

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO
MESTRADO EM DIREITO**

ESTER DE CARVALHO

**A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA E SEUS RISCOS
(DES)CONHECIDOS: PONDERAÇÕES PARA A ADEQUAÇÃO
DO DIREITO AOS DESAFIOS LANÇADOS PELA
SOCIEDADE DE RISCO**

**Florianópolis/SC
2019**

ESTER DE CARVALHO

**A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA E SEUS RISCOS
(DES)CONHECIDOS: PONDERAÇÕES PARA A ADEQUAÇÃO
DO DIREITO AOS DESAFIOS LANÇADOS PELA
SOCIEDADE DE RISCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Direito do Centro de Ciências Jurídicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carolina Medeiros Bahia

Florianópolis/SC
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carvalho, Ester de

A revolução nanotecnológica e seus riscos
(des)conhecidos : ponderações para a adequação do
Direito aos desafios lançados pela Sociedade de
Risco / Ester de Carvalho ; orientadora, Carolina
Medeiros Bahia, 2019.

229 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Jurídicas,
Programa de Pós-Graduação em Direito, Florianópolis,
2019.

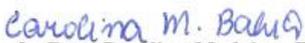
Inclui referências.

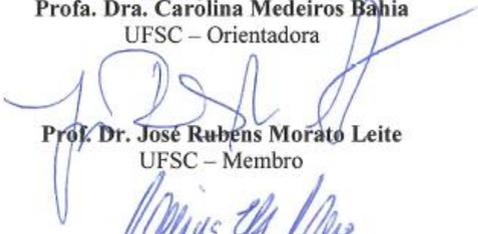
1. Direito. 2. Direito. 3. Revolução
nanotecnológica. 4. Incerteza. 5. Sociedade de
Risco. I. Bahia, Carolina Medeiros. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Direito. III. Título.

**A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA E SEUS RISCOS
(DES)CONHECIDOS: PONDERAÇÕES PARA A
ADEQUAÇÃO DO DIREITO AOS DESAFIOS LANÇADOS
PELA SOCIEDADE DE RISCO**

ESTER DE CARVALHO

Esta Dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pelos demais membros da Banca Examinadora, composta pelos seguintes membros:


Profa. Dra. Carolina Medeiros Bahia
UFSC – Orientadora


Prof. Dr. José Rubens Morato Leite
UFSC – Membro


Profa. Dra. Melissa Ely Melo
UNIVALI – Membro


Profa. Arno Dal Ri Júnior, Ph.D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Direito

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2019.

Prof. Arno Dal Ri Jr., Ph.D.
Coordenador
Programa de Pós-Graduação em Direito
Port. nº 755/GR/2017

À Nayr,
minha ascendência,
exemplo inesgotável de força,
perseverança e amor.

À Karoliny,
minha descendência,
exemplo inesgotável de admiração,
equilíbrio e motivação.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho é a realização de um desejo há muito almejado.

Nestes dois anos intensos de pesquisa, leitura e estudo direcionado, tive a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas fantásticas, de reforçar laços de amizade e de entender que sem o amor e carinho da minha família nada disso valeria à pena. Por isso agradeço:

A minha mãe Nayr, por ter me ensinado a ler, escrever e crer na validade da educação como caminho de vida.

A minha filha Karoliny, luz que Deus colocou em meu caminho para me impulsionar a seguir em frente, sempre.

A Professora Carolina Medeiros Bahia, por acreditar na minha proposta de pesquisa, pelos ensinamentos e atenção dispensada.

Ao Professor José Rubens Morato Leite e a Professora Melissa Ely Melo que, de pronto, atenderam, tão gentilmente, o convite de participar da banca de defesa desta Dissertação.

A minha querida amiga e companheira de todas as horas, Isabelle Bruna Barieri. Sem seu incentivo, o desejo de me tornar mestre jamais teria se tornado realidade!

A minha querida amiga e companheira de aulas, artigos, viagens, reflexões, Suelen Cristina Benincá. Sem sua incansável parceria, a caminhada intensa vivenciada nos dois últimos anos não teria este brilho tão especial!

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Direito Ambiental na Sociedade de Risco - GPDA, pelas trocas infinitas, pelas reuniões especiais, pelos aprendizados.

A todos os Professores e funcionários da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Direito desta Universidade.

A Universidade Federal de Santa Catarina pelo privilégio em poder fazer parte desta estória.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro, essencial para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender a compreender as motivações do homem, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar exato em relação aos seus próximos e à comunidade.

(Albert Einstein)

RESUMO

O objetivo geral da presente Dissertação é analisar, através de uma análise reflexiva dos enfrentamentos lançados pela Sociedade de Risco, o alcance tecnocientífico da nanotecnologia e sua influência no Direito. A partir da análise da Teoria da Sociedade de Risco encampada por Ulrich Beck, buscou-se resgatar os principais parâmetros de uma das mais promissoras áreas do conhecimento tecnológico, que promete romper com os modos tradicionais de fazer Ciência e (re)pensar o Direito. Neste campo, previsões precisas sobre fenômenos futuros tendem a não ser alcançadas pois a abstração, invisibilidade e imprevisibilidade dos riscos nanotecnológicos conduzem à incertezas quanto aos efeitos de seus resultados. A seu turno, a quebra de paradigma impulsionada pela Ciência, ao resolver trabalhar com probabilidades e não com certezas, exigiu do Direito uma postura de realinhamento quanto aos riscos produzidos pela própria Ciência, fazendo com que sua principal função – de decidir, gerar e manter certezas em meio a situações de incerteza – fosse (re)interpretada. Visando responder a pergunta problema: “os enfrentamentos impostos pela revolução nanotecnológica são capazes de influenciar o Direito como razão de decidir?”, utilizou-se o método de abordagem indutivo, com método de procedimento monográfico e utilização de técnicas de pesquisa bibliográfica, mediante análise doutrinária e documental. Os objetivos específicos, correspondentes a cada um dos capítulos desenvolvidos foram, respectivamente: a) estudar os poderes da investigação científica relativos ao impacto da revolução nanotecnológica na modernidade, tendo como parâmetro os preceitos contidos na Teoria da Sociedade de Risco; b) analisar a atuação nanotecnológica atual, a fim de melhor compreender seus liames, características e riscos sobre a saúde humana e o meio ambiente; c) verificar os possíveis liames éticos e jurídicos frente as perspectivas lançadas pela tecnologia nano, tendo em vista as possíveis limitações do Direito em regular esta matéria. A hipótese levantada foi confirmada, entendendo-se que, à luz da Teoria da Sociedade de Risco, o Direito é capaz de aproximar-se, mais efetivamente, de um sistema de regulamentação dos riscos e incertezas nanotecnológicas, desde que se abra para uma análise Ética voltada ao futuro, fortalecida pela aplicação do Princípio da Responsabilidade, do Princípio da Precaução em prol de uma (re)construção jurídica de proteção da natureza nanotecnológica.

Palavras-chave: Direito. Sociedade de Risco. Tecnociência. Incerteza. Revolução Nanotecnológica.

ABSTRACT

The general objective of this dissertation is to analyze, through a reflexive analysis of the confrontations launched by the Risk Society, the technoscientific scope of nanotechnology and its influence in Law. From the analysis of the Theory of the Society of Risk encroached by Ulrich Beck, it was sought to rescue the main parameters of one of the most promising areas of technological knowledge, which promises to break with the traditional ways of doing Science and (re) thinking the Law. In this field, precise predictions about future phenomena tend not to be achieved because the abstraction, invisibility, and unpredictability of nanotechnology risks lead to uncertainties as to the effects of their results. In turn, the paradigm-driven breakdown of science, by working with probabilities rather than certainties, demanded from Law a realignment posture regarding the risks produced by Science itself, making its main function - to decide, generate and maintain certainties in situations of uncertainty - were (re) interpreted. Aiming to answer the question: "the confrontations imposed by the nanotechnological revolution are able to influence the Law as a reason to decide?", The method of inductive approach was used, using method of monographic procedure and use of bibliographic research techniques, through analysis doctrinal and documentary. The specific objectives for each of the developed chapters were: a) to study the powers of scientific research concerning the impact of the nanotechnological revolution on modernity, based on the precepts contained in the Theory of Risk Society; b) analyze the current nanotechnological performance in order to better understand its links, characteristics and risks on human health and the environment; c) verify possible ethical and legal issues regarding the perspectives of nanotechnology, considering the possible limitations of the law to regulate this matter. The hypothesis raised was confirmed, it being understood that, in the light of the Risk Society Theory, Law is able to come closer, more effectively, to a system of regulation of nanotechnological risks and uncertainties, provided that it opens for an analysis Future-oriented ethics, strengthened by the application of the Principle of Responsibility, of the Precautionary Principle in favor of a (re) legal construction of nanotechnological nature protection.

Keywords: Right. Society of Risk. Technoscience. Uncertainty. Nanotechnology Revolution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Régua ilustrativa com as unidades de medida – ordem de grandezas: múltiplos e submúltiplos do metro – Sistema Internacional de Unidades de Comprimento	90
Figura 2 – Dimensões nanométricas	92
Figura 3 – Pioneiros no desenvolvimento da nanotecnologia	94
Figura 4 – Áreas de aplicação da nanotecnologia	96
Figura 5 – Mandala nanotecnológica	98
Figura 6 – Produção de materiais nanoengenheirados – técnica <i>top-down</i>	104
Figura 7 – Produção de materiais nanoengenheirados – técnica <i>top-up</i>	105
Figura 8 – Principais fontes, rotas de exposição e processos de integração de nanomateriais nanofaturados e seus efeitos sobre o meio ambiente	106
Figura 9 – Mercado global de nanotecnologia e sua evolução recente de acordo com o tipo de tecnologia e o crescimento esperado	111
Figura 10 – Nocividade da dispersão de nanopartículas no interior das células do organismo humano	118
Figura 11 – Rotas confirmadas e rotas potenciais em nanotoxicologia	121
Figura 12 – Elementos-chave na análise de risco dos nanomateriais, sua conexão com a nanotoxicologia e interação com a saúde pública	123
Figura 13 – Cenário das nanotecnologias em relação à segurança e saúde do trabalhador.....	125
Figura 14 – Fluxograma conceitual acerca da dispersão/efeitos de nanomateriais no meio ambiente.....	127
Figura 15 – Principais fontes, rotas de exposição e processos de integração das nanopartículas com o meio ambiente e em organismos vivos	129
Figura 16 – Características da Revolução Industrial em suas quatro fases evolutivas	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Visão interdisciplinar dos riscos	29
Tabela 2 – Marcos diferenciais entre a Cientificização Simples e a Cientificização Reflexiva de acordo com Ulrich Beck	61
Tabela 3 – Ciência clássica e Ciência da complexidade – comparações entre os paradigmas fundantes	71
Tabela 4 - Aplicações, riscos e benefícios da nanotecnologia	113
Tabela 5 – Relação entre a categoria de tratamento de resíduos vs explicação da técnica com os resultados em nanomateriais	132

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
CAPÍTULO I	27
1 A MODERNIDADE E A DETERMINANTE DO RISCO COMO FATOR HISTÓRICO-ESTRUTURAL – considerações iniciais	27
1.1 A TEORIA DA SOCIEDADE DE RISCO	31
1.1.1 A percepção da Teoria da Sociedade de Risco a partir de seus conceitos-chave: relações de definição de risco, irresponsabilidade organizada e explosividade social do perigo	38
1.1.2 Por uma necessária diferenciação entre risco e perigo	43
1.2 DA MODERNIDADE SIMPLES À MODERNIDADE REFLEXIVA: aspectos científico-evolutivos	48
1.2.1 Os “novos riscos” e seu efeito globalizante	52
1.3 DA CIENTIFICIZAÇÃO SIMPLES À CIENTIFICIZAÇÃO REFLEXIVA: o retorno da incerteza e o valor intrínseco da probabilidade no âmbito do Direito.....	57
1.3.1 A (in)certeza científica: um mundo novo para um direito velho	73
CAPÍTULO II	81
2 A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA: um novo paradigma técnico-científico?	81
2.1. NANOTECNOLOGIA: aportes necessários para sua compreensão.....	87
2.1.1. O conhecimento nanotecnológico: aspectos técnicos.....	89
2.1.2. A importância e as diferenças entre nanopartículas naturais, incidentais e engenheiradas	100
2.1.2.1 Principais tipos de materiais nanoengenheirados	107
2.3. A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA E SUA ABRANGÊNCIA NA ATUALIDADE	110
2.3.1. Riscos nanotecnológicos e seus impactos na saúde humana.....	115
2.3.2. Riscos nanotecnológicos e seus impactos no meio ambiente....	127
CAPÍTULO III	135
3 REFLEXÕES TRAZIDAS PELA REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA AO DIREITO	135
3.1 O PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE COMO INSTRUMENTO ÉTICO MODERADOR DOS INTERESSES EM SITUAÇÕES DE (IN)CERTeza NANOTECNOLÓGICA	139
3.1.1 Heurística do Temor: proteção frente ao (des)conhecido.....	143
3.2 A NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA INTERPRETAÇÃO JURÍDICA DA NOVA COMPREENSÃO DA	

NATUREZA: a importância do Princípio da Precaução como fonte de controle dos riscos.....	147
3.3 ENTRE O DIREITO E A CIÊNCIA: quem decide?.....	155
3.4 A ERA NANOTECNOLÓGICA E O DIREITO – alguns enfrentamentos.....	164
3.4.1 Ponderações acerca das matrizes próprias de avaliação e decisão do Direito em cenários nanotecnológicos.....	169
3.4.2 O fortalecimento da subpolítica como caminho de participação democrática na tomada de decisões em (nano)tecnologia.....	174
3.4.3 Estado de Direito Ecológico: breves reflexões acerca de um novo caminho para proteção da natureza nanotecnológica.....	179
3.5 O FUTURO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO: rumo a uma (pós)modernidade?.....	184
CONCLUSÃO	193
REFERÊNCIAS	199

INTRODUÇÃO

Lançados numa torrente de novos desafios nanotecnologia apresenta-se como uma das mais surpreendentes áreas científicas neste novo século. Cheia de promessas, chama atenção a forma veloz com que dissemina seu campo de atuação, criando uma infinidade de recursos, combinações e materiais, que abrem um campo onde as escalas utilizadas e o seu potencial de transformação são únicos e sem precedentes da história. O que se considerava objeto dos cenários de ficção científica ou algo impossível de exploração humana – aqui incluindo a manipulação em nível nanoescalar –, deixa a seara utópica e começa a fazer parte de nosso dia a dia, convidando-nos a adentrar em um universo cheio de surpresas, benefícios, mas também, de inúmeros questionamentos, riscos e incertezas. A revolução nanotecnológica contida neste contexto, coloca-nos diante de uma nova era do conhecimento, na qual, as (in)certezas científicas devem ser, na medida do possível, amplamente debatidas e questionadas.

Fruto da convergência de diversas áreas do conhecimento, a nanotecnologia desponta como a propulsora de uma grande mudança ontológica, comportamental e ambiental. De início, parte-se de uma vertiginosa mudança de escalas, caminhando-se da tecnologia de macroescala (da qual menos dependentes seremos) para a tecnologia da nano escala (da qual mais dependentes seremos), ou seja, caminha-se rumo a uma significativa inversão de valores e escalas nunca antes imaginada.

