a guarida que se confere a pessoa humana determinou uma considerável metamorfose paradigmática na órbita do direito, impondo como inadmissível que se relegue “ao segundo plano a tutela dos interesses existenciais, posto que a dignidade humana, enquanto valor constitucional, é princípio fundamental do Estado Democrático de Direito, devendo ser o *telos* de todo o sistema” (CANTALLI, 2009, p. 84). A dignidade, nesta quadra:

Implica uma obrigação geral de respeito pela pessoa (pelo seu valor intrínseco como pessoa), traduzida num feixe de deveres e direitos correlativos, de natureza não meramente instrumental, mas sim relativos a um conjunto de bens indispensáveis ao “florescimento humano”. Que tais direitos e deveres correspondem justamente à concepção aberta, complexa e heterogênea dos direitos e deveres fundamentais da pessoa humana na sociedade e no Estado contemporâneo haverá de ser sempre presente (SARLET, 2007, p. 370).

A consagração da dignidade como princípio constitucional fundamental, ou fundamento do Esta-

do Democrático de Direito, resulta do fato de ser a pessoa o sujeito à dignidade, de forma tal que esta se mostra indissociável à realização e desenvolvimento daquela (MIRANDA; CORRÊA LIMA, 2017, p. 163). Se- quente por esta percepção, não há como se minimizar a primazia da dignidade humana como um princípio fundamental guia, que direciona o fluxo pelo qual a efetividade de todo o ordenamento jurídico, de forma que, enquanto princípio, constitui-se de “cláusula geral de proteção e promoção da personalidade, na medida em que a pessoa natural é a primeira e a última destinatária da ordem jurídica” (CANTALLI, 2009, p. 84).

Confirmada a orientação de que a pessoa humana é o único ser passível de dignidade, revelando-se este atributo exclusivo daquela, exsurge a fundamentação já reconhecida e aprovada pela literatura de que o princípio da dignidade deve conformar-se com um escudo natural que, ao tempo em que protege a pessoa de toda e qualquer barbaridade externa, permite-lhe desenvolver sua personalidade no sentido próprio à sua realização humana.

Ao acatar-se a dialética constitucional de que a pessoa humana é o início e o fim de todo o sistema jurídico, descansa cristalino que a condição para o desenvolvimento integral da pessoa, e, por isto, todos os seus direitos da personalidade, estão “garantidos pelo princípio constitucional da dignidade humana, e vêm concretamente protegidos pela cláusula geral de tutela da pessoa humana” (MORAES, 2006, p. 55).

É deste modo que o princípio constitucional da dignidade humana, por conseguinte, manifesta-se como a válvula motriz de escudo e proteção à personalidade humana, tendo em vista ser a pessoa humana tomada como o valor máximo do ordenamento jurídico-legal brasileiro. Ao gozar do atributo de principal fator que recebe a proteção do Estado, contra ele próprio, e contra tudo que a possa atingir na ordem do Direito, a pessoa tende a encontrar os me-

lhores caminhos que a levam à consecução de seus ideais, à conquista de seus objetivos, e à ascensão de sua personalidade, como predicado de crescimento de sua qualidade maior de ser pessoa humana.

3. ESCORÇO EXPLICATIVO DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS DA PERSONALIDADE

Tendo em vista o propósito do presente trabalho, não se vai, aqui, mergulhar na análise evolutiva dos Direitos Fundamentais da Personalidade, discorrendo por suas respectivas teses ou correntes de reconhecimento por distintos sistemas jurídicos. Necessário, apenas, pontuar-se sua representatividade conceitual, fortalecendo a dimensão do seu alcance, para que se logre congraçar sua importância como pedestal de elevação da acuidade da dignidade humana.

Neste sentido, resulta oportuno editar que o sempre presente Orlando Gomes sentenciou que os direitos da personalidade são os direitos essenciais ao desenvolvimento da pessoa humana, os quais:

[...] a doutrina moderna preconiza e disciplina no corpo do Código Civil como direitos absolutos, desprovidos, porém, da faculdade de disposição. Destinam-se a resguardar a eminente dignidade da pessoa humana, preservando-a dos atentados que pode sofrer por parte dos outros indivíduos (GOMES, 1996, p. 132).

Aderentes a esta feição orientativa, e fortes na inteligência de que o princípio constitucional da dignidade humana brota como um componente que impulsiona todos os direitos que fortalecem o escudo da personalidade humana, tem-se nos direitos da personalidade o matiz de alcance da própria dignidade. Atentos a esta prerrogativa, advoga-se sua interpretação de maneira correlata, pois na medida em que a dignidade humana está para a personalidade humana, os direitos da personalidade estão para a dignidade da pessoa humana (MIRANDA; CORRÊA LIMA, 2017).

Escoltados por esta correspondência interpretativa, não se pode deslustrar a gênese constitucional dos direitos fundamentais, cujos princípios informam a “ideologia política de cada ordenamento jurídico, é reservada para designar, no nível do direito positivo, aquelas prerrogativas e instituições que ele concretiza em garantias de uma convivência digna, livre e igual de todas as pessoas” (DA SILVA, 2006, p. 178).

A solidez da dita «conexão interpretativa» formatada no perímetro dos direitos fundamentais do homem, se justifica em razão de que:

No qualitativo fundamentais acha-se a indicação de que se trata de situações jurídicas sem as quais a pessoa humana não se realiza, não convive e, às vezes, nem mesmo sobrevive; fundamentais do homem no sentido de que a todos, por igual, devem ser, não apenas formalmente reconhecidos, mas concreta e materialmente efetivados. Do *homem*, não como o macho da espécie, mas no sentido de pessoa humana. *Direitos fundamentais do homem* significa direitos fundamentais da pessoa humana ou direitos fundamentais (DA SILVA, 2006, p. 178).

A partir do amadurecimento dessa compreensão, supera-se a ideia de acoplamento para materializar-se a fusão semântica entre dignidade humana, personalidade, direitos da personalidade, direitos fundamentais, para garimpar-se o sentido dos direitos fundamentais da personalidade, como preceitos de dignidade, os quais são, dentre tantos, apresentados pelo artigo 5º, da Magna Carta de 1988 como: o direito à vida (artigo 5º, caput), a proteção contra tratamento desumano ou degradante (inciso III), o direito à intimidade, à vida privada, à honra e à imagem (inciso X) (BRASIL, 1988).

É nesta órbita que o Código Civil de 2002 apresenta, mesmo que de forma superficial, um capítulo destinado ao abrigo dos direitos da personalidade, aliçerçado sobre “um caráter pedagógico de previsão,

como forma de orientar o intérprete sobre a opção axiológica atual do sistema jurídico” (CANTALLI, 2009, p. 94).

A valorização da pessoa humana como ser dotado de dignidade recoloca o indivíduo como primeiro e principal destinatário da ordem jurídica. Assim, em sendo o homem e os valores que traz em si mesmo a *ultima ratio* do ordenamento, reconhece-se a inexorável repersonalização do Direito Privado, abandonando-se a ideia de simples protetor dos interesses patrimoniais para tutelar o patrimônio apenas como suporte de desenvolvimento da pessoa. Neste contexto, afirma-se que o Direito Civil passou também por um processo de despatrimonialização (CANTALLI, 2009, p. 135).

Parece, destarte, que o Código Civil de 2002 instaura um processo de despatrimonialização de sua gênese normativa, para alçar um suposto tutelar de todo o bem jurídico que aflua com o desenvolvimento da pessoa humana. Deste modo, o Direito Civil promove uma convergência com o suposto axio-princípio lógico da Constituição Federal, valorizando a completude da pessoa humana, sua condição de existência digna, e sua personalidade, sabidamente “mais do que um reduto de poder individual no âmbito do qual seria exercido a sua titularidade. A vida, a saúde, a honra, a intimidade e a integridade física não se enquadrariam na categoria do ‘ter’, mas do ‘ser’” (MINARDI, 2009, p. 108).

Vê-se, assim, a fusão entre o direito público e o privado, ou a contração soberana entre o direito constitucional e o direito civil, conferindo aos direitos da personalidade um aspecto de fundamentabilidade, ou de direito fundamental. Na linha cogente desta noção:

O rio caudaloso que separava as duas margens do mundo jurídico secou, e em muitos pontos já se confundem os leitos do direito pú-

blico e do direito privado. Nesses lugares nenhuma ponte necessita ser construída. Os direitos da personalidade são um desses lugares comuns, desses pontos de inserção dos dois universos. Para eles confluem métodos e concepções civilistas e constitucionalistas (MELLO, 2003, p. 83).

É por isso que a composição semântica antes suscitada encontra guarida na máxima de que a Constituição Federal outorga à defesa da pessoa humana, em virtude do levante da dignidade como valor supremo, revelando-se como “um importante mecanismo para dar plena e imediata eficácia aos direitos da personalidade, assim considerados como direitos fundamentais” (MINARDI, 2009, p. 108).

Os direitos da personalidade são direitos fundamentais, porque representam tudo o que é inseparável à condição humana, sendo indissociáveis da categoria dos direitos do homem. Portanto, o Direito não pode consentir qualquer elisão sobre a certeza de que inexistente diferença substancial entre os direitos fundamentais e os direitos da personalidade.

Há de realçar-se que os direitos da personalidade compreendem a plenitude dos direitos fundamentais no âmbito do Direito Privado, “o que também não mais importa em diferença de âmbito de aplicação diante dos fenômenos da publicização e constitucionalização do Direito Privado. Pode-se inclusive nomeá-los como direitos fundamentais da personalidade” (CANTALLI, 2009, p. 129). São fundamentais, portanto, os direitos da personalidade, porque são imperiosos ao pleno desenvolvimento da pessoa humana, propiciando-lhe um existir com dignidade sublime, que lhe oportunize realizar-se como sujeito de direito e de emoções.