Somos convidados a (re)pensar o futuro da Natureza (entendendo-a como a integração simbiótica entre o ser humano e o meio ambiente) frente o ascendente desenvolvimento tecnocientífico nanotecnológico e os riscos (invisíveis) nele contidos. A impossibilidade de previsão quanto às consequências das suas aplicações introduzidas no cotidiano pós-industrial, quando mensurados a médio e longo prazo, são questões que desafiam a própria técnica científica e, principalmente, a atual dogmática do Direito, em especial, a do Direito Ambiental.

Neste contexto, a presente Dissertação tem como objetivo geral, através de uma linha reflexiva acerca dos desafios lançados pela Sociedade de Risco, analisar a revolução nanotecnológica (o que ela representa, seus benefícios, riscos e problemas), e sua influência no papel desenvolvido pelo Direito face a esta nova realidade.

Para tanto, o problema desta pesquisa parte do seguinte questionamento: os enfrentamentos impostos pela revolução nanotecnológica são capazes de influenciar o Direito como razão de

decidir? A hipótese a ser verificada gira em torno da ponderação acerca da capacidade do Direito em regulamentar uma área do conhecimento que apresenta nos riscos e incertezas produzidas, sua principal característica. Por isso, a necessidade em auferir se, à luz da Teoria da Sociedade de Risco, o Direito está apto a enfrentar este desafio.

Também foram traçados os seguintes objetivos específicos: a) estudar os poderes da investigação científica relativos ao impacto da revolução nanotecnológica na modernidade, tendo como parâmetro os preceitos contidos na Teoria da Sociedade de Risco; b) analisar a atuação nanotecnológica atual, a fim de melhor compreender seus liames, características e riscos sobre a saúde humana e o meio ambiente; c) verificar os possíveis liames éticos e jurídicos frente as perspectivas lançadas pela tecnologia nano, tendo em vista as possíveis limitações do Direito em regular esta matéria.

O tema justifica-se pelo fato de que o surgimento e a rápida propagação das técnicas nanotecnológicas expuseram o fio mais frágil do Direito ante a expansão das incertezas nas sociedades contemporâneas. Esta exposição trouxe a necessidade da reformulação dos parâmetros próprios de decisão e criação de novas perspectivas acerca da natureza invisível, tendo em vista que as atuais parecem não estar sendo suficientes diante desta nova empreitada, principalmente diante do próprio viés científico atual, que ao reconhecer sua fragilidade na criação de certezas passou a trabalhar com probabilidades.

Como teoria de base, seguiu-se a Teoria da Sociedade de Risco, segundo as construções doutrinárias de Ulrich Beck, como ponto de partida primordial da análise dos riscos que caracterizam esta nova fase de construção social e as dificuldades decorrentes da falência dos sistemas de controle e suas normas de definição em face das ameaças produzidas pela radicalização do processo de industrialização.

Em relação à metodologia, adotou-se o método de abordagem indutivo, com método de procedimento monográfico, empregando-se técnicas de pesquisa bibliográfica e documental, com coleta de doutrina e análise jurisprudencial. Destaca-se que a interdisciplinaridade se faz presente neste estudo como opção necessária de abordagem temática, tendo em vista as especificidades que a nanotecnologia requer e a impossibilidade de estudar a temática ambiental sem o enfrentamento de outras teorias e conceitos advindos, por exemplo, da Sociologia, da Filosofia, da Física, da Química e da Biologia.

Para alcançar os objetivos expostos, esta Dissertação foi estruturada em três capítulos.

O primeiro deles busca apresentar a Teoria da Sociedade de Risco, trazendo considerações iniciais acerca da modernidade e a determinante do riscos como fator histórico-cultural, a fim de introduzir a noção de risco e sua correlação com os conceitos-chave de definição de risco, irresponsabilidade organizada e explosividade social do perigo. Na mesma linha de intelecção, pretende-se aprofundar a análise dos aspectos científico-evolutivos marcados pela modernidade simples e pela modernidade reflexiva, como também, pela cientificização simples e pela cientifização reflexiva, esta últimas tendo como fio condutor o retorno da incerteza e o valor intrínseco da probabilidade científica no âmbito do Direito.

O segundo capítulo busca investigar os liames da revolução nanotecnológica a partir da apresentação do conceito de nanotecnologia, suas características, aspectos técnicos e classificações, desenvolvendo-se os aspectos relativos a sua abrangência prática na atualidade, em especial, a partir da análise dos riscos nanotecnológicos e seus impactos na saúde humana e no meio ambiente.

O terceiro e último capítulo, busca integrar os enfrentamentos realizados nos capítulos anteriores a fim de compor uma análise da revolução nanotecnológica e seu alcance no Direito. Partindo-se, inicialmente, de uma abordagem ética do Princípio da Responsabilidade proposto por Hans Jonas, segue-se para o enfrentamento das questões da nanotecnologia e sua influência na interpretação jurídica da nova compreensão da Natureza a partir do reconhecimento do Princípio da Precaução como instrumento principal de controle de riscos. Diante da dúvida existente entre quem decide: se o Direito ou a Ciência, propõe-se a verificação das matrizes próprias de avaliação e decisão do Direito em cenários nanotecnológicos, ao lado do fortalecimento de princípios éticos e jurídicos, da consideração da subpolítica como novo instrumento democrático colaborador, e da construção de um novo caminho para proteção da natureza nanotecnológica frente a necessidade de consagração do Estado de Direito Ecológico.

Diante do exposto, pretende-se com este estudo, abordar os reflexos da revolução nanotecnológica apresentando questões relevantes do ponto de vista ambiental e jurídico, analisando aspectos específicos de uma temática interdisciplinar deveras importante à sociedade contemporânea, decorrente de novos conceitos, implicações, limitações e riscos, frente a utilização desta nova escala de “ver” e entender a natureza invisível chamada de nanotecnologia.

CAPÍTULO I

1 A MODERNIDADE E A DETERMINANTE DO RISCO COMO FATOR HISTÓRICO-ESTRUTURAL – considerações iniciais

“Vivemos em uma sociedade dependente da ciência e da tecnologia, em que quase ninguém sabe algo sobre ciência e tecnologia.”

Carl Sagan

As várias acepções de risco contidas na história da evolução humana conduzem, face a Teoria Social (pós)moderna e os novos arranjos de proteção (social, jurídica e política) da Natureza, a um lugar de acurada atenção quanto ao salto qualitativo e quantitativo dos mesmos, principalmente, quando inseridos em contextos tecnológicos.

A sociedade evoluiu e, com ela, a Modernidade¹ sustentou suas bases na massificação dos processos de industrialização (operados, inicialmente, com o advento da Revolução Francesa e a separação entre poder e religião), no desenvolvimento da tecnologia² e dos avanços técnico-científicos, rompendo com todas as ideias até então concebidas acerca dos riscos.³ A emergência contida na Modernidade (cujo início ocorreu no século XVII) fez com que o significado e as causas do risco sofressem mudanças, passando pelas interferências do destino, do divino, da origem natural (epidemias, tempestades, por exemplo), de algo que encontra-se aquém das mãos humanas⁴, para algo que converge unicamente de sua criação (no caso da nanotecnologia, por exemplo).

De acordo com Antony Giddens, há uma relação indissociável entre as noções de fatalidade e destino nas culturas não-modernas. A maneira de conceber as coisas e os seres estava intrinsecamente relacionada com eventos cósmicos e individuais. Ignorada na Idade Média, a noção de “risco” aparece ligada à ideia de previsibilidade

¹ Compreendida como o “[...] estilo, costume de vida ou organização social que emergiram na Europa a partir do século XVII e que posteriormente se tornaram mais ou menos mundiais em sua influência. [...]”. GIDDENS, Antony. **As conseqüências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 1991. p. 8.

² CARVALHO, Carlos Gomes de. **O que é Direito Ambiental**. Florianópolis: Habitus, 2003. p. 67.

³ GIDDENS, Antony. **Modernidade e Identidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002. p. 39.

⁴ LUPTON, Deborah. **Risk**. Oxon: Routledge, 1999. p. 5.

voltada ao futuro – daquilo que pode, ou não, ocorrer; na Antiguidade, as preocupações centravam-se na tentativa de regulação e domesticação da natureza, já que a fatalidade era decorrente de eventos puramente naturais ou provocados exclusivamente pela ação humana (no caso das guerras, por exemplo).⁵

O aperfeiçoamento do risco é facilmente percebido a partir do processo de racionalização do mundo (primado da razão), como método (cartesiano) amplamente aceito, capaz de justificar validamente, através de leis imutáveis, cálculos cada vez mais aprimorados da busca do “bem viver”. Nas sociedades modernas, a fatalidade apresenta relação direta com eventos futuros e seu controle; é neste contexto, que a problematização do futuro propicia a abertura da possibilidade do cálculo do risco e suas implicações.

Às custas da exploração intensa da natureza (que ainda ocorre), percebeu-se progresso, mas, como em uma via de mão dupla, também retrocessos. Ao longo do século XVIII, o risco adquiriu *status* científico e ganhou uma projeção única de segurança capaz de garantir a eliminação das incertezas (ou minimizando-as em grau máximo), o domínio dos fenômenos naturais, fornecendo às ciências empíricas (como a física, a química e a matemática) um papel entusiasta na prevenção e previsão das ameaças. Contudo, com o passar de três séculos, a análise do risco vem sendo marcada pela falibilidade da Ciência⁶ e por uma sociedade que perdeu a confiança e a crença no progresso como fonte de sua evolução necessária.⁷

⁵ GIDDENS, Antony. **Modernidade e Identidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002. p. 17-21.

⁶ Dentre os inúmeros conceitos existentes, adotou-se, para fins desta pesquisa, a compreensão de que: “[...] ciência é um complexo de enunciados verdadeiros, rigorosamente fundados e demonstrados, com um sentido limitado, dirigido a um determinado objeto.”. BUZZI, Arcângelo R. **Introdução ao Pensar**. Rio de Janeiro: Vozes, 1992. p. 102.

⁷ COUTINHO, Paulo. **A técnica e os riscos da modernidade**. Ambiente & Sociedade [on line]. Campinas, n. 6-7, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/n6-7/20434.pdf> Acesso em: 09/07/2017.

A consolidação da análise do risco como uma vertente complexa e transdisciplinar⁸ considerável se deu em 1950, com as pesquisas efetuadas no campo da energia atômica nuclear e seus riscos associados.⁹

A “promessa de sucesso” no que diz respeito à produção de energia limpa e autossuficiente fez com que a comunidade científica apresentasse ao mundo algo cujo poder de destruição é capaz de extinguir, em um simples comando ou mediante uma simples falha, a vida no planeta. A par disso, desde o ano de 1960, verificou-se um crescimento na abordagem transdisciplinar do risco visando três subcampos específicos: o cálculo dos riscos¹⁰, a percepção dos riscos e a gestão dos riscos.¹¹

Tabela 1- Visão interdisciplinar dos riscos

Disciplina	Como o risco é visto	Conhecimento aplicado ao desconhecido
Lógica e Matemática	Risco como um fenômeno calculável	Cálculos
Ciência e Medicina*	Risco como uma realidade objetiva	Princípios, postulados e cálculos
Ciências Sociais		
Antropologia	Risco como um fenômeno cultural	Cultura
Sociologia	Risco como um fenômeno social	Construção social

⁸ Para além da compartimentalização do saber em disciplinas, a transdisciplinaridade tem como objetivo integrar conhecimentos. Partindo de um novo olhar acerca do ser diante do saber, busca o melhor entendimento da realidade e uma melhor eficácia nas transformações sociais; compreende, também, o conjunto decodificado das informações a respeito da natureza humana e sua repercussão diante das complexas relações desencadeadas. HOHENDORFF, Raquel von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. *In*: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 35-36.

⁹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 7-8.

¹⁰ VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinet de. O Risco, os riscos. *In*: VEYRET, Yvette (org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. p. 30-38.

¹¹ VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinet de. O Risco, os riscos. *In*: VEYRET, Yvette (org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. p. 47-54.

Economia	Risco como um fenômeno de decisão, um significado de segurança à riqueza ou de combate à perda	Princípios e postulados de ação-decisão
Direito	Risco como uma falta de conduta e um fenômeno julgável	Regras
Psicologia	Risco como um fenômeno comportamental e cognitivo	Cognição
Linguística	Risco como um conceito	Terminologia e semântica
História e Humanidades		
História	Risco como uma história	Narrativa
Artes (literatura, música, poesia, teatro, arte, etc.)	Risco como um fenômeno emocional	Emoção
Religião	Risco como um ato de fé	Revelação
Filosofia	Risco como um fenômeno de problemática	Sabedoria

* As ciências físicas, biológicas, naturais e tecnológicas estão todas incluídas nesta seção científica em um conglomerado de pesquisas científicas sobre o risco. Medicina e suas disciplinas afiliadas também são tratadas nesta seção no que, juntamente com as ciências, elas proporcionam uma pesquisa unificada do risco como um objetivo da realidade. As toxicologia e epidemiologia são especialmente trabalhadas com a análise de risco no campo da medicina.

Fonte: ALTHAUS, Catherine E. A Disciplinary Perspective on the Epistemological Status of Risk. **Risk Analysis**, vol. 25, n. 3, jul. 2005. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f07c/89438c8c07e82e7a3e18c3fdf3219b983a9d.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2017. p. 569. [tradução nossa].

Cientistas sociais como Mary Douglas (abordagem cultural)¹², Niklas Luhman (abordagem sistêmica)¹³, Anthony Giddens (abordagem

¹² O risco é indissociável da abordagem cultural, na medida em que a sociedade acaba por definir os valores individuais e a percepção dos riscos em se está exposto. GUIVANT, Julia Silvia. A Trajetória das Análises de Risco: Da Periferia ao Centro da Teoria Social. In: **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciência Social – BIB**, Rio de Janeiro: ANPOCS, n. 46, 1998. p. 23.

¹³ Propõe um sistema social autopoietico que se transforma através de seus próprios elementos. Em uma sociedade hipercomplexa ou policontextual, a comunicação assume um protagonismo essencial nos sistemas sociais, reduzindo a complexidade quando, dentro das regras inerentes, buscam selecionam as

social fenomenológica)¹⁴ e Ulrich Beck (abordagem social autocrítica)¹⁵, tratam o surgimento do risco e seu alcance como um paradigma a ser considerado frente o crescente papel dos processos produtivos na sociedade, os quais atingem, ainda que por via transversa, considerações ecológicas de subsistência da espécie humana e da própria Natureza¹⁶ – vive-se em um contínuo processo de expropriação dos alimentos, da água, do ar e solo atmosférico, além da exposição a processos físico-químicos atômicos que tendem a uma crescente fragilização dos processos ecológicos.

Em matéria ambiental é nítida a influência global dos riscos e sua irreversibilidade. Produz-se muito, altera-se tudo e coloca-se todos em situação de vulnerabilidade – inserindo aqui, inclusive, os produtores do risco e as futuras gerações. Foi-se o tempo em que cientistas ou desenvolvedores de inovações eximiam-se das consequências do modelo científico explorado. Hoje, a escala micro (neste estudo, em especial, a escala nano) é alvo de grande exploração, contudo, seus efeitos modificadores tem o poder de atingir uma gama cada vez maior de pessoas, de ambientes e de ecossistemas. Este cenário demonstra o insucesso da modernidade quanto ao cumprimento de suas promessas, tornando o risco o fio condutor contemporâneo das (in)certezas e do modelo potencialmente destruidor assumido. A par destas considerações iniciais, este capítulo objetiva apresentar e aprofundar o conceito de risco e seu processo social de construção, tendo como marco teórico-investigativo a Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck.