4. A NANOMEDICINA E A DIGNIDADE HUMANA: UMA ANÁLISE SOBRE A SITUAÇÃO DE NÃO DIGNIDADE DERIVADA DA AUSÊNCIA DE ÉTICA, E DO DESTERRO DA AUTONOMIA, NO ATO DE ESCOLHA DO PACIENTE, PELO TRATAMENTO NANOTECNOLÓGICO

Não há, aqui, nenhum prenúncio intencional de percorrer-se pelos caminhos e descaminhos que levam a interpretações de teses multifacetárias sobre o significado da ética, ou sobre seus prelúdios filosóficos ou teológicos. Ao contrário, parte-se apenas de uma conotação geral da ética alicerçada sobre sua gênese grega de *ethos*, indicativa da reflexão sobre os valores e os princípios morais que conferem estabilidade, ou sustentação, até às atitudes e às ações humanas.

Por corolário, não se pode olvidar que toda ação humana possui uma dimensão normativa, "justamente porque o famoso conceito de responsabilidade moral só se aplica aos seres humanos, uma vez que são os únicos seres com capacidade de escolher, de agir de acordo com a liberdade e autonomia da sua «consciência»" (COSTA, 2008/2009).

Como causa deste adorno situacional, ou descritivo do que venha a ser, ou representar a ética, aflora a aflição pela dúvida sobre a essencialidade do valor a ser ponderado em decorrência do binômio oportunidade-necessidade, robustecendo um suposto indício de moralidade que fenece diante da possível afetação da liberdade e da autonomia do paciente, e mesmo de seus familiares, optarem pelo emprego da nanomedicina.

Esta aflição delata um preocupar futuro que eclode da dinamicidade operacional da inserção da tecnologia na medicina e da casualidade relacional, do paciente e seus familiares, que em dado momento encontra a nanomedicina como causa de vida, sem conjecturar razão ou consequência. A necessi-

dade subjetiva do paciente é suficiente para imprimir o sobrelevo de juízos de prioridade dissociantes da efetividade ou da finalidade do tratamento operado por nanotecnologia. Sua ânsia pela melhora, ou seu desejo de cura, podem ofuscar a capacidade de julgamento sobre a propriedade do procedimento nanotecnológico, ou da medicação nanofarmacológica, oprimindo-lhe de estabelecer um juízo adequado sobre causa e efeito.

Tem-se, assim, uma insuficiência ética, pois o valor que o paciente confere ao eu curado sobre o valor da completude do fenômeno em si mesmo, ou do risco consagrado anteriormente à alternativa nanomédica, é impróprio à fundamentação do valor enquanto autonomia e liberdade, especialmente a liberdade de escolha, e não do valor porquanto resultado e eficácia.

Neste sentido, impende realçar que a sobreposição do interesse do paciente, pela cura, promove uma imensa ruptura no sentido literal de agir com autonomia e liberdade de escolha, pois a ambição curativa, se não cega o agente, desvirtua-lhe os sentidos de percepção, deixando-lhe mais vulnerável, e vulnerabilizando a própria autonomia e a liberdade.

Os desejos do «ser», ou o «ser em si mesmo», que se encontra em estado de submissão dos efeitos lotéricos, ou não, de um tratamento nanomédico, não podem constituir o fundamento de uma decisão subjetiva supostamente autônoma, ética e livre. A submissão emocional à expectativa de cura oprime a ética e conspurca a autonomia, o que se justifica, rasamente, pelo desapego do paciente à consideração de outros fatores que devem ser questionados, como as consequências físicas, psicológicas e externas do tratamento. Isto propaga uma amargura ética, notadamente perceptível quando se considera o «eu», o próprio ser, na proporcionalidade da relação primária dos valores daquele que eleva, ou pensa elevar, a autonomia, a ética e a liberdade.

Sobre este aspecto, encontra-se em Sartre a existência de uma “angustia ética, cuando me considero en mi relación original con los valores” (SARTRE, 2004, p. 70).

[...] hay angustia ética cuando me considero en mi relación original con los valores. Éstos, en efecto, son exigencias que reclaman un fundamento. Pero este fundamento no podría ser en ningún caso el ser, puesto do valor que fundara sobre su propio ser su naturaleza ideal dejaría de ser valor y realizaría la heteronomía de mi voluntad. El valor toma su ser de su exigencia, y no su exigencia de su ser. (SARTRE, 2004, p. 69).

Sartre explica que o valor subtrai o ser de sua exigência, e não a exigência, do ser (2004, p. 70). Por isto, o valor, e dentro desta análise, o valor do paciente a ser submetido ao tratamento nanotecnológico revela-se incapaz de formar uma intuição analítica que lhe oriente sobre a essencialidade do valor, o que singularmente ofusca sua liberdade e constringe sua autonomia.

Ademais, e como já se disse, a consciência, ou pseudo-autonomia, ou pseudoliberdade, que orientou a escolha, a decisão do paciente, secciona seus juízos de operar necessárias ponderações sobre causa-efeito. Esta consciência imediata, ou indício de consciência aparece quando o sujeito se desprende da lógica do mundo com o qual esteve comprometido axiologicamente:

[...] para aprehenderme a mí mismo como conciencia dotada de una comprensión preontológica de su esencia y un sentido prejudicativo de sus posibles; se opone a la seriedad, que capta los valores a partir del mundo y que reside en la sustantificación tranquilizadora y cosista de los valores. En la seriedad, me defino a partir del objeto, dejando de un lado *a priori* como imposibles todas las empresas que no voy a emprender y catando como

proveniente del mundo y constitutivo de mis obligaciones y de mi ser el sentido que mi libertad ha dado al mundo. En la angustia, me capto a la vez como totalmente libre y como incapaz de no hacer que el sentido del mundo le provenga de mí (SARTRE, 2004, p. 71).

A partir do momento em que as causas e os meios produzem e destroem uma virtude (ARISTÓTELES, 2004), a nanomedicina pode, em dada circunstância, ou em específica conjuntura, minimizar, ou suprimir a ética e a autonomia do paciente, no ato em que decide submeter-se ao tratamento nanotecnológico.

Quando a decisão pelo tratamento se opera no incêndio do desespero pela vida, ou pela cura, depara-se com um estado de não dignidade, pelo cerceamento do substrato ético derivado da proeminência do valor que se confere ao procedimento, ou ao tratamento, inferiorizando-se a vida, e as condições existenciais da pessoa.

Não se pode olvidar que causas idênticas e procedimentos similares produzem e destroem a virtude, que se encontra entre dois sentidos, determinados pela razão e pelo que decidira um homem prudente. A virtude é um meio entre dois vícios:

[...] uno por exceso y otro por defecto, y también por no alcanzar, en un caso, y sobrepasar, en otro, lo necesario em las pasiones y acciones, mientras que la virtud encuentra y elige el término medio. Por eso, de acuerdo con su entidad y con la definición que establece su esencia, la virtud es un término medio, pero, con respecto a lo mejor y al bien, es un extremo (ARISTÓTELES, 2014, p. 53).

Como a ética não é uma invenção recente e a virtude está para ela, não há como desdourar-se a imperiosidade de um olhar precavido à condição humana do paciente, às suas emoções e sentimentos que enaltecem seu desejo de bem-estar, de bem viver, e de sobreviver ante qualquer intercorrência que am-

plie sua debilidade física ou psíquica, afetando ainda mais a sua saúde, e desestabilizando a sua existência. Nem mesmo nos casos extremos pode-se ocultar que a "ética, tanto na forma moral como na jurídica, impera sobre todas as ações humanas, pois que a exigência de uma valoração ético-jurídica tanto como moral – não pode deixar de fazer-se sentir constantemente" (CUPIS, 2008, p. 106).

Surge, deste contexto, o aspecto integral, absoluto, ou totalitário do sistema ético, seja ele sob a forma de Direito, ou de moral, alcançando toda a espécie de ação humana, mesmo aquelas provenientes do recôndito emocional da pessoa que se encontra em estado de enfermidade absoluta, mesmo que de característica terminal.

Deve-se compreender que as ações que emergem dos sentimentos do indivíduo enfermo, com a vida em risco, não são simples representações da vontade, mas constituem-se em fatos da natureza, e configuram uma realidade que pertence ao mundo físico. É assim que estas ações externalizadas, sob forte influência das emoções, são ações que conspurcam a ética, oprimem a autonomia, e contaminam os padrões de dignidade.

Enquanto artefato inseparável da personalidade e prerrogativa de desenvolvimento da pessoa, a dignidade não pode ser renunciada, ou maculada em razão da falta de ética ou da autonomia cerceada por uma expressão intrasubjetiva, manifestada no calor do desalento de um enfermo. Inadmissível perceber-se, assim, que a "autonomia marca decisivamente a pessoa e tem de ser assegurada, sem o que se ignora o caráter axiológico e ético da realização pessoal" (ASCENSÃO, 2006, p. 61).

5. A TÍTULO DE ÚLTIMAS REFLEXÕES: NANOMEDICINA, (IM)POSSIBILIDADE DE AFETAÇÃO AOS DIREITOS DA PERSONALIDADE, E NÓDOA À DIGNIDADE HUMANA

O homem não cansa de buscar novos mecanismos tecnológicos que otimizem o desenvolvimento da medicina na expectativa de alcançar a longevidade, o bem-estar e a saúde perfeita. Neste compasso, a nanomedicina surge como área da ciência médica inovadora no tratamento e diagnóstico de enfermidades que podem maximizar condutas e atitudes que aumentem a expectativa de vida do homem, com saúde forte.

Esta acepção de vida longa e vida saudável aproxima-se da noção de dignidade, pois a pessoa humana com a saúde plena caminha ao encontro de sua absoluta realização como gente que pensa, que sente e tem aspirações realizáveis durante sua passagem terrenal.

Foi nesta linha de viabilizar a essência de realização da pessoa, dentro de uma estimativa de vida digna, pelo desenvolvimento, que o Direito alocou a pessoa humana no núcleo central do ordenamento jurídico, como protagonista na destinação da tutela do Estado. O Direito protege a pessoa como um todo e, ao protegê-la integralmente, enaltece os direitos da personalidade, como direitos subjetivos não patrimoniais, que se conectam com o juízo de salvaguarda do homem no que lhe é mais precioso, que é sua capacidade-direito de desenvolver-se enquanto ser. Impossível, destarte, deslustrar-se que:

A personalidade que consiste na parte intrínseca do ser humano, é, pois, um bem. É o primeiro bem pertencente à pessoa, o mais importante, já que somente através dele se poderá adquirir e defender os demais bens. Além do próprio bem da personalidade, há também os demais bens intrínsecos à condição humana,

como por exemplo a vida, a privacidade, a imagem, a liberdade e tantos outros (CANTALLI, 2009, p. 70).

Em vigília a alocação da pessoa no centro da ordem jurídica, como principal elemento de defesa do Estado, para garantia de sua dignidade durante o desenvolvimento de sua condição humana, todas as áreas da ciência, e em especial a ciência médica, não podem, sob qualquer hipótese, desprezar os elementos que assentam a personalidade do indivíduo, sob pena de prostrar sua dignidade.

Ao acercar-se do Direito, a dignidade beneficiou-se do advento de uma cultura jurídica pós-positivista, de maneira que:

A locução identifica a reaproximação entre o Direito e a ética, tornando o ordenamento jurídico permeável aos valores morais. Ao longo do tempo, consolidou-se a convicção de que nos casos *diffíceis*, para os quais não há resposta pré-pronta no direito posto, a construção da solução constitucionalmente adequada precisa recorrer a elementos extrajurídicos, como a filosofia moral e a filosofia política. E, dentre eles, avulta em importância a dignidade humana. (BARROSO, 2010, p. 11).

Por isto, os nanomateriais, nanoestruturas, nanorobôs e nanofármacos, que maximizam a oportunidades que o médico tem para oferecer ao paciente um aumento na sua expectativa de vida, devem ser utilizados apenas e sempre que o enfermo tenha condições de estabelecer um juízo de valor adequado à causa e efeito do tratamento ou medicamento tecnologicamente alterado ou desenvolvido.

A autonomia e a ética na escolha pelo que é melhor para o seu caso é condição precípua à sua dignidade, de forma que nada, nem mesmo a expectativa latente pela cura, ou sobrevida, pode interferir na expressão de sua vontade. Recorde-se, pois, que:

Mesmo que em uma concepção atual, entende-se que a autonomia privada ou poder conferido pelo ordenamento jurídico aos privados para autorregular seus próprios interesses. Em outras palavras, trata-se do poder conferido às pessoas para livremente conformarem seus interesses, governando a sua esfera jurídica, já que no exercício cotidiano dos direitos, o que é garantido pela tutela positiva reconhecida pela ordem jurídica. No exercício da autonomia, o titular do direito disciplina as relações concretas do seu cotidiano, criando, modificando, ou extinguindo relações jurídicas. Nesse sentido, estabelece as regras que regulam as situações específicas de sua vida, desde que não atinjam direitos de terceiros e não configurem um ato ilícito, além de respeitar o conteúdo mínimo da dignidade humana (CANTALLI, 2009, p. 203).

O exercício da autonomia deve ser livre, consciente, e nunca ferir um mínimo padrão de dignidade, pois, pelo processo de repersonalização, que alocou a pessoa à condição de finalidade do próprio Direito, determinando que se considere a capacidade interna da pessoa, quando da tomada de decisão, pela expressão de sua vontade. Hodiernamente, para que se confirme a autonomia, não basta apenas a manifestação da vontade, pois "é necessário também que o comportamento voluntário seja conforme a ordem jurídica" (CANTALLI, 2009, p. 205).

A efetividade ética do procedimento nanotecnológico utilizado pelo médico, de coesão com os elementos que salvaguardam as condições de dignidade humana, repousa na liberdade e na autonomia do paciente deliberar pela utilização da nanomedicina com tranquilidade e harmonia emocional, sem constrangimentos ou pressões de qualquer natureza. Para salvaguardar a legitimidade ética de uma decisão tomada por enfermo em condição emocional, importante seria disponibilizar-se uma equipe multidisciplinar de suporte e apoio ao

paciente e à família, composta por profissionais de diferentes áreas, que os auxiliassem no entendimento amplo sobre as implicações da escolha pelo tratamento nanotecnológico.

O paciente não pode decidir na explosão do sofrimento, pela ausência de perspectiva de vida, pois uma decisão tomada no calor das emoções fragilizadas é uma decisão não refletida que afronta a ética e carece de autonomia, uma vez que se conforma dentro de um signo de não dignidade. “A autonomia tem uma dimensão privada e outra pública. No plano dos *direitos individuais*, a dignidade se manifesta, sobretudo, como *autonomia privada*, presente no conteúdo essencial da *liberdade*, no direito de autodeterminação” (BARROSO, 2010, p. 25) sem interferências internas ou externas ilegítimas.

Não se duvida, sob qualquer hipótese, que a ansiedade provocada pelo desejo de sobrevida ofusca o juízo de valor do enfermo, comprometendo sua autonomia e liberdade na escolha do tratamento, com afetação, inclusive, na capacidade de discernimento da própria família. Por isto, a aplicação da nanomedicina em casos extremos, que levam o paciente decidir em razão do desespero, afeta os direitos fundamentais da personalidade, pois muito mais do que não ter garantido o prolongamento da vida pelo tratamento convencional, o paciente estará submetido a uma terapia clínica que poderá agredir sua condição humana de saber o que tem, conhecer pelo que passa e entender os efeitos da nanotecnologia adotada pelo seu médico. Isto, sabidamente, não é dignidade!

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Panorama nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010.
- ARISTÓTELES. *Ética nicomáquea*. Traducción de Teresa Martínez Manzano. Barcelona: Biblioteca de los Grandes Pensadores, 2004.

- ASCENSÃO, José de Oliveira. Pessoa, direitos fundamentais e direitos da personalidade. **Revista Trimestral de Direito Civil**, Rio de Janeiro, n. 26, p. 43-66, abr./jun. 2006.
- BARROSO, Luiz Roberto. **Dignidade da Pessoa Humana no Direito Constitucional Contemporâneo: Natureza Jurídica, Conteúdos Mínimos e Critérios de Aplicação**. Versão provisória para debate público. Mimeografado, dezembro de 2010.
- BRASIL. **Constituição da república federativa do brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 19 set. 2017.
- CANTALLI, Fernanda Borghetti. **Direito da personalidade**. Disponibilidade relativa, autonomia privada e dignidade humana. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.
- CFM. **Nanotecnologia/nanomedicina: possíveis riscos à saúde do trabalhador**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibes.med.br/cfm-nanotecnologiananomedicina-e-os-possiveis-riscos-a-saude-do-trabalhador/>>. Acesso em: 27 ago. 2017.
- CHARLES, Maurício; HERMOCILLA, Ligia. O futuro da medicina: nanomedicina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, ano 6, n. 10, jan. 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/T6DPt8UbT7d89XC_2013-5-29-9-56-9.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.
- COSTA, Helena Silva. Nanomedicina e questões éticas em perspectiva. **Filosofia**. Disponível em: <<http://ojs.letras.up.pt/index.php/filosofia/article/view/549/545>>. Acesso em: 21 ago. 2017.
- CUPIS, Adriano de. **Direitos da personalidade**. 2. ed. São Paulo: Quorum, 2008.
- DA SILVA, José Afonso. **Curso de direito constitucional positivo**. 26. ed. São Paulo: Malheiros, 2006.
- DA SILVA, José Afonso. A dignidade da pessoa humana como valor intrínseco da democracia. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, n. 212, p. 88-94, abr./jun. 1994.

- FIGUEIREDO, José. **Nanomedicina: ficção ou realidade?** Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~jlongras/Nanomedicina-ficcao-ou-realidade.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2017.
- FREITAS, R.A. Jr., Nanomedicine. **Volume IIA: Biocompatibility**. Georgetown-TX: Landes Bioscience, 2003.
- GARCIA, Fabrício Melo. **Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eins/2014nahead/pt_1679-4508-eins-12-3-1679-45082014RC3113.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2017.
- GOMES, Orlando. **Introdução ao Direito civil**. 11. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1996.
- GUAZZELLI, Maria José; PEREZ, Julia (orgs.). **Novas tecnologias: nanotecnologia**. ASA Brasil Rede Ecovida de Agroecologia, 2009. Disponível em: <http://www.centroecologico.org.br/novastecnologias/novas_tecnologias_1.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- KANT, Immanuel. **Fundamentação da metafísica dos costumes**. Traduzido por Paulo Quintela. Lisboa: Ed. 70, 1986.
- MELLO, Cláudio Ari. Contribuição para uma teoria híbrida dos direitos da personalidade. In: SARLET, Ingo Wolfgang (org.). **O novo código civil e a constituição**. 1. ed. Porto Alegre: Livraria dos Advogados, 2003.
- MINARDI, Fábio Freitas. Natureza jurídica do direito da personalidade. In: GUNTHER, Luiz Eduardo (coord.). **Tutela dos direitos da personalidade na atividade empresarial**. v. 6. Curitiba: Juruá, 2009.
- MILLER, John C.; SERRATO, R.; KUNDAHL, G. **The handbook of nanotechnology: business, policy and intellectual property law**. 1. ed. New Jersey: Wiley, 2005.
- MIRANDA, José Eduardo de; CORRÊA LIMA, Andréa. A afetação do estado de falência na condição humana do empresário individual falido: uma análise da circunstância de não dignidade, desde uma perspectiva dos direitos fundamentais da personalidade. In: MIRANDA, José Eduardo de. **Falência e recuperação de empresas**. Compreensão multinacional do sistema jurídico falimentar. Curitiba: Juruá, 2017.

- MORAES, Maria Celina Bordin de. O princípio da dignidade humana. In: MORAES, Maria Celina Bordin de (coord.). **Princípios de direito civil contemporâneo**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006.
- RUBIO, Mário Ricardo Góngora. **Nanotecnologia: A Última Fronteira Tecnológica**. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/~gongora/FATEC/Nanotecnologia%20FATEC.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- SARLET, Ingo Wolfgang. As dimensões da dignidade da pessoa humana. **Revista Brasileira de Direito Constitucional – RBDC**, n. 9, jan./jun. 2007.
- SARLET, Ingo Wolfgang. **Constituição, direitos fundamentais e direito privado**. 2. ed. Porto Alegre: Livraria dos Advogados, 2006.
- SARTRE, Jean-Paul. **El ser y la nada**. Traducción de Juan Valmar. Barcelona: Biblioteca de los Grandes Pensadores, 2004.
- ZANINI, Leonardo Estevam de Assis. **Direitos da personalidade**. Aspectos essenciais. São Paulo: Saraiva, 2011.