1.1 A TEORIA DA SOCIEDADE DE RISCO

A abordagem trazida, em especial, por Anthony Giddens¹⁷ e Ulrich Beck na discussão sobre os riscos inaugurou uma nova visão na teoria

informações. ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. In: **Revista Sequência: estudos jurídicos e políticos**, n. 53. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2006. p. 19-25.

¹⁴ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

¹⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 268.

¹⁶ MARQUES, José Roberto. **Lições preliminares de direito ambiental**. São Paulo: Editora Verbatim, 2010. p. 17-20.

¹⁷ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

social, atingindo, em grande medida, a reflexão ambiental. Ambos apresentam o conceito de risco, sobretudo aquele oriundo do desenvolvimento industrial (tido como manufaturado), como conceito principal e necessário para bem compreender a sociedade moderna, conformando-o como elemento estruturante desta teoria. É neste sentido que o conceito de “Sociedade de Risco” é cunhado por Ulrich Beck¹⁸, em substituição ao (não suficiente) conceito de “Sociedade Industrial” e “Sociedade de Classes”.¹⁹

Para esses sociólogos, os riscos ambientais e tecnológicos enfrentados pelas sociedades altamente industrializadas são constitutivos de tais sociedades. As transformações processadas pela sociedade industrial resultaram da autonomização das forças desta sociedade, sem o intercâmbio de aspectos intencionais e políticos. Entretanto, o progresso científico e tecnológico experimentado passou a ser fonte de autodestruição²⁰ frente a produção de novos riscos de caráter global, difíceis de serem mensurados, inclusive, pela própria Ciência.²¹

A Teoria da Sociedade de Risco proposta por Ulrich Beck visa a interpretação da interconexão entre o extermínio do ambiente natural (sem que haja lugar onde a interferência humana não tenha chegado) e o esgotamento das vias tradicionais de segurança (decisões sobre riscos demandam posturas que ainda estão em construção). A redefinição dos campos da Ciência e da Política ocorre frente ao grande laboratório

¹⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

¹⁹ No magistério de Ulrich Beck, Sociedades de Classe “[...] são sociedades nas quais, para além das trincheiras de classe, a disputa gira em torno da conspícua satisfação das necessidades materiais. Contrapõe-se fome e fartura, poder e impotência. [...] As certezas das sociedades de classe são, nesse sentido, as certezas da cultura da *visibilidade*: a fome esquelética contrasta com a robusta saciedade, os palácios, com as choças, o fausto, com as migalhas.”. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 54.

²⁰ CARVALHO, Délton Winter de. Sustentabilidade Democrática e Estado de Juridicidade Ambiental. In: GONÇALVES, Cláudia Maria da Costa; JESUS, Allisson Cardoso de; COSTA, Yuri (org.). **Biodiversidade, Democracia e Direitos Humanos**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016. p. 72.

²¹ GUIVANT, Julia Silvia. A Trajetória das Análises de Risco: Da Periferia ao Centro da Teoria Social. In: **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciência Social – BIB**, Rio de Janeiro: ANPOCS, n. 46, 1998. p. 17-23.

(aberto e sem controle) que a sociedade se tornou²², fazendo com que espaços privados de criatividade e responsabilidade científicas passem a ser debatidos pela subpolítica²³, recategorizando espaços de individualização do público, do político e do privado.²⁴

Os perigos característicos das sociedades pré-industriais originavam-se exclusivamente da natureza (seca, tempestades, inundações, etc.) e eram percebidos como mensagens divinas ou demoníacas; decorriam de forças alheias às humanas e, a partir de uma forte motivação religiosa, não apresentavam qualquer influência política.²⁵ Nas sociedades industriais, a autogeração dos riscos surgidos pela exploração da atividade industrial fez com que a produção/distribuição de bens e a necessidade da implementação de decisões gerassem crescentes responsabilidades sociais, atingindo os indivíduos, as empresas, e os atores políticos²⁶; é neste cenário que a questão política ganha relevo diante do papel da responsabilização²⁷.

²² BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995. p. 122-124.

²³ De acordo com Ulrich Beck, a subpolítica busca “[...] moldar a sociedade *de baixo para cima*. [...]”, minimizando o atuar político em prol de um envolvimento crescente dos atores sociais que, até então, não participavam dos processos de tecnificação e industrialização. BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 34-35. [grifo conforme original].

²⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 276-326.

²⁵ BECK, Ulrich. Risk Society and the Provident State. In: LASH, Scott; SZERSZYNSKI, Bronislaw; WYNNE, Brian (org.). **Risks, environment & modernity: towards a new ecology**. Londres: Sage Publications, 1998. p. 30.

²⁶ CARVALHO, Carlos Gomes de. **O que é Direito Ambiental**. Florianópolis: Habitus, 2003. p. 91-118.

²⁷ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 78-79.

Na modernidade tardia – também conhecida como modernidade reflexa²⁸ ou alta modernidade²⁹ –, a produção de riquezas corresponde à produção de riscos. É sobre este viés que Ulrich Beck afirma que a Sociedade Industrial foi deslocada pela Sociedade de Risco, uma vez que a distribuição dos riscos não correspondem aos limites e diferenças temporais, espaciais, sociais, econômicas e geográficas típicas da primeira modernidade. Os perigos da indústria química e atômica, suspendem todos os fundamentos e parâmetros de apoio até então utilizados, lançando-nos para uma nova concepção das categorias de espaço, tempo, trabalho e Estado Nacional.³⁰

O conceito de Sociedade Industrial traz consigo a questão de como a riqueza socialmente produzida pode ser distribuída desigualmente e, ao mesmo, tempo, “legitimamente”. Este fato conduz ao paradigma da Sociedade de Risco na medida em que é preciso refletir acerca das possibilidades de minimização, redução, isolamento e redistribuição das ameaças sistematicamente produzidas, sem que haja comprometimento do processo de modernização e das fronteiras do (social, ecológico, e juridicamente) aceitável.³¹

A Sociedade Industrial caracteriza-se pela: a) modernização simples (fase marcada pelas categorias e princípios da sociedade industrial); b) racionalização da tradição; c) produção de riqueza (marcando antagonismos entre capital e trabalho; fixação de hierarquias sociais; responsabilidade organizada; racionalidade científica; conexão entre risco e segurança). Por sua vez, a Sociedade de Risco tem como características: a) modernização reflexiva³² (fase de transformação social

²⁸ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. *In*: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva**: política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 1-4.

²⁹ GIDDENS, Anthony. **Modernidade e identidade**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 2002.

³⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 27.

³¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 23-24.

³² Para Ulrich Beck, modernização reflexiva: “[...] significa a possibilidade de uma (auto)destruição criativa para toda uma era: aquela da sociedade industrial. O “sujeito” dessa destruição criativa não é a revolução, não é a crise, mas a vitória da modernização ocidental.”. BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. *In*: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony;

em que emergem novas linhas de conflito e novas coalisões políticas); b) racionalização da racionalização (no interior das instituições surgem novos conflitos acerca de seus fundamentos, gerando desenvolvimentos alternativos – novas políticas relacionadas à mulher, emprego, tecnologias, etc.); c) produção de risco (marcando antagonismos entre a polarização do capital e do trabalho; dissolução das hierarquias sociais; irresponsabilidade organizada³³; surgimento de uma racionalidade social participativa, que critica o progresso; desconexão entre risco e segurança).³⁴

De acordo com Ulrich Beck, a arquitetura social e a dinâmica política dos potenciais de autoameaça civilizatória, naturais na Sociedade de Risco, fazem-se presentes em cinco vertentes³⁵:

a) nos riscos: em especial os radioativos, face a sistematicidade, invisibilidade e irreversibilidade dos danos gerados em níveis avançados das forças produtivas (toxidade contida na água, no ar, nos alimentos, e seus efeitos imperceptíveis na natureza como um todo). As definições de risco ganham *status* de essencialidade em posições sociopolíticas. Os danos provenientes dos riscos são baseados em interpretações causais, apresentando-se apenas no âmbito do conhecimento (científico ou não científico) que deles se tenha, sofrendo a partir disso, controles, alterações, aumentos e diminuições.

b) no surgimento de situações sociais de ameaça: a divisão e o incremento de riscos trazem consigo situações sociais de ameaça que, partindo de uma lógica retroalimentadora – “efeito bumerangue” –, fazem com que os riscos da modernização afetem, cedo ou tarde, tanto os que produzem quanto os que lucram, sem garantir certeza de segurança a quem quer que seja. Cria-se uma verdadeira implosão do sistema de classes, ou seja, nem ricos e poderosos estarão à salvo dos riscos criados: ameaças à saúde, à propriedade, ao lucro, desvalorização e desapropriação ecológicas, etc.. Há, de um lado, uma universalização ou

LASH, Scott. **Modernização reflexiva**: política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 12.

³³ BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995. p. 63-65.

³⁴ GUIVANT, Julia Silvia. A Trajetória das Análises de Risco: Da Periferia ao Centro da Teoria Social. In: **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciência Social – BIB**, Rio de Janeiro: ANPOCS, n. 46, 1998. p. 19.

³⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 27-28.

supra nacionalização de substâncias nocivas, produtoras de novas desigualdades internacionais (por exemplo, entre o Terceiro Mundo e os países industriais, ou entre os próprios países industriais) e, de outro, o desrespeito às instâncias/competências dos Estados Nacionais.

c) no *big bussiness*: os riscos da modernização reflexiva alça à “*big business*” a lógica do desenvolvimento capitalista, mercantilizando os riscos civilizatórios ao infinito, ao interminável e ao autoproduzível.

d) na nova relevância política do conhecimento: o conhecimento sobre os riscos passa a reger o potencial político da sociedade de risco; as riquezas produzidas não eximem seus produtores dos riscos (que são, cada vez mais, distribuídos democraticamente), os quais passam a existir graças à consciência da ameaça.

e) no potencial político das catástrofes: a Sociedade de Risco é uma sociedade catastrófica, na qual o estado de exceção busca tornar-se a regra – o que era apolítico torna-se político no processo de industrialização, implicando em uma reorganização do poder e da responsabilidade, principalmente frente os intoleráveis níveis de poluição tóxica e atômica.

Os conflitos relativos à distribuição de bens (presentes na Sociedade Industrial Clássica) são sobrepostos pelos conflitos presentes na distribuição dos “malefícios”³⁶ (comuns na Sociedade de Risco). Os riscos atingem um caráter democrático no sentido de ultrapassarem os limites territoriais e de classe, extinguindo com a noção dos que estão “dentro” e dos que estão “fora” (primeira modernidade). Neste sentido, a percepção não igualitária dos riscos destaca a condição de vulnerabilidade econômica dos menos favorecidos (desigualdade e justiça social), podendo-se citar como exemplo, as vítimas de desastres ambientais³⁷ e a acentuação da pobreza nos países periféricos.³⁸

A flexibilização do processo de modernização, converte, para si mesmo, o tema e o problema. Diante da escassez e da urgência na solução de problemas, o processo de modernização consoma-se sob a pretensão

³⁶ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva**: política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 17.

³⁷ PICOU, Steven j.; GILL, Duane A. The Exxon Valdez Disaster as Localizes Environmental Catastrophe: Dissimilarities to Risk Society Theory. In: COHEN, Maurie J. **Risk in the Modern Age**. Social Theory, Science and Environmental Decision-Making. New York: Oxford University, 2000. p. 150-151.

³⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 41-43.

de fazer do desenvolvimento científico-tecnológico a fonte da riqueza social (liberação da pobreza, fome, miséria e sujeição imerecidas). O superdesenvolvimento das forças produtivas, de um lado, e o superdesenvolvimento das forças destrutivas, de outro, constituem a crítica da modernização³⁹, cuja matriz define os rumos das discussões públicas.

Evidências do tangível deixam de valer nas Sociedades de Risco. A necessidade imediata rivaliza com o teor de risco; carência e fartura se esvaem diante do poder das forças (im)perceptíveis que os riscos imprimem. Tal cenário, é o terreno cultural e político no qual as ameaças crescem, florescem e frutificam; em meio a sobreposição/concorrência dos problemas apresentados pela sociedade industrial e de mercado (voltados ao interesse do lucro), de um lado, e os problemas da Sociedade de Risco, de outro, a produção de riquezas marcadas pelos critérios de relevância econômico-política acaba prevalecendo. Paradoxalmente, a evidência da carência acaba ofuscando a percepção dos riscos, contudo, não sua concretude, força e eficácia.⁴⁰

Por outro lado, a Sociedade de Risco traz consigo a profetização da Ciência. Cada vez mais, as Ciências Naturais não são capazes de responder, satisfatoriamente, acerca da toxidade dos poluentes e produtos fabricados na modernidade, pois há um *déficit* do pensamento social (especializado e não especializado). Nesta seara, os resultados apresentados pelas Ciências Naturais não refletem as consequências, tanto para si quanto para os demais, dos efeitos nocivos; nem há, sequer, um enfrentamento capaz de sopesar as diferenças entre os atingidos (levando-se em consideração aspectos como: idade, sexo, hábitos alimentares, tipo de trabalho, níveis de informação e educação, etc.)⁴¹ – todos são colocados, indistintamente, na produção comum do conhecimento e do progresso.

³⁹ Para Ulrich Beck “*Modernização* significa o salto tecnológico de racionalização e a transformação do trabalho e da organização, englobando para além disto muito mais: a mudança dos caracteres sociais e das biografias padrão, dos estilos e formas de vida, das estruturas de poder e controle, das formas políticas de opressão e participação, das concepções de realidade e das normas cognitivas. [...]”. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 23.

⁴⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 54.

⁴¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 30.

1.1.1 A percepção da Teoria da Sociedade de Risco a partir de seus conceitos-chave: relações de definição de risco, irresponsabilidade organizada e explosividade social do perigo

A Sociedade de Risco compreende uma fase do desenvolvimento da sociedade moderna em que o caráter dos riscos tecnológicos e científicos passam a adquirir força de controle perante a envelhecida sociedade industrial. A consequência fundamental e decisiva da racionalidade científica e social centra-se nas relações de definições de risco, sobre o qual o monopólio das ciências é quebrado.⁴² A pretensão de racionalidade das ciências (ou manuseabilidade técnica) de determinar *objetivamente* o teor do risco tornou-se algo autorefutável, dado o abandono da segurança e previsibilidade dos cálculos e a aproximação das conjecturas especulativas e asserções de probabilidade⁴³: tratando-se dos riscos civilizacionais, as Ciências, de certo modo, abandonaram suas bases de lógica experimental e passaram a conviver com a Ética, a Sociologia, a Política e a Economia.⁴⁴

Nas discussões públicas, as especificidades do risco desempenham um papel que não é enfrentado nos estudos sobre ele; há uma dissociação de propósitos que afasta a racionalidade científica da social quando o assunto diz respeito às ameaças civilizacionais (uso de armas nucleares, poluição atmosférica, efeitos na natureza de materiais nanotecnológicos, são bons exemplos). No dizer de Ulrich Beck, todos ignoram-se mutuamente, inclusive diante da irreversibilidade das decisões que envolvem a constituição de tecnologias complexas cuja certeza da incerteza tem posto em xeque a vida das futuras gerações e o equilíbrio da Natureza.⁴⁵ Assim, para os “opositores”, o que importa na exploração da energia nuclear, por exemplo, é seu potencial catastrófico, o extermínio que a probabilidade de tal evento produzirá.

⁴² BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 34.

⁴³ FIGUEIREDO, Herberth Costa. A verdade no Conhecimento Científico. In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. II. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 130.