9

NOVAS TECNOLOGIAS, ESTADO E DIREITO: (RE)PENSANDO O PAPEL DO DIREITO ADMINISTRATIVO

Dailor dos Santos¹

¹ Doutorando em Direito Público (UNISINOS). Mestre em Direito Público (UNISINOS). Especialista em Direito do Estado (UFRGS). Professor de Direito Constitucional e Direito Administrativo na Universidade FEEVALE.

INTRODUÇÃO

O contínuo desenvolvimento de novas tecnologias, que ganha o seu delineamento mais extremado com o advento da nanociência, indica dois lados da criatividade humana: o elevado progresso de suas conquistas técnicas e científicas, com o anúncio de facilidades, conforto e evolução e, na mesma medida, os consideráveis riscos que o apego a um progresso irrestrito fatalmente apresenta. Amplifica-se a complexidade quando as novas tecnologias conduzem à compreensão de um novo ser humano, autodefinido a partir do que a tecnologia permite e exige.

As inovações tecnológicas alicerçam-se em uma dinâmica própria, em que interessam os resultados positivos obtidos, o que atenderia às exigências de mercado e, na mesma medida, recomendaria o adiamento – ou a ignorância – dos riscos que os serviços e produtos desenvolvidos geram. Quando o avanço da técnica podia ser facilmente controlado e regulado pelo estado e, por vezes, até mesmo dependia de fomento governamental, a resposta dada pelo direito ao progresso era simples e previsível. Tudo se circunscrevia a uma subsunção jurídica, em que a presença de um suporte fático (MIRANDA, 1999) era inevitável ou, no mínimo, pressuposta. A constitucionalização do direito privado, aliada ao crescimento científico e ao aumento da complexidade social, passou a exigir mais do que a previsibilidade positivista do fato jurídico, pois ao lado das conquistas do progresso tornaram-se perceptíveis os seus potenciais riscos que, agora, passaram a atingir até mesmo a dignidade da pessoa humana.

O gerenciamento do risco segue, assim, confiado precipuamente ao estado e ao direito; eles, porém, para cotejar as inovações do progresso científico com os riscos impostos ao ser humano e ao meio ambiente, encontram-se munidos de ferramentas elaboradas na modernidade, insuficientes para dar

plena resposta aos dilemas pós-modernos que as novas tecnologias apresentam em sua intrínseca evolução: trata-se de uma das faces da crise do estado e do direito.

Como atualizar as funções do estado e como (re)compreender o papel do direito em face das novas tecnologias e da nova concepção do ser humano torna-se um assunto atual e insuperável. Dessa observação decorre o objetivo do presente estudo: analisar sob quais perspectivas o estado e o direito podem dar resposta aos riscos que as novas tecnologias continuamente apresentam. O problema a ser enfrentado é claro: como o direito e o estado podem confrontar os dilemas gerados pelas novas tecnologias, gerenciando os riscos que a evolução traz consigo? A pós-modernidade certamente indica a necessidade de alocar o estado em um novo patamar: indutor do progresso e gestor do risco admitido pelas novas tecnologias, o que, por outro lado, implica o questionamento das tradicionais apropriações do direito e, em especial, das clássicas construções conceituais do direito administrativo.

1. O QUE AS NOVAS TECNOLOGIAS ANUNCIAM PARA O DIREITO?

Pesquisadores do Facebook detectaram, em um experimento realizado para permitir que computadores conversassem com pessoas, que um mecanismo de inteligência artificial criou uma linguagem própria, sem qualquer interferência humana prévia de programação que indicasse ou direcionasse os atalhos de linguagem escolhidos pela máquina. As modificações de linguagem foram elaboradas pela inteligência artificial a partir de mudanças até então desconhecidas na língua inglesa. O idioma desenvolvido surgiu como incompreensível para os seres humanos, embora tenha sido concebido pelos computadores para facilitar o diálogo com outras máquinas. O experimento foi

abandonado porque o programa criado não conduziu ao resultado inicialmente esperado (GRIFFIN, 2017).

Embora a inteligência artificial – já existente – ainda não seja sensível (ou consciente), a singularidade tecnológica parece ser um destino inevitável à humanidade: pesquisas em andamento buscam aprofundar a possibilidade de os computadores criarem uma linguagem específica, ligada a suas experiências próprias (SULLEYMAN, 2017). O dilema é claro e insuperável: o aprofundamento dos mecanismos de inteligência artificial fatalmente culminará no desenvolvimento de interconexões aparentemente ficcionais, em que máquinas, dotadas de habilidades lógicas, algorítmicas e linguísticas próprias desafiarão a máxima de Descartes: penso, logo existo. O ser humano, na época das máquinas inteligentes, passa a questionar a sua própria diferenciação, pois agora se trata de um indivíduo conectado de modo íntimo com máquinas e certamente limitado em suas potencialidades – e subjetividade – ao que as novas tecnologias admitem. A crise de identidade liga-se, assim, a uma angústia de consciência: “Humanos correm o perigo de perder seu valor porque a inteligência está se desacoplando da consciência” (HARARI, 2016, p. 313). Vale dizer: o que antes era atributo exclusivo da consciência humana, aliada a uma inteligência direcionada a certa atividade, torna-se agora tarefa suscetível de compartilhamento, não apenas entre seres humanos, mas também entre indivíduos e computadores ou – no que se revela o ápice da angústia – unicamente entre mecanismos dotados de inteligência artificial.

A crise a ser enfrentada pelos seres humanos – derivativo claro do advento de novas tecnologias – encontra um nítido viés social, que interessa ao estado de modo particular por representar critério de aferição de tributos e de implementação de direitos sociais. Trata-se do advento de tecnologias que interferem na ocupação de postos de trabalho, implicando a substi-

tuição do trabalho humano pela ação de computadores, máquinas automatizadas ou robôs. Estima-se que até 2033 metade dos postos de trabalho existentes nos Estados Unidos serão automatizados (MARDELL, 2017). O impacto social das novas tecnologias é inegável, repercutindo em um novo modo de interação, em que a proximidade do ser humano com a técnica não se dá apenas instrumentalmente, mas como um critério de definição da própria subjetividade e de pertencimento (ELIAS, 1994), indicativo de uma correlação que repercutirá no papel social que o indivíduo desempenhará em um arranjo que independerá unicamente da oferta de políticas públicas sociais, já que se encontra ligado de modo íntimo ao que o mercado permite e elege como prioridade.

Os incessantes desafios pós-modernos gerados pelas novas tecnologias colocam em questionamento a própria fundação da dignidade da pessoa humana. Dois processos dessa construção constituem privilegiados exemplos: de um lado, a liquidez da privacidade, cujos riscos são maximizados em razão do contínuo – e inevitável – acesso a *websites*, o que deposita a intimidade e a vida privada do ser humano em uma esfera pública de armazenamento de dados eletrônicos, como ilustrou o célebre caso Google versus Agência Espanhola de Proteção de Dados – AEPD (TRIBUNAL DE JUSTIÇA DA UNIÃO EUROPEIA, 2017) e, de outro, o experimento denominado “máquina moral” (MIT, 2017), que consiste em uma consulta *online* destinada a coletar e catalogar impressões humanas a respeito de situações de hipotéticos acidentes de trânsito, em decisões que, uma vez tomadas por quem acessa o *website* dedicado ao experimento, poderão formatar, por meio de algoritmos, a inteligência artificial de veículos autônomos (SCIENCE, 2016).

Vive-se, pois, o advento – e também os já lesivos efeitos – da quarta revolução industrial, tempo em que convergem tecnologias digitais, físicas e biológicas (IHU, 2017) a definir um ser humano inseguro dian-

te de um mundo novamente desconhecido e desafiador, em que as inovações, junto a suas promessas, igualmente depositam como pesados custos os seus possíveis riscos.

Esses apontados riscos tornam-se ainda mais pronunciados quando à humanidade são opostas inovações nanotecnológicas. A velocidade com que se desenvolvem as pesquisas – e as consequências – de manipulações nanotecnológicas impede qualquer tentativa de assimilação legislativa, ao menos pelas vias políticas próprias (atuação do poder legislativo na elaboração do consagrado modelo da lei, aqui tomada em acepção ampla). Na verdade, qualquer atuação legislativa, em seus clássicos moldes, nascerá defasada, ou seja, será concebida apenas como reação – já tardia, evidentemente – a um efeito gerado pelas pesquisas nanotecnológicas. Liga-se a isso a advertência de Engelmann (2012, p. 346):

[...] o número de produtos gerados a partir da escala nano cresce no mercado consumidor. Quer dizer: o trabalhador está exposto na linha de produção a interações novas; os produtos que chegam ao mercado consumidor são levados e consumidos, gerando descartes no meio ambiente, sem que se tenha ainda uma vaga definição regulatória, vinculada à ausência de respostas por parte das Ciências de Produção.

Os dilemas despertados pelas novas tecnologias – que evoluirão inclusive a partir do que a humanidade aceitar a respeito das nanotecnologias – vinculam-se à catastrófica possibilidade de que, em razão da tecnologia manuseada, as possibilidades e os riscos aumentarão incontrolavelmente (em escala nano ou em novos parâmetros métricos ou funcionais que somente o futuro poderá revelar), falando-se, pois, em um declínio da natureza e em um novo ser humano. O novo ser humano traz consigo um novo anteparo moral, reclamando um atualizado olhar do

estado e do direito; trata-se do advento do pós-humano (DUPAS, 2009, p. 59):

A nanotecnologia – cujos vetores e direções estão, mais uma vez, exclusivamente controlados pelas grandes corporações e pelos interesses do capital – radicaliza dramaticamente os instrumentos do homem para intervir na natureza, criando potencialidades e riscos imensos: da “pós-natureza” ao “pós-humano”; de produtos fantásticos ao definitivo colapso ambiental.

A ideia de pós-humanidade representa a disposição humana – aparentemente ilimitada ou, no mínimo, com pretensão de domínio – sobre a natureza. Esse conceito, na quarta revolução industrial, evolui para a ideia de transumanismo, em que a natureza humana alia-se de modo indissolúvel às biotecnologias, o que conduz à humanização da própria tecnologia e torna o ser humano, através dela, transumano. Deve-se evitar, nessa compreensão, uma visão meramente catastrófica, compreendendo-se a necessidade de conjugação dos anunciados avanços com os potenciais riscos que as novas tecnologias apresentam (VILAÇA; DIAS, 2014, p. 356):

[...] ao mesmo tempo em que é necessário criticar a perspectiva de que não cabe ao humano assumir o protagonismo no processo de melhoramento, cumpre analisar se a biotecnociência merece tanto crédito. Isto é, tanto o biocatastrofismo quanto o tecnoprofetismo podem ter visões extremadas, criticáveis e infundadas.

A compreensão do transumanismo, todavia, deve ser posta no campo da tecnociência, o que se transmuta, para o direito, em um alerta decisivo, já que “a tecnociência não tem outra finalidade que não a sua máxima auto-capacitação” (GALIMBERTI, 2015, p. 13). Diante desse aviso, o questionamento segue desafiador: que instrumentos possui o direito

para, em pleno curso da pós-modernidade, momento em que sua crise aparece como o seu sinal distintivo (MORAIS, 2002), estabelecer critérios para as novas tecnologias? Em outras palavras, igualmente incisivas: o que pode fazer o direito diante das novas tecnologias, da tecnociência e das nanotecnologias? Afinal, o gerenciamento social do risco, em uma apuração que já não se satisfaz com medidas curativas (após a verificação de danos), mas exige procedimentos profiláticos (a fim de evitar, na maior medida possível, a ocorrência de danos), segue competindo ao direito.

O questionamento deriva de uma constatação que certamente poucos contestariam: a ideia de pós-humanidade e de transumanismo – bem como o fluxo sempre atualizado de novas tecnologias – desafiam a compreensão do próprio valor constitucional da dignidade da pessoa humana. O questionamento atinge, então, um nível elevado de complexidade: de que dignidade humana é possível falar quando a noção de ser humano confunde-se com o próprio curso que tomam as novas tecnologias? Sem dignidade humana a preservar – ou sem saber exatamente qual dignidade humana deve ser resguardada, pois as novas tecnologias enfraquecem a própria fundação moral do ser humano, que não mais se submete à natureza, mas a domina e a altera segundo seus próprios interesses – haverá alguma função para o direito?

O que pode dizer o estado ao contínuo avanço das novas tecnologias? Mais do que isso, talvez seja o momento de questionar – ou já terá sido tardia a indagação? – as funções que o direito é capaz de desempenhar para salvaguardar a dignidade da pessoa humana em uma sociedade pós-moderna, absorvida por inovações tecnológicas e carente de um referencial seguro de estado, tal qual desenhado na modernidade.

Enquanto a sociedade segue o seu avanço triunfal na conquista tecnológica, desbravando campos que o direito somente conhecerá quando já co-

lonizados, insiste-se na retórica vazia da necessidade de centralização da regulação estatal, ignorando-se os movimentos de legitimação e construção normativa que, na pós-modernidade, partem da sociedade, organizada ou não, e deixam de ser monopólio do estado. O cômodo apego à tripartição dos poderes e à preservação das clássicas funções do estado ignora o fenômeno da internormatividade (FRYDMAN, 2016) e reprisa uma dinâmica construída na modernidade, que concentra, no âmbito administrativo, a prestação de serviços públicos pelo estado, de modo direto ou indireto, o que torna mais importante a discussão sobre a atribuição de competências – em um aguçamento burocrático do princípio da legalidade – do que a redefinição de funções administrativas a partir de premissas e valores constitucionais.

Apesar da renovação da hermenêutica constitucional (STRECK, 2009), persiste o apego do direito administrativo à clássica teoria dos atos e poderes administrativos, outorgando-se à administração pública prerrogativas, usualmente compreendidas como atributos, que legitimariam o seu agir em prol do interesse público. São recentes, todavia, e ainda assim alicerçados na conformação histórica do próprio direito administrativo, os debates que buscam (re)situar a definição atual de bem comum e de interesse público (HAEBERLIN, 2017) e definir quais valores deveriam conduzir o agir administrativo sem o apego a uma supremacia que se justifica em uma insatisfatória dicotomia entre público e privado (SARMENTO, 2005).

O recurso à ideia de uma administração pública delineada a partir de seus próprios interesses, estrategicamente situados como interesses públicos, contenta-se com referências retóricas à ideia de presunção de legitimidade e veracidade dos atos administrativos, autoexecutoriedade e imperatividade da atuação administrativa. São esses os derivativos usuais da dicotomia pretendida, não se eximindo dessa compreensão, embora fundada na doutrina italiana,

a ideia de que os interesses públicos seriam primários ou secundários (MELLO, 2006). O questionamento subjacente, contudo, persiste latente: a partir de quais valores constitucionais se torna presumivelmente legítima a atuação administrativa e sob quais premissas a autoexecutoriedade e a imperatividade podem ser confrontadas?

Além disso, a atuação administrativa do estado não renovou – apesar da crise da própria noção de estado (MORAIS, 2002) – os requisitos que definiriam a sua atuação. Seguem os atos administrativos reféns de uma tipologia que traduz, no plano do direito público, a mesma catalogação imposta pela concepção da juridicização no âmbito do direito privado. Nessa conjugação ainda importam, de modo geral, unicamente a competência, o objeto, o motivo, a finalidade e a forma adotada pelo ato praticado. Não há um aprofundamento desses requisitos, a fim de amoldá-los a exigências que atualizem o que o estado moderno concebia como suficiente para a organização de sua administração pública. Os valores constitucionais parecem não sensibilizar a atuação administrativa, que persiste refém de critérios defasados, alheios à pluralidade de fontes normativas e à concorrência, no mesmo espaço público, da sociedade, que passou a desempenhar, por sua autonomia e também em face da letargia estatal, funções igualmente dotadas de interesse público.

Não é casual, portanto, a dificuldade do direito administrativo em definir critérios de efetividade para princípios constitucionais, como eficiência e moralidade. Compreende-se, também em razão disso, a árdua tarefa, inclusive jurisprudencial, em conferir limites ao conceito de improbidade administrativa. A falta de valoração constitucional da atuação administrativa também torna confusa a compreensão do regime de prestação dos serviços públicos e o quadro se torna ainda mais nebuloso quando se verifica, no âmbito do direito administrativo, a dificuldade em

demarcar as exatas fronteiras que definem o espaço de ação das pessoas jurídicas que compõem a administração indireta e das agências reguladoras e executivas.

A vinculação e a discricionariedade administrativas também integram esse cenário que exige re-fundação, pois se constituem em *a priori*s suficientes, por si só, para legitimar decisões administrativas ou judiciais, no censurável apelo a uma legalidade que subsiste independentemente de seu amparo constitucional, perspectiva que repercute com substancial vigor na delimitação dos poderes administrativos regulamentar, disciplinar e hierárquico.

Assim, de um lado há uma ordem jurídica alicerçada em valores constitucionais, preocupada com a maximização da dignidade da pessoa humana e disposta a efetivar direitos fundamentais e sociais; de outro, porém, persiste uma administração pública que se contenta em anunciar os poderes que a definem e os requisitos dos atos que pratica, em uma retomada por vezes automática de uma teorização administrativa que já não satisfaz os anseios pós-modernos. A noticiada crise do direito (MORAIS, 2002) certamente passa pela deficitária construção conceitual e estrutural do direito administrativo, desatualizado em sua própria dinâmica.

O próprio direito administrativo fornece o exemplo de sua letargia. A busca estatal de regulamentação de aplicativos de transporte (o emblemático caso do aplicativo Uber, com a alteração pretendida na Lei nº 12.587, de 2012 – Projeto de Lei da Câmara nº 28/2017) ilustra de modo peculiar e a um só tempo a crescente desatualização do direito administrativo, o seu distanciamento de valores constitucionais, a inexistência de ferramentas inovadoras de direito administrativo capazes de regular – sem a necessidade de um contínuo apelo ao poder legislativo – temas socialmente estabelecidos e que deveriam compor uma esfera pública de debates, bem como a

defasagem e a letargia do estado para acompanhar administrativamente a evolução das novas tecnologias (SENADO FEDERAL, 2017).

Os contrassensos do direito administrativo atingem a própria apreciação judicial dos atos praticados pela administração: o acesso judicial ao teor do ato praticado pelo gestor público esbarra em alegações eleitas como imperativos hermenêuticos – o objeto e o motivo de um ato praticado pela administração pública integrariam a sua esfera de discricionariedade e, portanto, estariam imunes à apreciação judicial, justificando o confortável argumento de respeito à discricionariedade administrativa e de separação dos poderes. Por outro lado, para aguçar ainda mais o problema, quando o judiciário atua na interpretação do agir administrativo, por vezes incide na imposição descompromissada de políticas públicas, apontando por seus exclusivos critérios o modo de atuação da administração pública. Também isso se traduz como reflexo da defasada atuação administrativa e da necessidade de reconfiguração do direito administrativo. Assim, confluem, ao mesmo tempo, porém em direções opostas, duas ordens de fatores: a deficitária compreensão constitucional da administração pública, de sua vinculação e discricionariedade, e os riscos do ativismo judicial.