⁴⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 35.

⁴⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 35.

Apesar da dissociação de propósitos ser verdadeira, há um embricamento constante entre a racionalidade científica e a racionalidade social, ou seja, o aspecto científico dos riscos do desenvolvimento industrial/tecnológico refere-se à expectativas sociais, tanto quanto a percepção social dos riscos refere-se à argumentos científicos. Há uma verdadeira retroalimentação: na medida em que a sociedade aguarda por melhores condições científicas de sobrevivência e, a Ciência, absorva na validade de seus modelos e abstrações, ruma, cientificamente, ao (in) finito.⁴⁶ Neste cenário, contudo, o efeito social das definições de risco não dependem de sua solidez científica.⁴⁷

A complexidade⁴⁸ alcançada pelo conhecimento científico⁴⁹ exige um saber tangível de um lado, que tudo vê, controla e é palpável, e um saber argumentativo, de outro, baseado na vulnerabilidade do invisível, do indiscernível (basta pensar na proliferação de armas químicas, por exemplo), fazendo-se preciso o julgo de um *expert* (e sua organização burocrática) para sua asserção “objetiva” (ainda que esta esteja equivocada, ou repleta de controvérsias).

A especialização do saber (pautada pelo modelo compartimentado de conhecimento) segue na contramão dos efeitos que os riscos podem causar, necessitando-se de uma quebra do modelo científico (cartesiano) a fim de que haja uma aproximação/cooperação entre disciplinas, que venham ao encontro da sociedade, dos agentes políticos e das empresas de fomento de pesquisas, sob pena de colapsar em meio a polos individualizados, definições contrapostas e/ou “mais apropriadas”.⁵⁰ Ainda que o sistema de superespecialização profissional se enquadre nos

⁴⁶ HORGAN, John. **O fim da ciência**: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. Tradução de Rosaura Eichemberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. p. 36-41.

⁴⁷ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 38.

⁴⁸ MORIN, Edgar. **Ciência com Consciência**. 13 ed. rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 138-140.

⁴⁹ MAMEDE, Juliana Maria Borges. Conhecimento Científico: Do Fenômeno à Essência. In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 39-40.

⁵⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 32.

ditames da produtividade e das tabelas de limites de tolerância⁵¹, ele não serve à contenção dos riscos.⁵²

Ulrich Beck leciona que o teor do risco está no “não-evento” e sua força argumentativa encontra-se nas ameaças alçadas ao futuro; sua relevância ativa/imminente projeta-se no presente, na medida em que sua “[...] relevância e significado crescem em proporção direta à sua incalculabilidade e ao seu teor de ameaça e que concebemos (temos que conceber) para definir e organizar nossa atuação [...]”.⁵³ Tidos inicialmente como bens de rejeição e de inexistência pressuposta⁵⁴, os riscos parecem reforçar as desigualdades sociais; as possibilidades e capacidades em lidar com situações de risco, contorná-las ou compensá-las são desigualmente distribuídas nas diferentes camadas de renda e educação – quem tem mais, pode mais, resguarda-se, previne-se mais. É neste sentido que o autor aduz que “[...] à “classe dos afetados não se opõe uma “classe” dos não afetados. À “classe” dos afetados opõe-se, na melhor das hipóteses, a “classe” dos ainda-não-afetados. [...]”⁵⁵, restando inócua qualquer diferenciação social em situações de risco e ameaça.

A libertação da precariedade material faz com que entre a fome (visivelmente iminente e hierárquica) e a morte por intoxicação (iminente, invisível e democrática), prevaleça aquela. Isso gera justificativas para que situações de risco continuem sendo realizadas e legitimadas. Nessas brechas legitimatórias, os riscos acabam abrindo oportunidades (extremamente atrativas) de mercado, em meio à opositores afetados e os que lucram com ele. Contudo, na medida em que a ameaça cresce e fica visível, ocorre a unificação objetiva das suscetibilidades, onde qualquer diferenciação ou vantagem desaparece: é o “fim” do “outro” como categoria social – uma das mais importantes consequências da Sociedade de Risco.⁵⁶

⁵¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 77-84.

⁵² BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 82.

⁵³ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 40.

⁵⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 41.

⁵⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 47.

⁵⁶ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 49-50.

O “fim do outro” traz consigo o “fim da Natureza”, já que o aumento da degradação ambiental ocorre em paralelo à incapacidade das instâncias políticas e jurídicas, em regular as situações de incerteza. No mesmo sentido em que houve uma expansão do aparato normativo, principalmente no que tange a proteção jurídica do meio ambiente, houve um aumento significativo da degradação ambiental.⁵⁷ A falência dos padrões de segurança⁵⁸ e o potencial catastrófico dos riscos conduzem as instituições de controle e segurança a um movimento circular⁵⁹ em torno da ineficácia normativa e a iminente ameaça de destruição, gerando uma verdadeira irresponsabilidade organizada.⁶⁰

Os atores do processo de modernização – Estado, política, indústria, comércio, setores da economia –, negociam critérios de racionalidade e segurança, legitimando-os. Todavia, ao não reconhecerem a realidade do risco, acabam ocultando ou dissimulando a sua existência com definições específicas⁶¹, incapazes de determinar o grau de culpa ou responsabilidade dos envolvidos.⁶² É nas relações de definição que estão compreendidas as diretrizes políticas e jurídicas da gestão do risco ambiental na Sociedade de Risco⁶³, havendo uma mudança nas formas de conflito político na medida em que centros de decisão e interesses mudam. Assim, as relações de definição existentes sobre os novos riscos produzidos pelas indústrias químicas, atômica/nuclear e genética, além de desencadear situações de irresponsabilidade organizada, conduzem à inaplicabilidade de medidas

⁵⁷ LECLERQ, Jeanne-Becquart. *Conflits pour l'environnement et decision collective*. In: GOUZIEN, Annie; LOUARN, Patrick (Orgs). **Environnement et Politique**. Constructions juridico-politiques et usages sociaux. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 1996. p. 35-36.

⁵⁸ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 52.

⁵⁹ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 50.

⁶⁰ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 236-237.

⁶¹ FERREIRA, Helene Sivini. **A sociedade de risco e o princípio da precaução no direito ambiental brasileiro**. 2003. Dissertação (Mestrado em Direito). Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. p. 31.

⁶² GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 240.

⁶³ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 230-245.

compensatórias ou precaucionais, dada a fluidez e sobreposição destes riscos frente a qualquer tentativa de controle ou reparação.⁶⁴

O risco na sociedade moderna é estrutural, conferindo um caráter de aparente normalidade as questões de poluição, degradação, toxidade, etc., em detrimento à “limites de tolerância”⁶⁵ que devem ser absorvidos/suportados por todos. Neste viés, o conceito de irresponsabilidade organizada evidencia uma diluição constante na atuação das instituições da sociedade moderna que, ao afastar possibilidades de compensação e controle⁶⁶, dificultam a produção de provas e indenizações pautadas em critérios científicos, legais e políticos⁶⁷, objetivando eximir-se da culpa/responsabilidade pela produção de riscos e manter o controle social sobre eventuais inconformismos que advenham do conhecimento dos riscos.⁶⁸

Na Sociedade de Risco, o crescimento das ameaças não conduzem ao crescimento de políticas preventivas de resguardo. A inexistência de normas universais de gestão do risco e a indeterminação do sujeito político legitimador⁶⁹, caracterizam, ainda mais, a irresponsabilidade organizada, gerando uma crise no estado de segurança. Esta crise, eclodiu protestos sociais de efeito politizador, fazendo com que a percepção popular dos riscos (de medo e insegurança) colocasse em evidência a

⁶⁴ LENZI, Cristiano Luis. **A sociologia sob o signo ecológico**: um estudo sobre modernização ecológica, desenvolvimento sustentável e a teoria da sociedade de risco. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. p. 193-194. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/279919> Acesso em: 25 nov. 2017.

⁶⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 77-84.

⁶⁶ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 236-237.

⁶⁷ BAHIA, Carolina Medeiros. **Nexo de causalidade em face do risco e do dano ao meio ambiente**: elementos para um novo tratamento da causalidade no sistema brasileiro de responsabilidade civil ambiental. 2012. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012. p. 55.

⁶⁸ LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na sociedade de risco**. 2. ed. rev. atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2004. p. 12.

⁶⁹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 54.

ineficiência da Ciência e do Estado na gestão dos mesmos, principalmente diante da ocorrência de desastres ambientais de grande espectro – a exemplo de Chernobyl.⁷⁰ É neste ambiente que a explosividade social do perigo evidencia um movimento social de descontentamento quanto às decisões políticas tomadas e justificativas científicas insuficientes, gerando manifestações populares capazes de interferirem na gestão das ameaças (cujos efeitos secundários passam a ser sentidos direta e efetivamente pela população), quebrando com o ciclo vicioso do interesse corporativo/estatal em face do bem comum.⁷¹ Se, por um lado, há um encobrimento dos perigos, há, por outro, uma forte tendência em sentido contrário.

A nova proposta da modernidade, com seus perigos, incertezas e concretização de riscos, gerou uma alteração cultural e política que questiona a hegemonia científica e torna ultrapassadas as burocracias estatais e garantias de segurança atuais⁷², ainda pautadas nos moldes do século XIX (da sociedade industrial).⁷³ Diante deste cenário, a explosão social do perigo desmascara a irresponsabilidade organizada⁷⁴, afeta à negação da produção de riscos de altas consequências⁷⁵, inaugurando uma fase importante de participação/resistência social, em prol dos interesses democráticos e de bem-estar geral em tempos de incertezas fabricadas.

1.1.2 Por uma necessária diferenciação entre risco e perigo

⁷⁰ BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995. p. 63.

⁷¹ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 240.

⁷² BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 238-239.

⁷³ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 244.

⁷⁴ LENZI, Cristiano Luis. **A sociologia sob o signo ecológico: um estudo sobre modernização ecológica, desenvolvimento sustentável e a teoria da sociedade de risco**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/279919> Acesso em: 25 nov. 2017. p. 197-198.

⁷⁵ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 89.

O paradigma da Sociedade de Risco, como visto, surge da emergência contida na modernidade reflexiva em verificar os potenciais riscos criados, marcados pela imprevisibilidade, invisibilidade, incontrolabilidade e, talvez, o mais grave de todos, pelo total desconhecimento do alcance de seus resultados. O incremento da tecnologia contribuiu para a intensificação dos riscos, apresentando um quadro de intensa obsolescência dos procedimentos científicos, indicando preocupações especiais por segurança, face as características das novas ameaças.

A noção de risco, ao contrário da de perigo, é eminentemente moderna e começou a ser objeto de análise pelas Ciências Sociais em decorrência do novo plano que as sociedades passaram a ter, principalmente com a intensificação dos processos de industrialização/modernização, ocorridos a partir da segunda metade do século XX.⁷⁶

Não há risco sem o sentido de perda. Atrelado ao futuro (seu núcleo, sua força argumentativa⁷⁷), espera-se ou teme-se que algo vá acontecer. No primeiro caso, está-se de frente a um perigo, uma ameaça, cuja realização constitui um verdadeiro desastre; no segundo, nem sempre haverá uma ameaça. O risco é algo que inaugura uma determinada situação de modo a transformar o curso normal das coisas, inclusive alterando o percurso da história de forma imprevisível; ao contrário do perigo, o risco “[...] não pode ser interpretado exclusivamente como algo que pertence ao mundo externo [...], mas também como algo que caracteriza a existência humana, independente da formação social temporariamente em vigor.”⁷⁸

Na definição de “perigo” infere-se a possibilidade de ocorrência de dano pela intervenção de um determinado agente, podendo ocorrer uma gradação em sua gravidade. Derivada do latim *periculum*, têm como sentido jurídico “[...] toda *eventualidade*, que se receia ou que se teme, da

⁷⁶ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 275.

⁷⁷ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 40.

⁷⁸ BRÜSEKE, Franz Josef. **A técnica e os riscos da modernidade**. Florianópolis: UFSC, 2001. p. 36-39.

qual possa *resultar um mal* ou *dano*, à coisa ou à pessoa, ameaçando-a em sua *existência*.”⁷⁹

Perigo é, destarte, a aptidão, a idoneidade ou a potencialidade de um fenômeno de ser causa de um dano, ou seja, é a modificação de um estado verificado no mundo exterior com a potencialidade de produzir a perda ou diminuição de um bem, o sacrifício ou a restrição de um interesse.⁸⁰

Quanto ao risco, sua definição jurídica:

[...] exprime simplesmente o sentido de *perigo* ou do *mal receado*: é o *perigo de perda* ou de *prejuízo* ou o *receio de mal, que cause perda, dano ou prejuízo*. E, assim, nesta acepção genérica, *riscos* compreendem-se os *eventos incertos e futuros*, inesperados, mas terminados ou receados, que possam trazer perdas ou danos. [...] Mas, em sentido especial, fundado no *perigo de perda*, risco também exprime a própria *responsabilidade* ou o *encargo* acerca da perda ou do dano, trazido pelo risco. [...].⁸¹ [grifo conforme original].

A par dos conceitos expostos, destaca-se que o perigo costuma ter emprego nos cenários de insegurança verificados nas sociedades antigas; o risco está presente nas sociedades em que a tomada de decisão ganha força e relevo frente a presença cada vez mais marcante da tecnologia e

⁷⁹ SILVA, De Plácido e. **Vocabulário jurídico**. 28. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2010. p. 1028.

⁸⁰ Conforme a doutrina de Miguel Reale Jr., o conceito de perigo abarca três teorias: a) subjetiva, na qual o perigo se apresenta como uma simples hipótese, que indica uma falha no conhecimento, representando, no mais das vezes, uma representação mental derivada do temor; b) objetiva, na qual o perigo se apresenta como uma possibilidade de dano, ainda que não realizáveis; c) diferenciadora, na qual, de acordo com o Código Penal Brasileiro, o perigo é a possibilidade de um dano que importe a diminuição de um bem ou restrição/sacrifício de um interesse. REALE JR., Miguel. **Teoria do Delito**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000. p. 223.

⁸¹ SILVA, De Plácido e. **Vocabulário jurídico**. 28. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2010. p. 1229-1230.

da Tecnociência.⁸² Neste sentido, o risco ganha visibilidade marcante diante da necessidade de decisão (atuação positiva) imposta aos sistemas sociais e, principalmente, jurídicos. Consubstanciado na incerteza intrínseca do futuro, o risco espalha-se da esfera íntima do indivíduo para as camadas estratificadas do sistema social, criando uma construção de futuro secularizada, que percebe a plausibilidade de posições diferentes da racionalidade, com intuito de que tais posições possam rever, em tempo, os próprios pressupostos constitutivos/operativos.⁸³

Percebe-se a diferença entre risco e perigo na medida em que aquele se afasta das causas naturais e míticas, vinculando-se à processos decisórios.⁸⁴ Anthony Giddens leciona que os perigos existem em situações de risco, equacionando-os. Tal pressuposição não exige, contudo, a consciência da existência do risco⁸⁵, cotidianamente teórico e tecnicamente cientificizado.⁸⁶ Deste modo, a imprevisibilidade ganha relevo face a incerteza do conhecimento, determinando o nexos causal do que será risco ou perigo.⁸⁷

Segundo o magistério de Carla Amado Gomes:

[...] Risco é um perigo pressentido, mas não comprovado; o perigo é um risco de altíssima probabilidade. A fronteira entre os dois é, teoricamente, a da previsibilidade, que se debate o ineliminável obstáculo da finitude do conhecimento humano. Falar de risco é, por isso, falar de incerteza. Incerteza introduzida pela

⁸² Na Tecnociência, o conhecimento é o meio para a busca de um fim que está além do conhecimento. MORIN, Edgar. **O método 5: a humanidade da humanidade**. Porto Alegre: Sulina/Meridional, 2007. p. 45-46.

⁸³ DE GIORGI, Raffaele. O risco na sociedade contemporânea. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**. Florianópolis, jan. 1994. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15873/14362>. Acesso em: 12 out. 2017. p. 53.

⁸⁴ FERREIRA, Heline Sivini. **Desvendando os organismos transgênicos: as inferências da Sociedade de Risco no Estado de Direito Ambiental Brasileiro**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010. p. 16.

⁸⁵ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1990. p. 34-36.

⁸⁶ HABERMAS, Jürgen. **Técnica e ciência como “ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 1968. p. 72-76.

⁸⁷ LOPEZ, Teresa Ancona. Responsabilidade Civil na Sociedade de Risco. *In: Sociedade de Risco e Direito Privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 10.

técnica, incerteza geradora de imprevisibilidade, incerteza convertida em problema jurídico.⁸⁸

Para Patryck de Araújo Ayala, perigo e risco não se confundem:

O risco, ao contrário dos perigos, não se circunscreve a qualquer espécie de ameaça originária de processos naturais e involuntários, que venha a produzir estados de desfavorabilidade ecológica, mas depende diretamente de comportamentos e atividades, mesmo que omissivas, mas que sejam voluntárias, o que limita seu conteúdo, restringindo sua pertinência às ações humanas e sua origem ao desenvolvimento contemporâneo dos processos industriais e tecnológicos.⁸⁹

A dificuldade de previsão incide desde a verificação do fenômeno, até o momento em que ocorre, os efeitos que provocará, os alcances de tais efeitos e seu potencial lesivo, ou seja, vai da probabilidade da ocorrência de um evento até a aferição de sua lesividade.⁹⁰ No dizer de Ulrich Beck, a consciência da existência de riscos e do seu não conhecimento, principalmente em nanotecnologia, geram “[...] limitações

⁸⁸ GOMES, Carla Amado. **Risco e modificação do acto autorizativo concretizador de deveres de protecção do ambiente**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Jurídico-Políticas). Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2007. Disponível em: https://www.fd.unl.pt/docentes_docs/ma/cg_MA_17157.pdf Acesso em: 26 mai. 2017. p. 151-152.

⁸⁹ AYALA, Patryck de Araújo. **Direito e incerteza: a proteção jurídica das futuras gerações no estado de direito ambiental**. 2002. Dissertação (Mestrado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. p. 78-79.

⁹⁰ GOMES, Carla Amado. **Risco e modificação do acto autorizativo concretizador de deveres de protecção do ambiente**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Jurídico-Políticas). Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2007. Disponível em: https://www.fd.unl.pt/docentes_docs/ma/cg_MA_17157.pdf Acesso em: 26 mai. 2017. p. 152.

fundamentais para a capacidade da sociedade perceber e gerir os riscos.”⁹¹

O impacto da racionalidade do conhecimento e da influência da tecnologia no ambiente natural implicaram na reformulação do “humano” e do “natural” dando origem aos riscos.⁹² Este cenário realoca a ação humana – direta ou decisória –, como a principal responsável pelas mudanças estruturais, onde a concretização dos perigos, incertezas e riscos fabricados em escala macro (e micro) criam uma mudança social, cultural e política que atinge o Estado, o Direito, requalificando o poder científico, econômico e industrial, alterando, inclusive, a forma de se fazer política. Neste cenário, há uma diminuição dos perigos e um aumento/ampliação dos riscos⁹³, tornando-se, este último, parte integrante da sociedade contemporânea.

1.2 DA MODERNIDADE SIMPLES À MODERNIDADE REFLEXIVA: aspectos científico-evolutivos

A Teoria da Sociedade de Risco, adstrita à segunda modernidade ou modernidade reflexiva, alerta acerca da perda do monopólio da Ciência e traz como característica-chave a “reflexividade”.⁹⁴ As sociedades humanas, habituadas à sorte ou fortuna no combate aos perigos vindos das causas naturais (fome, pestes, desastres naturais, etc.), veem-se hoje subjugadas às decisões de grupos que exploram novas categorias de risco (manufaturado, nuclear/atômico, genético, nanotecnológico, etc.), em prol do império de grupos econômicos e da

⁹¹ BECK, Ulrich. **A metamorfose do mundo**: como as alterações climáticas estão a transformar a sociedade. Tradução de Pedro Elói Duarte. Portugal: Editora 70, 2017. p. 133.

⁹² GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 4. ed. rev. e atual. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. p. 74.

⁹³ PASSOS, José Joaquim Calmon de. **O risco na sociedade moderna e seus reflexos na teoria da responsabilidade civil e na natureza jurídica do contrato de seguro**. Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 57, jul. 2002. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/2988/o-risco-na-sociedade-moderna-e-seus-reflexos-na-teoria-da-responsabilidade-civil-e-na-natureza-juridica-do-contrato-de-seguro> Acesso em: 05 nov. 2017.

⁹⁴ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva**: política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 11-15.

suposta crença no “progresso” (confiança no modelo científico-cartesiano).

Na medida em que na Sociedade Industrial (primeira modernidade) a produção de riqueza se sobrepõe à produção de riscos, na Sociedade de Risco acontece o contrário. O desenvolvimento proporciona e reflete, para si mesmo, os efeitos da modernização, ou seja, a “[...] ganância de poder do 'progresso' técnico-econômico se vê cada vez mais ofuscada pela produção de riscos. [...]”.⁹⁵ A transposição de uma modernidade baseada na racionalidade científica, na segurança do cálculo das ameaças da técnica, para uma modernidade pautada no êxito do capitalismo industrial e no imprevisível, fazem com que casos como o acidente de Chernobyl⁹⁶, ascendam a luz para a necessidade de readequações em todas as esferas de conhecimento e poder.⁹⁷

Anthony Giddens designa de alta modernidade (ou modernidade tardia) o fim do monopólio científico, na medida em que seus questionamentos (internos e externos) não são mais satisfatoriamente respondidos, deixando uma margem de dúvida ou incerteza que rompe com o modelo até então estabelecido. Ela surge como reflexiva da vida social – a partir do momento em que novos conhecimentos e informações são gerados –, revisando as práticas cotidianas à luz da informação renovada sobre tais conhecimentos.⁹⁸ Caracteriza-se pela(o)⁹⁹: a) alta intensidade (a deflagração de uma guerra nuclear pode dizimar com a humanidade); b) globalização (os eventos passam a atingir, cada vez mais, um número maior de pessoas e sistemas); c) meio ambiente criado (massiva influência humana no meio ambiente material); d) institucionalização (que delimita papéis nos mercados de investimentos); e) (in)consciência do risco como risco¹⁰⁰ (desmistificação do risco diante da percepção de suas lacunas e da impropriedade do discurso místico na

⁹⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 13-16.

⁹⁶ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 230.

⁹⁷ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. 66.

⁹⁸ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991. p. 45.

⁹⁹ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991. p. 126-127.

¹⁰⁰ BECK, Ulrich. **A metamorfose do mundo**: como as alterações climáticas estão a transformar a sociedade. Tradução de Pedro Elói Duarte. Portugal: Editora 70, 2017. p. 133-134.

busca da verdade e de certezas); f) consciência da distribuição dos riscos (precariedade da informação que nem sempre está ao alcance de todos); g) consciência da limitação do conhecimento dos *experts* (insuficiência dos sistemas peritos¹⁰¹ em não absorver todas as consequências).

Radicalizados na atual construção social e científica, os novos riscos demonstram que a Ciência se converteu em causa, instrumento de definição e fonte de solução, abrindo, com isso, novos mercados de identificação. Pensar em um desenvolvimento científico-tecnológico é pensar na inovação e não no controle dos riscos, que são co-produzidos e co-definidos pelo interesse social. É neste sentido que as noções de: soberania estatal, certeza do desenvolvimento científico, sociedade de conflito de classes, tornaram-se impróprias e chegam ao seu fim, abrindo espaço para uma sociedade de risco, marcada pelo esvaziamento da certeza, da segurança e do seu caráter nacional.¹⁰²

Segundo Ulrich Beck, a passagem da primeira para a segunda modernidade não acontece por ruptura ou por sucessividade, verificando-se um paralelismo entre elas. O próprio conceito de sociedade de risco designa um estágio da modernidade que está afeto às ameaças produzidas, de início, nas sociedades industriais¹⁰³, de modo que o entendimento da sociedade atual implica na compreensão dos riscos científicos-tecnológicos e das questões que o envolvem. Neste sentido, a primeira modernidade (crítica à tradição) caracteriza-se pela: a) sociedade de estado nacional; b) ascensão das sociedades coletivas (a individualização

¹⁰¹ O termo “sistemas peritos” é definido pelo autor como: “[...] sistemas de excelência técnica ou competência profissional que organizam grandes áreas do ambiente material ou social em que vivemos hoje.” Neste ponto, ele faz referência à consciência dos leigos quanto à limitação do conhecimento dos “sistemas peritos”, principalmente a partir do momento em que as contradições surgem e que as certezas dão lugar as incertezas, mostrando um caráter de vulnerabilidade ao público leigo que passa a desconfiar dos resultados apresentados. Este conflito exige uma tomada de posição do indivíduo moderno (detentor da capacidade de ação), na medida em que precisa fazer escolhas à luz de conhecimentos constantemente renovados. GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991. p. 35.

¹⁰² BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 61-98.

¹⁰³ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 39-41.

se dá no interior dos grupos coletivamente predeterminados); c) forte distinção entre sociedade e natureza (natureza como fonte inesgotável a serviço dos processos industriais); d) sociedades do trabalho ou do pleno emprego (participação social e *status* individual são marcados pelo trabalho produtivo).¹⁰⁴ Já a segunda modernidade (crítica à própria modernidade), tem como características: a) o crescente predomínio da globalização (cultural, econômica, política e social); b) crescente individualização social face aos grupos de classes existentes; c) crescente oposição entre Natureza e sociedade (a Natureza passa de fenômeno dado para fenômeno construído); d) crescente esvaziamento da sociedade de trabalho e crescente capitalização do espaço digital/virtual (diante do vínculo, cada vez mais estreito entre tecnologia, comunicação e informática).¹⁰⁵

O rápido avanço da Ciência aliado a necessidade de contínua expansão econômica, na força criadora da técnica que tudo transforma, retiraram da sociedade industrial sua capacidade de auto regulação e controle, no momento em que novos materiais e técnicas passaram a fazer parte de uma inovação sem precedentes, transformando as noções até então concebidas de risco¹⁰⁶, fazendo com que a sociedade passasse, obrigatoriamente, a conviver com o novo, o imprevisível e o incerto. Tais fatos pressupõem uma dinâmica de poder inovadora: “[...]que encontra suas origens em uma fase do desenvolvimento da modernização, em que as transformações produzem consequências que expõem as instituições de controle e proteção das sociedades industriais à crítica [...]”.¹⁰⁷ Por isso

¹⁰⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 23-98.

¹⁰⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 23-98.

¹⁰⁶ Passa-se a conviver mais estreitamente com os resultados produzidos pela técnica, sem que haja tempo para entendê-los. Ao lado da indústria, a tecnociência desponta, por exemplo, com o surgimento de guerras *high tech*, do aperfeiçoamento das pesquisas com armamento atômico, da disseminação de poluentes atmosféricos invisíveis, caracterizando uma realidade nunca antes vivenciada. BRITO, Daniel Chaves de; RIBEIRO, Tânia Guimarães. **A modernização na era das incertezas**: crise e desafios da teoria social. Ambiente e sociedade. Campinas, v. 6, n. 1, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v5n2/a09v5n2.pdf> Acesso em: 28 set. 2017. p. 155.

¹⁰⁷ LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na sociedade de risco**. 2. ed. rev. atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2004. p. 12.

a importância de um conhecimento mais acurado acerca dos “novos riscos” e seu efeito globalizante.

1.2.1 Os “novos riscos” e seu efeito globalizante

O risco não é um conceito/invenção moderna, a exemplo do que ocorre com o desmatamento há muitos séculos (da conversão em pastos à exploração inconsequente da madeira). O risco afeto à esfera pessoal, individual (em atos de coragem, destemor, ousadia e bravura diante do inimigo previamente determinado), passou à categoria global (fissão nuclear, acúmulo de lixo nuclear, efeito estufa), cuja espada damocleana do progresso aponta para uma possível autodestruição da vida na Terra.¹⁰⁸

O efeito globalizante dos novos riscos da atualidade é fruto implícito do processo de industrialização, resultando em consequências sociais e políticas diversas (extinção permanente de florestas, plantas e animais, por exemplo). As ameaças do passado, que atingiam apenas nariz e olhos e eram sensorialmente perceptíveis, passam a ser ameaças do agora, estabelecendo-se na esfera das fórmulas físico-químicas (nas toxinas presentes nos alimentos, na ameaça nuclear, no implemento e disseminação da tecnologia nanoescalar, etc.), que escapam totalmente da percepção dos sentidos. O que antes visava uma subprovisão de tecnologia higiênica/limpa, hoje, visa à superprodução industrial ultrassofisticada de componentes invisíveis.¹⁰⁹

Ulrich Beck aduz que o atual estágio de desenvolvimento traz consigo “novos riscos”, cujo caráter está na globalidade e amplitude de seus efeitos, no alcance transfronteiriço, na imprevisibilidade, na incalculabilidade e na não compensação:

[...] risco é o enfoque moderno da previsão e controle das consequências futuras da ação humana, as diversas consequências não desejadas da modernização radicalizada. É uma intenção (institucionalizada) de colonizar o futuro, um mapa cognitivo. Toda sociedade, por suposto, já experimentou perigos. Mas o regime de risco é uma

¹⁰⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 25.

¹⁰⁹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 23-26.

função de ordem nova: não é nacional, mas global. [...].¹¹⁰

O conceito crítico de “riscos globais” trazidos por este autor exige uma compressão e diferenciação dos riscos em: a) pré-industriais; b) industriais; c) novos riscos. No primeiro caso, tratam-se daqueles riscos que não dependem da ação humana, compreendendo as ameaças naturais (enchentes, terremotos, deslizamentos, etc.), de guerra, sem qualquer denotação política; no segundo, tratam-se dos riscos calculáveis por probabilidade¹¹¹, fruto do saber e das decisões humanas, do avanço tecnológico, apresentando em seu cerne construções sociais e políticas.¹¹²

Partindo de “incertezas fabricadas”¹¹³, os “novos riscos” além de dependerem, em sua essência, das decisões humanas, são inevitáveis individualmente, incontroláveis e impostos coletivamente, a exemplo do que acontece com o consumo indireto de agrotóxicos através dos alimentos, dos acidentes com material químico/nuclear, dos fatores poluentes causadores das mudanças climáticas, da poluição eletromagnética, da (re)engenharia genética dos seres vivos, das incertezas no consumo de produtos nanotecnológicos. Oposto à tangibilidade das riquezas, esta nova categoria de risco implica, ao mesmo tempo, em categorias reais e irrealis; reais pois conhecemos acerca de sua existência e configuram a antecipação de destruições que ainda não ocorreram mas que são iminentes, portanto, indicam um futuro que

¹¹⁰ Livre-tradução de: “[...] riesgo es el enfoque moderno de la previsión y control de las consecuencias futuras de la acción humana, las diversas consecuencias no deseadas de la modernización radicalizada. Es un intento (institucionalizado) de colonizar el futuro, un mapa cognitivo. Toda sociedad, por supuesto, ha experimentado peligros. Pero el régimen de riesgo es una función de un orden nuevo: no es nacional, sino global. [...]”. BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p.5.