Enquanto aplicativos e *websites* disponibilizam serviços, ações e indicadores revestidos de nítido cunho público, reconfigurando o âmbito de compreensão do interesse público, permanece a administração pública vinculada a seus próprios códigos, pouco abertos a experiências públicas além do espaço estatal. O espaço público se reconfigura, embora o estado siga necessitando de uma atuação de regulamentação legislativa, que inevitavelmente nascerá defasada, já que a composição do espaço público encontra outros foros de legitimação, sequer vinculados à soberania estatal. Paradoxalmente, é justamente a letargia da administração pública e o in-

contável apelo às novidades tecnológicas e às novas formas de expressão do espaço público que robustecem o direito administrativo, exigindo que se atualize justamente para agir para a sociedade, regulando democraticamente suas manifestações sem a pretensão, tipicamente positivista, de previamente definir os limites de ação dos atores sociais.

A crise do estado e do direito caracterizam-se, na verdade, como a necessidade de redefinição do papel que ocupam na sociedade, exigência que se dá em face de uma guinada decisiva nos rumos da própria sociedade, agora globalizada e pós-moderna (BAUMAN, 2011). A crise corresponde, assim, à evidência de que o estado está desatualizado em relação ao processo de globalização e ao advento das novas tecnologias. A clássica noção de estado – em sua compreensão de soberania normativa territorial (FILHO; CHUT, 2009), conceito sobre o qual se erigiu o império do direito administrativo – depara-se com o “surgimento de uma verdadeira economia global, caracterizada pelo alto grau de integração dos mercados e pelo predomínio das atividades transnacionais” (MATIAS, 2005, p. 105). Isso indica a defasagem das habituais ferramentas do estado para lidar com as contínuas inovações de uma sociedade globalizada.

A crise enfrentada pelo direito administrativo não anuncia, contudo, o seu fim, tampouco recomenda a sua superação. Ao contrário, trata-se de compreender que a sua crise é uma crise do próprio direito. A proposta, assim, se alicerça em um direito administrativo responsivo (NONET; SELZNICK, 2010), em que o caráter repressivo do direito seja substituído por uma visão integradora do espaço público, em que a função administrativa corresponda à facilitação e intermediação de respostas sociais, com ferramentas capazes de permitir o ajuste das demandas sociais a uma atuação administrativa pautada por valores constitucionais e atenta à participação social. Isso, ao final, poderia contribuir para atenuar as deman-

das impostas ao poder judiciário, pois corresponderia à assunção de uma assertividade em prol de demandas públicas pela administração pública, sem a necessidade de judicialização constante da atividade administrativa e sem o recurso a regulamentações legislativas que somente darão respostas defasadas aos avanços tecnológicos.

2. A (RE)DEFINIÇÃO DA ATUAÇÃO ESTATAL

O que se propõe, aqui, não é uma solução definitiva, mas uma perspectiva viável para redefinir o âmbito de atuação administrativa do estado. As premissas devem ser explicitadas: (1) o monopólio da atividade legislativa não pertence ao estado, mas se depara com os dilemas da internormatividade, fenômeno que pode ser descrito como a concorrência normativa que há entre as tradicionais fontes jurídicas, legislativamente concebidas, e as normas técnicas e de gestão que adquirem relevância em uma sociedade globalizada (FRYDMAN, 2016); (2) as respostas dadas pelo estado e pelo direito geralmente são, em face da natureza atribuída ao processo legislativo e de juridicização, curativas e não profiláticas; (3) a crise do estado corresponde, na verdade, a uma redefinição do âmbito de atuação estatal e, por fim, (4) o estado, mesmo em uma sociedade globalizada, persiste como o incentivador de políticas públicas, capaz de fixar parâmetros éticos que gerenciem os riscos que as novas tecnologias trazem consigo.

Das premissas ao problema: como o estado poderá enfrentar, de modo objetivo e a partir da atuação administrativa, as demandas geradas pelas novas tecnologias? A hipótese: a redefinição das atribuições das agências reguladoras pode representar um novo paradigma no modo de agir do estado em face dos desafios das novas tecnologias e a atualização necessária do próprio direito administrativo, concebido agora sob o seu viés responsivo.

Diante da ascensão vertiginosa das novas tecnologias e do apelo da internormatividade, que deverá ser elevada a instância normativa própria e concomitante à atuação legislativa, há um momento claro em que o agir estatal se torna necessário: “quando dependências conduzem a consequências que não são mais compatíveis com a dignidade do homem, o Estado deve decidir e intervir” (FLEINER-GERSTER, 2006, p. 633-634).

Quem, todavia, decidirá e intervirá pelo (e em nome do) estado quando as novas tecnologias se anunciam? O poder judiciário insistirá em guardar os seus argumentos para o instante da decisão, e então será tarde demais, pois mesmo a decisão geralmente será paliativa e compensatória; o poder legislativo demandará tempo e esforço para normatizar o que, na esfera privada, já se encontra definido e em desenvolvimento, e também será tardia sua ação, pois a dinâmica dos fatos da vida excede à velocidade de sua juridicização; o poder executivo buscará legitimar as suas ações pelo que diz o direito, mas o que ele permite ignora o que a internormatividade e as novas tecnologias concebem e, assim, novo atraso se anuncia. A letargia da máquina estatal concebida na modernidade para fazer frente às demandas pós-modernas inviabiliza uma ação no presente e se contenta com uma visão possível de futuro, o que menospreza possíveis riscos e veda um enfrentamento instantâneo da demanda surgida. Se os três poderes parecem atados ao que legou a modernidade, a nova figura da regulação estatal – ligada à atuação das agências reguladoras e à regulação estatal – parece ser um potencial caminho para (re)definir o fluxo de análise das repercussões das novas tecnologias (MEDAUAR, 2003, p. 257):

A regulação, no atual contexto, abrange: a edição de normas; a fiscalização do seu cumprimento; a atribuição de habilitações (p.ex.:

autorização, permissão, concessão); a imposição de sanções; a mediação de conflitos (para preveni-los ou resolvê-los, utilizando variadas técnicas, p. ex.: consulta pública; audiência pública; celebração de compromisso de cessação e compromisso de ajustamento). Não se inclui necessariamente na atividade regulatória a fixação de políticas para o setor, mas seria viável a contribuição das agências para tanto, com a participação de representantes de todos os segmentos envolvidos.

A regulação, portanto, congrega em sua dinâmica, ao mesmo tempo, atuações que competiam ao modelo clássico dos poderes judiciário e legislativo, modificando o foco de ação do poder executivo. É perceptível a sua abertura para a internormatividade, pois a atuação regulatória, se conduzida e ampliada pelas agências reguladoras, com o concomitante controle de sua autonomia, permitiria um ágil e desburocratizado enfrentamento dos riscos das novas tecnologias. Não são poucos os fatores que justificam esse deslocamento do agir estatal em direção às agências (MEDAUAR, 2003, p. 260-261):

A liberalização de mercados e a transferência da execução de serviços públicos ao setor privado acarretam a necessidade de regulação estatal nos respectivos setores; a percepção de que certas questões teriam melhor solução se atribuídas a órgãos próximos do setor econômico e social concernente, garantindo relações mais diretas entre Administração e sociedade civil; a tomada de consciência de descentralizar o poder, gerando, inclusive, uma organização estrelada, um Estado rede dotado de centros decisoriais diversificados; a necessidade de adotar medidas em favor de uma pluralidade de modelos organizacionais, juntando-se ao modelo de ministérios o modelo das administrações autônomas e agências reguladoras; um movimento geral de deslegalização, visando a transferir ao Executivo a disciplina de matérias até então privativas de lei (votada pelo Parlamento); a necessidade

de conferir estabilidade a regras que afetam o mercado, as quais não ficariam sujeitas a mudanças em decorrência de alternância dos comandos políticos; a necessidade de afastar das pressões político-partidárias certas atividades preponderantemente técnicas (esta última justificativa aventada em especial na Itália; nos países europeus, também a influência dos textos da Comunidade Europeia.

Esse conjunto de razões para o crescente recurso, no direito administrativo pós-moderno (GROSSI, 2016), às agências reguladoras aponta, ao mesmo tempo, para a importância de sua ação em face das novas tecnologias. Podem elas regular um vasto campo de atuação social e a ampliação e o fortalecimento de suas funções, especialmente normativas e decisórias, pode ser o passo decisivo para que o judiciário e o legislativo racionalizem suas funções na pós-modernidade, reconhecendo o atraso de suas deliberações quando as novas tecnologias tomam o espaço público e atingem, pelo bem ou pelo mal, a dignidade humana.

Porém, como limitar o que podem – e o que não podem – as agências e as regulações? Novas perguntas podem ser postas: “Como se verificar se a agência está realmente implementando as políticas do setor, fixadas pela cúpula do Poder Executivo? É possível conciliar a autonomia técnica com a tarefa de implementação de políticas fixadas pela cúpula do Executivo?” (MEDAUAR, 2003, p. 263). A resposta, todavia, pode ser dada desde logo: “Sem dúvida cabe, em todos os ordenamentos, o controle efetuado pelo Poder Legislativo e o controle jurisdicional sobre a atuação das agências” (MEDAUAR, 2003, p. 262).

A reconfiguração do estado, portanto, encontra substrato privilegiado na atuação das agências reguladoras. Elas permitem um renovado – e sempre atualizado (pois vinculado à internormativi-

dade) – olhar sobre as novas tecnologias, aplicando sobre elas a orientação ético-política recomendada pela lei (ato legislativo) e fiscalizada pelo direito (a retomada da dinâmica do poder judiciário), em um olhar focado no tempo presente. A atuação administrativa a partir das agências vincula-se, ainda, a uma renovada forma de (re)definição do espaço público: o terceiro setor e as parcerias com a administração pública (VIOLIN, 2015), em que há uma abertura para a participação democrática no âmbito administrativo e uma redefinição da própria atuação estatal, permitindo, em uma nova e necessária atualização dessa dinâmica, pautada pela participação de organizações da sociedade civil na composição decisória e normativa sobre os efeitos, benesses e riscos de novas tecnologias, avaliando inclusive a pertinência e adequação de apropriações internormativa, segundo critérios que deverão ser definidos pela atuação legislativa (SANTOS, 2010, p. 363):

Este projecto (sic) político assenta num conjunto amplo de tarefas articuladas entre si: refundar democraticamente o terceiro sector implica refundar democraticamente a administração pública e ambas implicam uma nova articulação entre democracia representativa e democracia participativa.