¹¹¹ VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinet de. O Risco, os riscos. *In*: VEYRET, Yvette (org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. p. 30.

¹¹² BECK, Ulrich. Incalculable futures: World risk society and its social and political implications. *In*: BECK, Ulrich (org.). **Ulrich Beck**: Pioneer in cosmopolitan sociology and risk society. 1. ed. Heidelberg: Springer, 2014. p. 81.

¹¹³ GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 4. ed. rev. e atual. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. p. 72.

precisa ser evitado; irreais pois escapam à nossa limitada apreensão daquilo que pode ser considerado como efetivamente “real”¹¹⁴.

Quanto aos efeitos, os “novos riscos” são ilimitados e espraiam-se espacial, social e temporalmente. No âmbito espacial, são globais, de longo alcance, podendo se manifestar em ambientes diversos de sua origem; no âmbito social não se limitam às fronteiras estatais atingindo à todos (inclusive os que não contribuíram para sua existência), independentemente de classe social, gênero, raça, religião; no âmbito temporal são transgeracionais, sobrevivem aos seus causadores, podendo ampliar sua nocividade em face da cumulação dos danos e riscos no tempo.¹¹⁵¹¹⁶

Conforme apontado acima, os critérios de certeza e cálculo são rompidos com o surgimento dos “novos riscos” da Sociedade de Risco – daqueles podem surgir outros riscos, cujas consequências futuras desta realidade virtual indicam a inexistência de risco zero em qualquer atividade desenvolvida nesta sociedade.¹¹⁷ Nem mesmo os mais diversos métodos/modelos científico-empiristas¹¹⁸ são capazes de garanti-lo (falibilismo teórico-empírico¹¹⁹).¹²⁰

A principal característica dos “novos riscos” reside na transformação das situações de incerteza em decisões (sociais, políticas e jurídicas) com efeitos globais; diversos dos antigos riscos oriundos do processo de industrialização, aqueles são estruturantes da atual sociedade. Qualquer decisão tomada dentro de parâmetros fixos de calculabilidade

¹¹⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 39-40.

¹¹⁵ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 231-234.

¹¹⁶ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 83-84.

¹¹⁷ BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002. p. 215.

¹¹⁸ XIMENES FILHO, Élder. A cientificidade do Direito. *In*: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 110-114.

¹¹⁹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 270.

¹²⁰ DUBOIS-MAURY, Jocelyne. Avant-propos. *In*: DUBOIS-MAURY, Jocelyne (Org). **Problèmes Politiques et Sociaux**. Les risques naturels et technologiques. n. 908. Paris: jan. 2005. p. 7.

(cientificidade clássica¹²¹), estabelecendo meios e fins, causas e efeitos, vem de encontro ao paradigma reinante.¹²² A percepção social dos “novos riscos” fez com que a Ciência perdesse sua infalibilidade, passando a ter seus critérios e métodos contestados/postos em dúvida, inclusive, pelos não *experts* da técnica: os leigos.¹²³ Neste sentido, Julia Silvia Guivant adverte – à guisa dos ensinamentos de Anthony Guiddens e Ulrich Beck, acerca da dicotomia existente entre o conhecimento especializado (que determina os riscos) e a população leiga (que os percebe e vivencia) –, que a falta de conhecimento técnico de um determinado risco pelo cidadão comum [...] não implica irracionalidade, mas o contrário: indica que as premissas culturais sobre a aceitabilidade de riscos contidas nas fórmulas científicas são as que estão erradas. [...]”¹²⁴

Ulrich Beck leciona que o papel da Ciência na modernidade é ambivalente, ou seja, tanto é fonte de soluções quanto de problemas.¹²⁵ Esta ambivalência problematiza as novas questões científicas expondo seus “novos riscos” (sobretudo os indesejados), alinhando-se ao caráter reflexo da modernidade; se por um lado o sucesso da Ciência está na busca incansável da melhoria das qualidade de vida e das condições ambientais, por outro, as vitórias alcançadas expõem a crise científica¹²⁶ em dar solução aos novos enfrentamentos e incertezas globais

¹²¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 262.

¹²² Fritjof Capra leciona que o velho paradigma científico baseia-se na certeza do conhecimento (de matriz cartesiana). Por outro lado, o novo paradigma reconhece que as concepções e teorias científicas são limitadas e, no máximo, próximas umas das outras. Para ele: “[...] A ciência nunca pode fornecer uma compreensão completa e definitiva.”. CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução de Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cutrix, 2006. p. 49.

¹²³ HABERMAS, Jürgen. **Técnica e ciência como “ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 1968. p. 121-128.

¹²⁴ GUIVANT, Julia Silvia. A Trajetória das Análises de Risco: Da Periferia ao Centro da Teoria Social. In: **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciência Social – BIB**, Rio de Janeiro: ANPOCS, n. 46, 1998. p. 23.

¹²⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 241.

¹²⁶ FRAGOSO, Fernando. O conceito existencial de ciência: Heidegger e a circularidade do conhecimento. **Ekstasis: Revista de fenomenologia e hermenêutica**, v. 1, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/Ekstasis/article/viewFile/4273/3816> Acesso em: 18 ago. 2017. p. 76.

encontrados no caminho.¹²⁷ É no interior mais latente da Sociedade de Risco, que a Ciência associada à Tecnologia rompe, definitivamente, com o saber tradicional configurando-se um passo além do caminho de melhoria social, ampliando seus tentáculos sobre o domínio do conhecimento e, como consequência, sobre o domínio da incerteza – cuja imprevisibilidade das ameaças e dos “novos riscos” tecnocientíficos¹²⁸ representam um verdadeiro xeque-mate em relação a qualquer expectativa legítima de “promessa de sucesso”¹²⁹ e de progresso.

Subproduto modernizacional de uma abundância que precisa ser evitada, negada, erradicada ou reinterpretada, os “novos riscos” constituem verdadeiras posições de ameaça; sua eficiência pode ir além do esperado tanto em termos de técnica (complexidade) quanto em termos de espaço/tempo (alcance transfronteiriço e transgeracional).¹³⁰ Problemas de ordem local ganham relevo e podem adquirir um potencial de espraiamento que rompe suas fronteiras.¹³¹ Esta constatação evoca a necessidade de uma reinterpretação na forma de compreensão dos “novos riscos” e sua ampla gama de incertezas, exigindo uma reconfiguração¹³² daquilo que era considerado “dos outros” como sendo “nosso” ou o mais próximo possível de nós, independentemente de qualquer distância.

¹²⁷ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 41-45.

¹²⁸ GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 236.

¹²⁹ KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

¹³⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 32.

¹³¹ GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991. p. 27.

¹³² Por exemplo, um brinquedo produzido na China, com um certo tipo de tinta tóxica, pode vir a prejudicar crianças em qualquer local em que for comercializado, tanto nos limites das fronteiras nacionais quanto fora delas. Tratam-se dos riscos contidos na manufatura intensiva de produtos. AMORIM, Tade-Anne de. **Nanotecnologia e constituição de riscos: uma análise dos nanotubos de carbono a partir da sociologia da ciência**. 2011. Tese (Doutorado em Sociologia Política). Programa de Pós-graduação em Sociologia Política. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011. p. 81.

1.3 DA CIENTIFICIZAÇÃO SIMPLES À CIENTIFICIZAÇÃO REFLEXIVA: o retorno da incerteza e o valor intrínseco da probabilidade no âmbito do Direito

Partindo da obra máxima de Thomas Hobbes: o *Leviatã* (considerado, por muitos, o livro de filosofia política mais importante), José Esteve Pardo¹³³ conduz sua metáfora baseado em um *Leviatã* que, embora tenha sido um símbolo da segurança do estado civil político (cujo modelo de configuração político-jurídica ainda fazemos parte), se vê, atualmente, desconcertado diante daquilo que a Ciência vem proporcionando: incertezas e probabilidades.

O direito persiste em ir buscar certezas na ciência, quando o que obtém dela são, quando muito, probabilidades. Assim se fecha um círculo que se inicia quando a ciência, com seus avanços, levanta incertezas que afetam a direitos e valores relevantes que ela não resolve; são as instâncias políticas ou jurídicas que hão de decidir; mas estas, por sua vez, remetem-se à ciência na busca de certezas que ali com frequência não encontram, com o **risco de que seja a tecnociência organizada que acabe ganhando espaços de decisão com o déficit de legitimidade resultante.**¹³⁴ [grifo nosso].

A segurança do *Leviatã* caminhou ao lado das certezas advindas da Ciência e do Princípio de Segurança Jurídica – que se fez fundamental a todo desenvolvimento econômico e social do Ocidente. Entretanto, a partir do início do século XX, a crença no progresso diante da consecução de novas certezas enfraqueceu, fazendo com que a vanguarda da Ciência

¹³³ O “Desconcerto do *Leviatã*” trata dessa exploração massiva do meio ambiente, mas através das lentes da Ciência e do tecnocientifismo que abandonou, em certa medida, a exploração direta da natureza, para embrenhar seu intento sobre o próprio ser humano, inaugurando uma nova época em que ‘ser humano’ e ‘manter-se humano’ é/será um grande desafio. Conforme apontado, apesar da mudança no foco investigativo, o potencial de destruição de todo o planeta nunca esteve tão eminente.

¹³⁴ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do *Leviatã***: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 26.

começasse a despertar para o fato de que as certezas nela contidas começavam a dar lugar às incertezas dos modos de operação, na medida em que estes tornavam-se cada vez mais complexos e menos lineares.

Os riscos e incertezas de origem tecnológica estão na linha de frente da complexidade das relações tecnocientíficas¹³⁵, abalando as vigas mestras de um Leviatã (ordem jurídica) que já fora auto-suficiente e seguro, e que tinha a Ciência como sua principal aliada.

A incerteza define a época atual e se faz presente para além dos espaços da Ciência mais avançada. Ela conduz a posições críticas quanto à precariedade das relações sociais e de trabalho, das condições de vida nos vários de graus de desenvolvimento humano; conduz ao relativismo que atinge, em cheio, a ética e a moral. Por outro lado, essa mesma incerteza aponta para novos horizontes que estimulam uma maior percepção do entorno, principalmente nos campos da Arte, da Filosofia, das Ciências Sociais e das Ciências Jurídicas.¹³⁶

Globalização, relativismo (entre a ética e a moral), desconstrução das estruturas do estado social (liberalismo econômico que não mostrou uma racionalidade alternativa), nova geopolítica e fluxos migratórios (que incidem de maneira incerta em estruturas sociais), Ciência (incerteza científica), são algumas das frentes que ameaçam os padrões tradicionais do sistema jurídico e da organização do Poder Público, ao se levar em conta os riscos e incertezas gerados pelo avanço técnico-científico.

Dentre as causas do protagonismo, cada vez mais crescente, da Ciência, destaca-se¹³⁷:

a) principal fonte de geração de incertezas (dada a vinculação cada vez mais estreita aos modos de desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia que influem fortemente na alimentação, na produção de energia, nos modos de moradia, na produção de fármacos, de tecnologias de informação e de produtos nanotecnológicos); quanto mais unidos estamos a isso, mais expostos ficamos a incertezas decorrentes de seus avanços e da própria complexidade do conhecimento científico;

¹³⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 229-274.

¹³⁶ TAMBOSI, Orlando. **A cruzada contra as ciências**: quem tem medo do conhecimento? Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. p. 85-91.

¹³⁷ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 20-21.

b) o reconhecimento da incerteza pelo próprio conhecimento científico em muitos de seus segmentos (os quais serviram de base para as Ciências Sociais e a própria Ciência do Direito), tendo em vista a pretensão de objetividade tão característica da modernidade (que seguiu, de vários modos, o rastro do avanço da Ciência). Contudo, no início do século XX, a Ciência começa a se afastar da ideia de certeza que tanto a glorificou em seus objetivos e conquistas, passando a operar com probabilidades, reconhecendo, por vias transversas, sua incapacidade de resolver questões propostas por ela mesma;

c) o seu desvanecimento frente o reconhecimento da complexidade e da sua incapacidade em oferecer certezas firmes e seguras, totalmente divorciadas da autoridade que antes ostentava. Isso acabou atingindo a aplicação técnica, a Filosofia, a Arte, e, principalmente, o sistema jurídico: “[...] O direito e seus juristas, mostrando uma vez mais sua propensão ao autismo, parece não haver percebido a mudança de posição da ciência e ainda mantém por ela uma fascinação que já não existe em seus próprios cultivadores. [...]”¹³⁸;

d) sua permanente presença na pauta político-jurídica, ou seja, cada vez mais questões de foro científico estão implicadas nos assuntos relativos à mudanças climáticas, organismos geneticamente modificados, medicamentos genéricos, células-tronco, alimentos transgênicos, poluição eletromagnética, tecnologia da informação, inteligência artificial, biotecnologia, nanotecnologia, etc..

Se antes os perigos externos (deuses, natureza) importavam, hoje a inediticidade histórica dos riscos funda-se na construção científica e social de três aspectos: a Ciência passa a ser causa, definição e fonte de soluções de riscos, conquistando novos mercados de cientificização.¹³⁹ Segundo Ulrich Beck, esta perspectiva pode ser vista¹⁴⁰:

a) na modernização da tradição e na modernização da sociedade industrial, trazendo à tona a relação entre Ciência, *práxis* e espaço público

¹³⁸ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 21.

¹³⁹ XIMENES FILHO, Élder. A cientificidade do Direito. In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 118-121.

¹⁴⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 235-239.

(o confronto entre leigos e especialistas, tradição e modernidade, a par da crença inabalável na Ciência, fez com que a crítica da ideologia e da especialização conferissem um processo de desmistificação das Ciências);

b) no fim do monopólio das pretensões científicas de conhecimento (de necessária para menos suficiente na definição social de verdade, a Ciência passa a ser produto da reflexibilidade do desenvolvimento técnico-científico em circunstâncias de risco; a impossibilidade de acompanhar a hipercomplexidade do conhecimento hipotético apenas com método empírico, gerou uma insegurança sistemática produzida pela cientificização, transformando os destinatários e usuários dos resultados científicos em coprodutores ativos do processo social de definição do conhecimento);

c) nos tabus da inalterabilidade (quanto maior o avanço da cientificização e o conhecimento público acerca dos riscos, tanto maior será a transformação da população técnico-científica em relação aos “tabus” cientificamente produzidos);

d) nos fundamentos da racionalidade científica (afetados pela alta demanda por transformação: tudo o que foi construído pela mão humana pode, por ela, ser modificado).

A Ciência contemporânea lida com conhecimentos complexos e transdisciplinares¹⁴¹ e, por isso, tornou-se prudente e cautelosa, distanciando-se dos pronunciamentos categóricos.

Sua análise requer mais tempo (vinte a trinta anos com relação aos riscos para saúde humana), em prol da colheita de dados diversos que possam auferir uma análise mais próxima do real. Seu pronunciamento passou a ser expresso pelas probabilidades, que podem apresentar um nível alto, mas que não ignoram/afastam uma margem mínima de incerteza.¹⁴² Neste cenário, a passagem da cientificização simples para a

¹⁴¹ ROCHA, Leonel Severo. Transdisciplinaridade e Direito. *In*: SOUZA, Ielbo Marcus Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. **Transdisciplinaridade e Universalidade uma proposta em construção**. São Leopoldo: Unisinos, 2003. p. 40.