A administração pública, assim, anuncia-se com revigorada pertinência no jogo de modulação dos efeitos das novas tecnologias. Não se trata do aparato administrativo ligado ao defasado conceito centralizador de estado, mas de uma administração que, também a partir da atuação regulatória e de suas agências, pode permitir ao estado que reassuma a gestão transdisciplinar da inovação tecnológica (EN-GELMANN, 2011). Todavia, a administração não é, ela própria, um poder, o que realça a importância de balizas prévias para a sua ação, campo onde deverá se dar a atuação plena do renovado poder legislativo, e

a necessidade de um olhar atento para limites regulatórios, inclusive a partir de preceitos constitucionais, o que também deverá ser conduzido pelo poder judiciário (indicando o novo foco de sua análise). A análise é de Fleiner-Gerster (2006, p. 485-486):

A rígida hierarquia da administração, a sua vida própria, os seus critérios internos e técnicos de avaliação conduzem à impressão de que a burocracia é anônima, estranha e perversa. Por essa razão já está na hora de a teoria do direito constitucional se ocupar mais intensamente do fenômeno da burocracia. Na prática, é verdade, constata-se certos avanços. Nos países onde a maioria governamental não depende da maioria parlamentar, a ampliação dos controles da administração permitiu obter uma melhor proteção. Nos Estados de governo parlamentar, o *ombudsman* ganha cada vez mais importância. O sistema federalista de repartição do poder do Estado conduziu igualmente a uma descentralização das atividades administrativas e, com isso, a uma humanização da administração. Na Suíça, por exemplo, quando em uma pequena comunidade as *Milizkommissionen* (comissões compostas por políticos não-profissionais) tomam uma decisão sobre um projeto de construção, o fazem de modo totalmente diferente do de uma repartição pública anônima, que não está familiarizada com os problemas da comunidade em questão. Não há dúvidas de que a ampliação da jurisdição administrativa fortaleceu a proteção do cidadão.

Especificamente em relação às novas tecnologias, há um amplo campo de atualização da função administrativa a ser percorrido, necessariamente alicerçado em cinco eixos: (1) aumento da participação democrática na esfera decisória e deliberativa da administração pública; (2) atuação e decisão administrativas permeadas pela internormatividade; (3) regulação e agências reguladoras concebidas e atualizadas também para filtrar o impacto das no-

vas tecnologias na sociedade; (4) atuação do poder legislativo direcionado para a criação de diretrizes claras à atuação das agências reguladoras, a partir de um patamar ético que avalie o avanço do progresso no tempo presente e, por fim, (5) elaboração de instrumentos legais que permitam amplo controle judicial dos atos e das decisões tomadas em sede administrativa.

Com efeito, a clássica concepção dos atos administrativos alicerça-se na dicotomia entre atos vinculados e discricionários. A complexidade da sociedade pós-moderna e a permeabilidade inerente à globalização, porém, anunciam a insuficiência desse aporte, exigindo a sua (re)significação. É outra face da apontada crise do estado. A reconfiguração da administração pública (consequência direta das transformações impostas ao estado e aos poderes constituídos), em que o protagonismo é sugerido à atuação das agências reguladoras, necessariamente exigirá uma atualizada teoria dos atos administrativos. O ato administrativo, para fazer frente à velocidade e aos riscos das novas tecnologias, também deverá ser compreendido a partir da internormatividade, sem que a administração se limite a acolher *standards* ou indicadores (FRYDMAN, 2016), mas posua parâmetros claros para decidir sobre as inovações tecnológicas e sobre as normas técnicas e de gestão (o que realça a função renovada a ser desempenhada pelo poder legislativo), bem como que se atribua ao poder judiciário a possibilidade de avaliar o exame efetuado pela administração, segundo critérios que não se restrinjam à apreciação da competência, finalidade ou forma do ato praticado.

Interessante paradigma sobre essa reconfiguração, respeitadas as particularidades inerentes a cada sistema jurídico, diz respeito à União Europeia. As exigências impostas ao comércio no âmbito da União – de saúde, segurança, ambientais entre outras – são fixadas por diretivas-quadro (a serem cumpridas por

todos os Estados-membros), que estabelecem objetivos gerais e deixam a normas específicas e técnicas para organismos de normalização (FRYDMAN, 2016). A consequência se traduz na natural ruptura com a hegemonia das instâncias nacionais de deliberação legislativa (FRYDMAN, 2016, p. 59):

[...] o conjunto das cadeias institucionais de elaboração e de execução destes domínios passa do império do Direito ao domínio da padronização. As normas técnicas são, na verdade, elaboradas não mais pelas instâncias políticas tradicionais, mas no seio do CEN, da ISSO, ou dos organismos especializados. [...] A execução destas normas e das exigências essenciais às quais elas estão em conformidade é em seguida assegurada segundo um dispositivo do *label* e da certificação. O fabricante ou o importador que deseja comercializar no seio da União um produto submetido às diretrizes da “nova abordagem” está, na verdade, obrigado a apor a marca “CE”, que nos é familiar, pelo qual ele próprio atesta que o produto em questão respeita as exigências essenciais ou o que se torna o mesmo, as prescrições técnicas correspondentes.

A regulação do mercado, portanto, pode ser efetuada pelo próprio mercado, competindo ao estado que dela se aproprie em um sentido propositivo: para que, a partir da internormatividade, valorizando os critérios que o próprio mercado estabeleceu, passe a criar marcos regulatórios que aprofundem o critério concorrencial e, portanto, interessem novamente ao mercado. Nisso reside o novo papel a ser desempenhado pelas agências reguladoras, que passariam da condição de controladoras da atuação estatal ou privada, para o papel de indutoras da atuação social, dando guarida a um direito administrativo responsivo. Essa indução deve incentivar as inovações tecnológicas e, ao mesmo tempo, incitar no mercado a responsabilidade em face do risco, em uma ética que questione o progresso no tempo presente. O desafio é

tornar esse parâmetro critério de concorrência, para que o mercado responda positivamente ao anseio do estado.

O estado não deixa de lado a primazia na condução de políticas públicas; ao contrário, a retoma e assim o faz porque o risco, segundo a sociedade, somente pode ser por ele gerenciado, como voz capaz de confrontar o apelo do mercado. A própria sociedade exige o controle estatal sobre bens que reputa decisivos à sua própria identidade e sobrevivência, revelando-se o estado, na sua transformação, o centro difusor de diretivas capazes de assegurar proteção contra eventuais riscos das *novas tecnologias*, que já anunciam o pós-humano e a pós-moral, com todos os riscos inerentes a essas concepções. O estado se reinventa, como sugere Santos (2010, p. 364):

Essa descentração do Estado significa menos o enfraquecimento do Estado do que a mudança da qualidade da sua força. Se é certo que o Estado perde o controle da regulação social, ganha o controle da meta-regulação, ou seja, da seleção, coordenação, hierarquização e regulação dos agentes não estatais que, por subcontratação política, adquirem concessões de poder estatal.

As transformações impostas o estado – que parecem enfraquecer a sua legitimidade – não retiram a sua importância na configuração do espaço social. Realçam, ao contrário, a sua primazia na condução de políticas públicas eticamente comprometidas com a confrontação, no presente, do avanço desmedido do progresso, permitindo que sejam avaliados os riscos, que para sempre vão se apresentar à sociedade, na gestão das *novas tecnologias*. Nesse ponto, a confirmar a importância do estado na condução do jogo político que as *novas tecnologias* instauram, a sua posição pode se dar em uma hélice tríplice, em que a interação se estabelece entre o governo, as universidades e as indústrias (ETKOWITZ, 2009), ou em uma hélice

quádrupla, certamente mais recomendada, formada a partir da aproximação entre o governo, as universidades, as indústrias e o conjunto dos direitos humanos (ENGELMANN, 2010).

O que há de comum entre as interconexões propostas pelos dois modelos? A presença do estado como indutor de políticas públicas atinentes a novas tecnologias e responsável pela gestão do risco que elas anunciam. A figura do estado, assim, segue como peça central dentro de uma (re)afirmação ética a respeito dos limites que as novas tecnologias podem alcançar. O vetor dessa compreensão persiste no estado e, nele, dada a dinâmica da globalização e as exigências instantâneas da pós-modernidade, ao que se alia a resposta defasada da subsunção fixada pela norma legislada e a letargia do direito limitado à atuação exclusiva dos tribunais, o papel das agências reguladoras adquire destaque, impondo-se que seja aprofundado e ampliado, a partir de critérios objetivos fixados em uma esfera pública de debates.

Reinventar-se constitui o caminho indispensável para que o estado possa fazer frente aos riscos das novas tecnologias. Para isso assumem as agências reguladoras importância destacada, o que igualmente exige sua reconfiguração e atualização, inclusive para atualizar os limites de ação do direito administrativo. Através delas o enfrentamento dos riscos das novas tecnologias pode deixar de se dar apenas curativamente (limite exercitado pelo poder judiciário), e passar a ser construído preventivamente (perspectiva possível a partir da internormatividade a ser compreendida pelo direito com a mesma força da clássica ideia, hoje insuficiente, da juridicização).

Ainda que a reinvenção das funções estatais encontre campo fértil na ampliação e reestruturação dos papéis desempenhados pelas agências reguladoras, elas não constituem a única e definitiva alteração a ser implementada na atualização das funções estatais, mas indubitavelmente representam uma

perspectiva capaz de atualizar a (re)disposição dos poderes, possibilitando a um só tempo que o direito não seja monopólio do poder judiciário, não se reduza a uma legitimação por subsunções admitidas apenas pelo poder legislativo e abra-se à internormatividade, com ela dialogando em prol de um interesse público, igualmente ampliado e eticamente comprometido diante das novas tecnologias. Como alertou Grossi (2016, p.16), o ferramental administrativo igualmente deve ampliar-se para fazer frente às exigências dos novos tempos, podendo confrontar, ao agir em nome do estado, os resultados do progresso técnico e científico. Um direito administrativo responsivo, pautado na atuação regulatória e na preponderância do papel das agências certamente se traduz como uma das perspectivas necessárias para resgatar o estado de sua crise e torná-lo efetivo gestor dos riscos admitidos pelas novas tecnologias.