¹⁴² Um dos primeiros cientistas a perceber essa transformação foi Werner Karl Heisenberg quando enunciou o princípio da incerteza, nos primeiros passos da mecânica quântica, ao medir a localização de uma partícula. ADAMS, Jonh. **Risco**. Tradução de Lenita Rimole Esteves. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2009. p. 63.

cientificização reflexiva pode ser melhor compreendida a par de suas diferenças expostas no quadro abaixo, a saber¹⁴³:

Tabela 2 – Marcos diferenciais entre a Cientificização Simples e a Cientificização Reflexiva de acordo com Ulrich Beck

CIENTIFICIZAÇÃO SIMPLES (ou Clássica)	CIENTIFICIZAÇÃO REFLEXIVA
Calculabilidade dos efeitos colaterais	Estimabilidade dos efeitos colaterais
Emprego da ciência sobre questões do mundo preexistentes da natureza, do ser humano e da sociedade – cientificização pela metade	Emprego da ciência em confronto com seus próprios produtos, carências, e tribulações – cientificização completa
Superioridade da ciência (racionalidade, objetivação de possíveis fontes de problemas e erros)	Risos da modernização estão no centro da análise – há um salto no padrão interdisciplinar dos erros em oportunidades de desenvolvimento
Não há uma colisão substancial entre os campos de aplicação das ciências	Crítica da ciência, do progresso, dos especialistas e da tecnologia
Relação harmônica de poder entre ciências, profissões, práxis, política e espaço público	Definição e distribuição de erros e riscos autoinfligidos pela ciência que abrem novas estruturas de divisão do trabalho na relação entre ciências, profissões, práxis, política e espaço público
Ideia de progresso	Autocontradição (faz com que a ciência seja obrigada a expor para opinião pública suas falhas, limitações e contradições)
Ameaças visíveis relacionadas a intervenções precisas	Ameaças invisíveis de cunho transgeracional
Modelo baseado na “ingenuidade” com que o ceticismo metódico das ciências possa ser institucionalizado e restrito aos seus objetos, restando excluídos os fundamentos do conhecimento científico e as questões práticas de seus resultados	Modelo baseado por uma linha técnico-científica e prático-investigativa
A busca por explicações acompanha o interesse pelo controle da natureza	A busca por explicações acerca dos riscos autoproduzidos acompanham a inevitabilidade de sua aceitação
O interesse por explicações coincide com o interesse por utilidade tecnológica	O interesse por explicações coincide com o interesse de uma explicação que afaste os riscos
Seus efeitos são sentidos na indústria e na produção, na salubridade da natureza	Seus efeitos são sentidos nas zonas centrais de poder: economia, política e instâncias

¹⁴³ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 235-265.

Fonte: Autoria própria.

O conhecimento científico¹⁴⁴ tem provocado dois problemas relacionados aos riscos: a definição de “efeitos colaterais” e a aferição dos “níveis de aceitabilidade”. No primeiro caso, a falta de domínio acerca do alcance dos riscos, além de evidenciar a limitação do conhecimento científico, acaba abrindo margens de “possibilidade” de comercialização de produtos (químicos, por exemplo), deixando à *posteriori* a análise dos seus efeitos (o que pode ser tarde demais). No segundo caso, os parâmetros de aceitabilidade propostos pela Ciência são circunscritos aos ambientes laboratoriais e, portanto, irrealis; são expressos por fórmulas que não exprimem a quantidade real de agentes nocivos a que somos expostos diuturnamente. O laboratório de fato têm sido o mundo real e suas evidências surgirão (se, em tempo) a médio/longo prazo.¹⁴⁵

Os debates sociais que acontecem perante as instâncias políticas acerca do papel desempenhado pela Ciência ocorrem, de duas formas: a) quando a Ciência alcança novos conhecimentos que veiculam uma mensagem de alerta, exigindo, por sua vez, uma posição das autoridades (locais, nacionais e internacionais) e uma decisão dos entes legitimados a decidir, como por exemplo, no caso das revelações científicas no campo das mudanças climáticas e das emissões de gases de efeito estufa; b) quando a Ciência ganha protagonismo ao exigir das autoridades políticas um pronunciamento acerca das questões de tecnologia e produtos, no mais das vezes, pautados em controvérsias sociais que giram em torno dos riscos para a saúde humana e para o meio ambiente, incluindo-se aqui as pesquisas com nanotecnologia. Em ambos os casos, as instâncias políticas e jurídicas aguardam por pronunciamentos seguros da Ciência que fundamentem decisões políticas ou regulações jurídicas. Entretanto, como já fora exposto, a Ciência abandonou o modelo categórico e rigoroso tão desejado pelos agentes com responsabilidade de decisão.

¹⁴⁴ SILVA, José Antônio Parente da. A Ciência do Direito: Uma Visão Epistemológica. In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 152-154.

¹⁴⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 238-239.

É neste cenário de abandono categórico dos pronunciamentos de certeza por parte da Ciência, que o aumento considerável de decisões públicas em situações de reconhecida incerteza vem sendo efetuadas. Setores que tratam dos efeitos das ondas eletromagnéticas, dos organismos geneticamente modificados, da manipulação da matéria atômica, do uso da nanotecnologia, são exemplos da franca decisão na incerteza e em meio a própria controvérsia científica.

Existe uma conflituosidade jurídica ostensiva em muitas das decisões tomadas na incerteza, na medida em que se situam na linha de convergência de direitos, valores e interesses diversos, dignos de tutela jurídica, requerendo um enfrentamento imediato e Direto. Do magistério de José Esteve Pardo depreende-se que é

[...] característico das **patologias autistas que afetam o direito** a sobrevivência de uma mesma regulação jurídica e uma discussão doutrinária e jurisprudencial recorrente, sobre realidades que se transformaram por completo até o ponto de serem irreconhecíveis na originária e inalterada regulação que as contempla.¹⁴⁶ [grifo nosso].

As novas frentes de incerteza contidas no campo da nanotecnologia inauguraram uma linha reflexiva da Ciência sobre a própria natureza humana, uma vez que o referencial teórico passou da exploração massiva da Natureza para a exploração/objetificação dos aspectos mais íntimos do ser, causando significativo impacto sobre a nossa autocompreensão. O que causa espanto são as questões delicadas de ordem ética colocadas pela Tecnociência (tanto em relação às soluções quanto em relação às alternativas propostas)¹⁴⁷, que permeiam caminhos de incerteza profunda (não sabemos para onde estamos indo e até onde Ciência e a investigação científica podem chegar¹⁴⁸).

¹⁴⁶ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 22-23.

¹⁴⁷ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 184-189.

¹⁴⁸ Relações de filiação e paternidade foram alteradas e exigiram do Direito uma readequação de seus institutos (que vão muito além de um mero juízo de

Percebe-se, com isso, que decisões políticas não devem ser confiadas às futuras e incertas conquistas da Ciência e da Tecnologia, pois é inadmissível: “[...] uma cessão ou entrega incondicional da proteção que a ordem constitucional dispensa ante meras promessas da ciência, ou, como é usual na prática, de setores influentes da Tecnociência.”¹⁴⁹ A indústria farmacêutica, por exemplo, tem por escopo desenvolver pesquisas com base em estudos precisos que orientem resultados para a capitalização de lucro e a compensação dos gastos. Essa exigência de viabilidade deveria ser encampada pelos poderes públicos (ainda que seu fim não seja a obtenção de lucro), no interesse do bem comum e de um processo que garanta, de fato, a implementação efetiva da norma constitucional.

Dentro daquilo que José Esteve Pardo chama de “deriva cientificista do Direito”¹⁵⁰, inegável o fascínio e admiração do Direito pela Ciência; fascínio que vem de encontro, atualmente, aos seus valores mais fundamentais, pois ainda não é capaz de perceber que a forma de atuação da Ciência não é a mesma de outrora. Assim, percebe-se um enfraquecimento do Direito que não consegue adotar uma postura mais rigorosa em relação às promessas de uma Tecnociência feroz e revolucionária (capaz de se autodestruir)¹⁵¹, atenta à rentabilidade de suas inovações, detentora do poder de fazer e desfazer quando bem lhe aprouver. A opção pela exploração de energia nuclear por grandes grupos econômicos com influência política e militar, que costumam tratar com

declaração ou registral) para atender uma demanda cada vez mais ligada aos instrumentos de modificação propostos pela Ciência (fertilização *in vitro*, mãe substituta, famílias com vários arranjos consanguíneos, etc., são alguns exemplos dessa readequação). BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 233.

¹⁴⁹ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 45.

¹⁵⁰ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 26.

¹⁵¹ SANTOS, Laymert Garcia dos. **Politizar as novas tecnologias**: o impacto sociotécnico da informação digital e genética. São Paulo: Editora 34, 2003. p. 260.

menosprezo os riscos de dizimação total de boa parte do planeta, é um bom exemplo de seus efeitos negativos.

Os movimentos que marcam as estratégias que estão sendo desenvolvidas para enfrentar as relações entre o Direito e as investigações científicas buscam analisar os seguintes pontos¹⁵²: a) a pressão da Tecnociência, que ganha espaços de decisão cada vez maiores, à custa do desconcerto e da completa falta de conhecimento técnico das instâncias jurídicas e políticas em relação aos seus assuntos e interesses; b) a percepção de um sistema jurídico que se coloca vencido pela complexidade e incerteza, entregando sua principal tarefa (decidir) à Ciência, caracterizando uma verdadeira “deriva científicista”¹⁵³ do Direito; c) ao decidir na incerteza, valida-se uma Ciência que alterou seu paradigma substancial de verdade e certeza, passando a trabalhar com probabilidades; d) crise de legitimidade de um sistema político (erguido sobre os pilares da democracia e da ordem constitucional), que reivindica como razão de decidir o modelo científico do conhecimento especializado; e) afastamento do modo característico de decisão do Direito (máximas de experiência, inversão do ônus da prova, etc.).

A característica fundamental desta nova correlação entre Ciência e Direito está centrada no fato de que o progresso científico-tecnológico atua em setores de grande relevância, até então confiados a processos exploratórios naturais.¹⁵⁴ Deste modo, os indicadores inequívocos que visam reaparelhar esta relação estão na(o): a) o advento da Sociedade de Risco (cuja referência está em Ulrich Beck¹⁵⁵), que além de envolta em um complexo tecido tecnológico, tem que enfrentar os riscos criados por ela mesma; b) abertura de uma linha reflexiva da investigação científica

¹⁵² PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 180-202.

¹⁵³ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 26.

¹⁵⁴ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 48.

¹⁵⁵ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

e sua aplicação tecnológica, cuja base é o domínio e o conhecimento do que realmente somos, de nossas condições de vida, de nosso entorno, dos modos de erradicação de doenças e da fome, etc., seguindo na contramão da ilusão de progresso e felicidade vendidos pela Ciência, na qual o ser humano é o agente e o objeto das mais diversas intervenções; c) compreensão científica dos limites da Natureza, alcançada graças ao desenvolvimento da própria Ciência, uma vez que os processos que nela ocorrem podem ser previamente percebidos, possibilitando uma tomada de decisão por parte dos poderes públicos no sentido de evitá-los, dominá-los ou reduzir seus efeitos, a exemplo do que se percebe nos casos que envolvem as mudanças climáticas, a emissão de gases de efeito estufa, bem como, o conhecimento prévio da iminência de fenômenos naturais (furacões e terremotos).

Para o Direito, o aumento do potencial científico-tecnológico suscita profundas questões: o que antes era atribuído a processos naturais, ganha expressiva intervenção humana com o advento da tecnologia, havendo, com isso, um considerável aumento do espaço de regulação/responsabilização jurídica. Este movimento indica uma maior dependência – em ambiente de reconhecido predomínio da incerteza –, do acolhimento de pareceres científicos (*experts*) que embasem decisões jurídicas, gerando um verdadeiro contrassenso.¹⁵⁶ O desafio que se impõe é o de resistir com suas próprias armas, e não com as da Ciência, a torrente de situações complexas inauguradas com a modernidade e que exigem do Direito – único capaz de ‘dizer’ o Direito –, uma tomada de decisão pautada em critérios próprios, utilizando-se da Ciência não como razão

¹⁵⁶ Se pensarmos na agricultura, por exemplo, fica fácil perceber que, de um lado, torna-se escassa quando pautada em processos naturais e, de outro lado, torna-se abundante se dominada pela tecnologia da indústria alimentícia (amparada pelo uso de agrotóxicos e fertilizantes). E neste solo (nem sempre fértil), o aumento dos espaços de decisão requer um incremento das questões afetas à responsabilidade (responsabilidade potencial), já que: “[...] Ninguém foi ou pode ser responsável pelos efeitos dos fenômenos naturais na agricultura, mas podem sim surgir responsabilidades pelas decisões adotadas quanto à aplicação de tecnologias na indústria de alimentos, se o resultado dessas ações produzirem danos efetivos às pessoas ou bens.”. PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 52.

de decidir, mas como um veículo de auxílio que pode ser convocado em determinados contextos, mas não em todos.¹⁵⁷

É inegável que os riscos oriundos da Tecnociência têm relação direta com as decisões tomadas, ou seja, se chegamos à nítida convicção de que o planeta pode ser destruído com um simples apertar de botão, isso só foi possível pela criação humana e não pela ocorrência de fenômenos naturais (a exemplo da peste negra que vitimou um terço da população da Europa na segunda metade do século XIV).

A capacidade humana de decidir amplia a margem de discussões e disputas sobre o que vem sendo implementado, principalmente no segmento da Ciência e da Tecnologia. Isso segue em franca intensificação ao longo do tempo por dois motivos salutares: a) a percepção do lado obscuro do progresso técnico (exploração e degradação ambiental, mudanças climáticas, são exemplos disso); b) duvidosa justificação dos riscos gerados pelo desenvolvimento tecnológico (imperceptível na primeira fase do desenvolvimento industrial e tecnológico, já que os riscos produzidos eram inferiores aos perigos evitados; nas sociedades pós-industriais, os riscos têm uma justificação difícil e controversa).

A Ciência firmou posicionamento no sentido de precisar de uma maior dimensão temporal para a análise dos efeitos produzidos pela utilização intensiva da Tecnociência em todos os âmbitos das relações humanas e ambientais. Isso vem de encontro à natureza do Direito, que não pode ficar à mercê que estudos científicos que levarão décadas e, quiçá, nunca cheguem a uma conclusão plausível de probabilidade. É neste viés que José Esteve Pardo apresenta as coordenadas de decisão abertas pela Ciência, que visam orientar, no tempo, a conduta dos legitimados a decidir¹⁵⁸:

1) para o futuro: tendo em vista os efeitos das decisões sobre as gerações futuras (caráter transgeracional). Os principais fatores que estão envolvidos nesta dimensão são: a) decisões que envolvem a utilização de energia nuclear, cujos efeitos radioativos podem chegar a mais de dez anos e as doenças oriundas de sua exposição podem estender-se a várias

¹⁵⁷ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 54.