CONCLUSÃO

O estado, para compreender e questionar os avanços de um progresso desmedido e, por vezes, irresponsável, precisa reinventar a sua dinâmica e refundar a sua atuação. A abertura do estado à internormatividade e à superação de um ferramental já defasado na abordagem das movimentações do mercado, da sociedade e do progresso, faz-se necessária para balizar os limites das novas tecnologias, o que ressalta a importância das agências reguladoras, que atuariam na gestão continuada dos riscos, não somente a partir de regras pretensamente exaurientes advindas do poder legislativo, mas com base na avaliação, pautada em um questionamento ético, das próprias regulações oferecidas pelo mercado.

Nesse rumo, o estado segue desempenhando importantes funções, agindo como filtro para as interferências externas. Essa atribuição deve ser maximi-

zada e aprofundada, a fim de que ele também seja um indutor de políticas públicas capazes de permitir o crescimento tecnológico aliado ao gerenciamento de riscos. O estado, porém, deve se atualizar, com a transformação de suas vertentes clássicas, para agir como o vetor capaz de instituir parâmetros normativos que dialoguem com as inovações tecnológicas.

A atuação letárgica do estado – alicerçada em um direito administrativo que limita a sua ação ao que previamente concebeu o poder legislativo ou vinculada à clássica ideia da juridicização – somente poderá dar respostas defasadas às novas tecnologias, o que inviabiliza a compreensão das vantagens de novas tecnologias e impossibilita a detecção de seus efetivos riscos. A essa realidade deve ser oposto um novo paradigma: uma atuação preocupada com a gestão dos riscos. Isso implica que ao lado da juridicização deve ser gerida pelo estado a internormatividade. Assimilando as múltiplas faces da internormatividade, o estado poderá concentrar os seus esforços na regulação administrativa e no balizamento ético das normas privadas, técnicas e de gestão, e de seus reais impactos sobre as novas tecnologias.

A fim de fazer frente à internormatividade, sem a necessidade de prévia recorrência à atuação do poder legislativo, e como modo de dar nova forma à juridicização, ampliando o campo de incidência do direito, a atuação das agências reguladoras é de decisiva importância, pois se trata de um privilegiado elo entre o estado e o mercado.

A função administrativa, para que se conceda às agências reguladoras maior campo de atuação, deve se atualizar em cinco eixos centrais: aumento da participação democrática na administração pública; atuação administrativa permeada pela internormatividade; agências reguladoras destinadas a filtrar o impacto das novas tecnologias na sociedade e a modular, a partir de critérios ético-políticos, as possibilidades da internormatividade; atuação do poder legisla-

tivo na criação de diretrizes políticas claras à atuação das agências reguladoras e a criação de instrumentos legais que permitam maior controle judicial dos atos administrativos, com a formatação de um direito administrativo responsivo, caminho viável para gerir, na pós-modernidade, o avanço das novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

- BAUMAN, Zygmunt. **Vida em fragmentos**: sobre a ética pós-moderna. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2011.
- BONNEFON, Jean-François; SHARIFF, Azim; RAHWAN, Lyad. The social dilemma of autonomous vehicles. **Science**, v. 352, 24 jun. 2016. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/352/6293/1573>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- DOS direitos humanos aos direitos pós e trans-humanistas. Entrevista com Gregor Puppincck. **Instituto Humanitas Unisinos – IHU**, São Leopoldo, 11 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/537278-dos-direitos-humanos-aos-direitos-pos-e-trans-humanistas>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- DUPAS, Gilberto. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e Riscos da Nanotecnologia. In: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (orgs.). **Uma sociedade pós-humana**: possibilidades e limites das nanotecnologias. São Leopoldo: Unisinos, 2009, p. 57-86.
- ELIAS, Norbert. **A sociedade dos indivíduos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a inovação tecnológica: a “hélice quádrupla” e os direitos humanos. In: ENGELMANN, Wilson (org.). **Seminário Nanotecnologias**: um desafio para o Século XXI. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010, CD-ROM.
- _____. As nanotecnologias e a gestão transdisciplinar da inovação. In: ENGELMANN, Wilson (org.). **As Novas Tecnologias e os Direitos Humanos**: os desafios e as possibilidades para construir uma perspectiva transdisciplinar. Pinhais: Honoris Causa, 2011, p. 297-336.

- ETKOWITZ, Henry. **Hélice Tríplice**: Universidade-Indústria-Governo: Inovação em Movimento. Porto Alegre: EDI-PUCRS, 2009.
- FILHO, José Muiños Pinheiro; CHUT, Marcos André. Estado. In: BARRETO, Vicente de Paulo (coord.). **Dicionário de filosofia do direito**. Rio de Janeiro: Renovar; São Leopoldo: Unisinos, 2009, p. 286-288.
- FLEINER-GERSTER, Thomas. **Teoria geral do estado**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- FRYDMAN, Benoit. **O fim do Estado de Direito**. Governar por *standards* e indicadores. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2016.
- GALIMBERTI, Umberto. O ser Humano na Era da Técnica. **Cadernos IHU ideias**, São Leopoldo, v. 13, n. 218, 2015.
- GRIFFIN, Andrew. Facebook's Artificial Intelligence Robots Shut Down After They Start Talking to Each Other in Their Own Language. **Independent**, 31 jul. 2017. Disponível em: <<http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/facebook-artificial-intelligence-ai-chatbot-new-language-research-openai-goo-ple-a7869706.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- GROSSI, Paolo. Per un diritto amministrativo del tempo post-moderno. **Quaderni Fiorentini**, n. 45, 2016. Disponível em: <<http://www.centropgm.unifi.it/quaderni/45/index.htm>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- HAEBERLIN, Martín. **Uma teoria do interesse público**: fundamentos do Estado Meritocrático de Direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2017.
- HARARI, Yuval Noah. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- MARDELL, Mark. The rise of the robots?. **BBC News**, 28 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/bu-siness-38317786>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- MATIAS, Eduardo Felipe Pérez. **A humanidade e suas fronteiras**: do Estado soberano à sociedade global. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- MEDAUAR, Odete. **O Direito administrativo em evolução**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2003.

- MELLO, Celso Antônio Bandeira de. **Curso de Direito Administrativo**. São Paulo: Malheiros Editores, 2006.
- MIRANDA, Pontes de. **Tratado de Direito Privado** – Parte Geral. Tomo I. Campinas: Bookseller, 1999.
- MIT – **Moral Machine**. Disponível em: <<http://moralmachine.mit.edu/>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- MORAIS, José Luiz Bolzan de. **As crises do estado e da constituição e a transformação espacial dos direitos humanos**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2002.
- NONET, Philippe; SELZNICK, Philip. **Direito e Sociedade: a transição ao sistema jurídico responsivo**. Rio de Janeiro: Revan, 2010.
- O que é a 4ª revolução industrial – e como ela deve afetar nossas vidas. **Revista IHU On-line – IHU**. São Leopoldo, 24 out. 2016. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/561491-o-que-e-a-4-revolucao-industrial-e-como-ela-deve-afetar-nossas-vidas>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- SANTOS, Boaventura de Sousa. **A gramática do tempo: para uma nova cultura política**. São Paulo: Cortez, 2010.
- SARMENTO, Daniel (org.). **Interesses Públicos versus Interesses Privados: Desconstruindo o Princípio de Supremacia do Interesse Público**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005.
- STRECK, Lênio Luiz. **Hermenêutica Jurídica e(m) crise: uma exploração hermenêutica da construção do Direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2009.
- SULLEYMAN, Aatif. Robots Learn to Work Together by Chatting in New Language They Created. **Independent**, 17 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/robots-create-new-language-to-work-together-a7636041.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- TRIBUNAL DE JUSTIÇA DA UNIÃO EUROPEIA. **Processo C-131/12**, 13 maio 2014. Disponível em: <<http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=152065&pageIndex=0&doclang=IT&mode=req&dir=&occ=first&part=1&cid=343461>>. Acesso em: 10 set. 2017.

- VILAÇA, Murilo Mariano; DIAS, Maria Clara Marques. Transumanismo e o futuro (pós-)humano. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 341-362, 2014.
- VIOLIN, Tarso Cabral. **Terceiro setor e as parcerias com a administração pública – uma análise crítica**. Belo Horizonte: Fórum, 2015.
- ZARATTINI, Carlos. **Projeto de Lei da Câmara nº 28, de 2017**. Altera a Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, para regulamentar o transporte remunerado privado individual de passageiros. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/128659>>. Acesso em: 10 set. 2017.



CASA LEIRIA
Rua do Parque, 470
São Leopoldo-RS Brasil
Telefone: (51)3589-5151
casaleiria@casaleiria.com.br

O Prof. Dr. **Wilson Engelmann** é Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da UNISINOS, Professor e Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Direito - Mestrado e Doutorado - da UNISINOS, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e Líder do Grupo de Pesquisa JUS-NANO.

A Dra. **Haide Maria Hupfer** é professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e do Curso de Graduação em Direito da Universidade FEEVALE. Realiza seu estágio pós-doutoral sob a supervisão do Prof. Dr. Wilson Engelmann da UNISINOS.

As nanotecnologias emergem como o novo paradigma tecnoeconômico que se instalou em diferentes setores e domínios tecnológicos. Por outro lado, a ciência não tem respostas seguras sobre os riscos da exposição humana e ambiental que acompanham os produtos e aplicações com nanopartículas. A incerteza científica que paira sobre as nanotecnologias passa a exigir dos Estados um olhar cuidadoso e precaucional. É neste sentido que a presente obra contextualiza as iniciativas de regulamentação de organizações internacionais privadas e realiza reflexões sobre a necessidade de uma governança global antecipatória, transdisciplinar, fundamentada na gestão de riscos, no cuidado como elemento estruturante, na participação ativa dos sistemas jurídico, político, econômico e social, na investigação responsável e no diálogo com os principais atores para a construção de marcos regulatórios para as nanotecnologias.