¹⁵⁸ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 58-60.

gerações; b) decisões que alteram substancialmente os elementos constitutivos da natureza, como no caso dos organismos geneticamente modificados, da biotecnologia voltada à manipulação genética, da manipulação nanotecnológica de materiais, que permitem a produção manufaturada de novos organismos, com uma combinação livre e infinita destes ao longo do tempo;

2) para o passado: tendo em vista a incerteza científica superveniente que revela a verdade que acreditávamos conhecer, ou seja, trata-se da revisão das referências sobre as quais se decidiu, tendo como parâmetro a produção de novos conhecimentos científicos sobre o conhecimento. Foi desta forma que foram descobertos a nocividade para a saúde humana da utilização do amianto¹⁵⁹ e que a flatulência das vacas acaba liberando gás metano na Natureza, interferindo com isso, no aquecimento global¹⁶⁰;

3) capacidade de alterar as referências com as quais nos autocomprendemos como seres humanos e o futuro de nossa espécie: o poder de disposição do ser humano sobre ele mesmo (a pessoa como objeto da técnica ou “o que a técnica pode fazer conosco?”¹⁶¹), impulsionado pela biogenética e pela terapia gênica – cientificização reflexiva –, faz parte de uma nova corrente de decisão que se abre às instâncias jurídicas e políticas. Trata-se de uma orientação tecnocientífica voltada aos critérios econômicos e de rentabilidade das pesquisas, requerendo, inclusive e não menos importante, uma análise acurada das questões éticas e morais envolvidas.¹⁶²

¹⁵⁹ CONJUR. Supremo proíbe produção e venda do amianto no Brasil. **Revista Consultor Jurídico**, nov. 2017. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2017-nov-29/supremo-proibe-producao-venda-amianto-brasil> Acesso em: 07 mar. 2018.

¹⁶⁰ ESTADÃO. **Gases de bovinos causam mais efeito estufa que os automóveis**. Portal do Estado de São Paulo. jan. 2014. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,gases-de-bovinos-causam-mais-efeito-estufa-que-os-automoveis,174754e>. Acesso em: 17 out. 2017.

¹⁶¹ GALIMBERTI, Umberto. **Psiche e techne**: o homem na idade da técnica. São Paulo: Paulus, 2006. p. 829.

¹⁶² PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 64.

Assim, verifica-se que os problemas que surgem giram em torno do paradoxo das probabilidades¹⁶³ (nova orientação da Ciência) e da segurança jurídica (valor intrínseco estruturante do Direito). A certeza científica que tanto fascinou os juristas e deixou o Direito com um “olhar autista”¹⁶⁴, serviu de ponto de apoio às pretensões de segurança jurídica. No entanto, a mudança de orientação da Ciência, que culminou no afastamento do atuar categórico e certo, fez com que o Direito perdesse seu principal referencial nas decisões pautadas na incerteza. O fim da busca da certeza, no final do século XX, tem como explicação fundamental: a) a visão da própria Ciência Tradicional (modelo mecanicista/cartesiano) quanto ao desaparecimento de suas convicções mais firmes (inclusive com o surgimento da teoria quântica¹⁶⁵); b) a crescente subordinação da Ciência à técnica (Tecnociência¹⁶⁶), tendo-se

¹⁶³ FIGUEIREDO, Herberth Costa. A verdade no Conhecimento Científico. *In*: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. II. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 130.

¹⁶⁴ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 21.

¹⁶⁵ PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas**: tempo, caos e as leis da natureza. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996. p. 134-138.

¹⁶⁶ O domínio atual da Tecnociência está voltado à rentabilização dos benefícios econômicos que garantam o retorno do investimento efetuado pelos agentes privados (fundos de investimentos e empresas especializadas), frente a uma calculada aplicação técnica dos resultados. Como via de consequência, há um expressivo aumento dos custos da investigação, principalmente quando dependente de sofisticadas tecnologias de cálculo computacional e pessoal especializado para sua operação. Isto acaba refletindo na inalcançável sobreposição dos custos pelos centros públicos, academias e universidades, orientados para a pesquisa básica e disseminação do conhecimento. As interferências e ameaças internas nascidas da própria estrutura das organizações tecnocientíficas estão relacionadas com a dissolução da liberdade e da autonomia do cientista, cuja liberdade tende a ser muito limitada; fato que tem conduzido a uma “proletarização” de vários setores da comunidade científica. A par disso, instaura-se um novo marco jurídico destinado à patrimonialização e exploração dos resultados obtidos pela investigação científica, marcado por acordos de confidencialidade, compromissos contratuais, regimes de licenciamento (patentes), segredos comerciais, censuras internas e externas. É neste sentido que José Esteve Prado alerta: “O conhecimento está deixando de ser um bem aberto

como preferência sua utilidade ou rentabilidade, de modo que a investigação se dá como instrumento e não como valor principal – inversão da lógica tradicional, que iniciava na investigação (busca da verdade) e seguia para a técnica (com pessoas e empresas alheias ao processo de investigação).

As características da atividade científica durante sua época clássica (paradigma de Galileu), são: a) a oficina de Galileu (intimamente equiparada ao trabalho do artista, que demonstra uma habilidade ímpar no uso de instrumentos que estão ao alcance das mãos); b) total liberdade de decisão do cientista sobre as suas linhas de pesquisa e seus objetivos (também intimamente equiparada à liberdade do artista, que não se vê atrelado a forças externas, senão as suas próprias); c) separação total entre a investigação científica – sempre avançada –, e a tardia aplicação técnica. Ao lado destas características está a ausência de um marco jurídico (um direito de patentes, por exemplo) que protegesse o cientista clássico quanto a exploração de suas conclusões e resultados, na medida em que seu reconhecimento e glória vinham muito tardiamente (no mais das vezes, *post mortem*).

Dentro do que nos traz o paradigma de Galileu, Ciência e aplicação técnica eram muito distantes entre si, cujo carro chefe centrava-se na Ciência pura e na pesquisa científica, movidas pelo interesse genuíno de conhecimento e de desvendar os segredos da Natureza. A ligação do cientista com as indústrias e companhias comerciais era impensável, principalmente porque a aplicação da técnica acontecia em momento muito posterior.

A mudança de paradigma ocorre com o surgimento de um novo ambiente na pesquisa científica que se sujeita aos objetivos de aplicação e exploração técnica, resultando: num caro e sofisticado ambiente de pesquisa; em complexas redes e estruturas; na não interferência/decisão do cientista nas linhas e objetivos de sua pesquisa; na inversão da sequência entre a investigação e a aplicação técnica, frente às necessidades de rentabilização e aproveitamento dos resultados, estes

ao interesse geral, acessível sem reservas aos poderes públicos, para se tornar uma mercadoria calculadamente produzida e apresentada em atenção a determinados interesses privados e comerciais. [...]”. PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 104.

últimos, guiados pela exploração econômica (dominada pelos cálculos de custo e rendimento), em grande medida divorciados de desejos altruístas. E é neste contexto que as Constituições resguardam o direito fundamental à liberdade científica¹⁶⁷, ou em termos mais atuais, a garantia de liberdade da Tecnociência.¹⁶⁸

Diante da superação do cientificismo clássico, a tabela abaixo busca ressaltar, de forma objetiva, as alterações conceituais e diferenças marcantes existentes entre a Ciência clássica e a Ciência da complexidade, a saber.

Tabela 3 – Ciência clássica e Ciência da complexidade – comparações entre os paradigmas fundantes

	Ciência Clássica	Complexidade
Mundo	- Mecânico, definido por leis gerais	- Distintos mundos. Sistemas mecânicos e sistemas dinâmicos
Realidade	- Regularidade e equilíbrio - Dualidade - Ordem como processo de organização	- Regularidade e instabilidade são complementares - Holística - Ordem/desordem/novos níveis de organização
Trajatória	- Definida a partir de condições iniciais	- Somente em sistemas mecânicos é possível definir trajetórias - Sistemas dinâmicos: em alguns é possível definir possibilidades em curto prazo, além disso, as estruturas dissipativas estão a mercê do acaso e têm a capacidade de auto-organização a partir do caos.

¹⁶⁷ WOLKMER, Antônio Carlos. Introdução aos Fundamentos de uma Teoria Geral dos “Novos” Direitos. In: WOLKMER, Antônio Carlos; LEITE, José Rubens Morato (org.). **Os “novos” direitos no Brasil.** Natureza e perspectivas – uma visão básica das novas conflituosidades jurídicas. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 17.

¹⁶⁸ CUPANI, Alberto. **Filosofia da tecnologia:** um convite. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017. p. 181-182.

Leis de movimento	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de leis gerais - Busca as variáveis que causam o movimento. - DETERMINISMO LINEAR 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas dinâmicos. - Principalmente as estruturas dissipativas funcionam a partir de correlações linguísticas. - DETERMINISMO RECÍPROCO
Sujeito/objeto	<ul style="list-style-type: none"> - Dissociação - Sujeito acima do objeto - Dissociação ciências físicas e ciências humanas 	<ul style="list-style-type: none"> - Sujeito e objeto imbricados pelo linguajar - Ciências humanas e ciências físicas como um campo de ressonâncias
Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Generalização e universalização - Problemas disciplinares com recortes restritos a partir do recorte teórico da especialidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Regionalização e localização - Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, buscando-se as diferentes dimensões da realidade
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Linear, cronológico, causal 	<ul style="list-style-type: none"> - Irreversível, a mercê do acaso e da necessidade gerando desordem e a partir disto organizações mais complexas
Identidade	<ul style="list-style-type: none"> - Fixa. O sujeito é. - Os organismos são autônomos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contínuo processo de produção de si mesmo. O sujeito precisa se autoproduzir constantemente sob pena de perda de identidade, estado em constante produção. O sujeito está sendo. - A autonomia depende de uma ecologia. Auto/eco/organização

Fonte: KEITEL, Liane; PEREIRA, Reginaldo; BERTICELLI, Ireno Antônio. Paradigmas emergentes, conhecimento e meio ambiente. **Revista Ensino Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 1, Belo Horizonte, 2012. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172012000100131&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 dez. 2017. p. 144.

A racionalidade científica moderna não deve ser o único caminho válido na tomada de decisões, tendo em vista a colisão de interesses entre o conhecimento tecnocrático e o interesse público, presente na tríade formada pela Ciência, Tecnologia e Indústria. A par do salto existente entre a cientificização clássica e a reflexiva (ainda que o alcance da primeira não esteja de todo superado nas sociedades modernas), a exclusão da racionalidade social dos processos decisórios é um caminho que precisa ser superado já que todos estamos sujeitos aos efeitos das

incertezas produzidas pela complexidade científica.¹⁶⁹ Uma mudança social/jurídica paradigmática se faz urgente, principalmente diante da necessidade de implementação de uma nova racionalidade que respeite os limites naturais e esteja pautada em uma ética voltada ao futuro, capaz de gerir seus próprios riscos.

1.3.1 A (in)certeza científica: um mundo novo para um direito velho

Incansavelmente estimulado pela busca do conhecimento, o ser humano vem conseguindo transpor barreiras nunca antes imaginadas. Este fato faz com que a sociedade venha a ser convidada a entender o que acontece nos meios científicos, adotando uma postura mais participativa, atuante, a fim de que se obtenha a redução do maior número possível de fatos indesejáveis. Neste sentido, Alberto Silva Franco mostra que as pesquisas realizadas no campo da biologia, mediante a utilização de técnicas cada vez mais sofisticadas, “[...] revolveram e puseram a nú o corpo e a psique do ser humano [...]”, acrescentando que: “[...] o ritmo acelerado e sem restrições do progresso, no que tange às ciências da matéria, irá colocar o ser humano em face de suas próprias origens e diante da possibilidade, cada vez mais concreta e próxima, de controlá-las.”¹⁷⁰

A visão contemporânea afasta-se do antropocentrismo¹⁷¹, aproximando-se do tecnocentrismo, no qual, o ser humano individualmente considerado ou inserido em sua coletividade, passa a ser objeto e não sujeito de direito. Todo este desenvolvimento fragilizou e descontextualizou todas as antropologias que davam escopo às reflexões preliminares entre a Ética¹⁷² e o Direito. Mas o ser

¹⁶⁹ MORAES, Kamila Guimarães de; FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti; FERREIRA, Vanessa Rodrigues. A sociedade contemporânea: uma sociedade de risco. In: ARAGÃO, Maria Alexandra; LEITE, José Rubens Morato; FERREIRA, Jovino dos Santos; FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti. **Agrotóxicos**. A nossa saúde e o meio ambiente em questão – aspectos técnicos, jurídicos e éticos. Florianópolis, FUNJAB, 2012. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/23005/3736418_218117.pdf. Acesso em: 14 nov. 2017. p.62.

¹⁷⁰ FRANCO, Alberto Silva. Genética Humana e Direito. In: Bioética. **Revista do Conselho Federal de Medicina**, v. 4, n. 1, 1996. p. 22.

¹⁷¹ MARQUES, José Roberto. **Lições preliminares de direito ambiental**. São Paulo: Editora Verbatim, 2010. p. 138-146.

¹⁷² CUPANI, Alberto. **Sobre a ciência**: estudos de filosofia da ciência. Florianópolis: Editora da UFSC, 2018. p. 319-325.

humano, sem desnaturar sua essência a partir do estágio de evolução científica que se encontra, continua sendo ser humano, e todos os atos praticados sobre ele (por consequência, sobre a Natureza), não podem ser avaliados em níveis distintos, como pretendem certos segmentos científicos, ou com total liberdade e sem nenhum controle.¹⁷³

Respondendo a razões e estímulos diversos, em sua maioria voltados ao mercado lucrativo que representa, restou num plano distante a vontade desinteressada em melhorar a vida das pessoas em prol do benefício da sociedade em seu conjunto (como valor universal). Ainda assim, mesmo diante desta realidade, o Direito segue na sua tarefa de resolver os conflitos, buscando alinhar-se em parâmetros próprios de procedimentos, princípios, fundamentos, presunções e ficções, resgatando a segurança em situações de incerteza e fortalecendo a sua certeza nos julgamentos que tanto lhe é peculiar. E, justamente, ao pensar nessa segurança e no fortalecimento de suas razões de decidir é que urge a noção de resgate e equilíbrio não só do sistema jurídico como, também, do meio ambiente no qual todos nós estamos inseridos.

Deste modo, novas coordenadas de decisão apresentam-se abertas pela Ciência, cuja dimensão temporal percorre o futuro e o passado de forma livre e fluente, alterando as referências com as quais nos autocompreendemos.¹⁷⁴ Como visto anteriormente, para o passado, pois diante de uma incerteza superveniente, os novos conhecimentos científicos acabam por revisar parâmetros tidos como válidos e sobre os quais, de alguma forma, já se decidiu (favoravelmente ou não); para o futuro, uma vez que a carga das decisões não mais atingem as gerações presentes, mas sim as futuras (caráter transgeracional), herdeiras das incertezas e dos resultados de técnicas imprevisíveis quanto aos seus reais resultados.¹⁷⁵

¹⁷³ LEITE, Eduardo de Oliveira. O direito, a ciência e as leis bioéticas. In: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito: Ciência da vida, os novos desafios**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p.105.

¹⁷⁴ KÖLER, Graziela de Oliveira. As nanotecnologias e a responsabilidade civil prospectiva diante da temporalidade complexa. In: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 311-320.

¹⁷⁵ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã: política e direito perante as incertezas da ciência**. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 57-64.

O arcabouço legislativo atual não consegue acompanhar o progresso científico, principalmente nos aspectos relativos às novas técnicas nanotecnológicas – escopo investigativo principal desta pesquisa –, afastando-se da tão desejada efetividade e segurança jurídica (valores intrínsecos e estruturantes do Direito). No dizer de Raquel Von Hohendorff e Guilherme Wunsch¹⁷⁶:

Assim, restam mais dúvidas do que certezas. Este é um ponto fundamental para a regulação das nanotecnologias: ao invés da certeza e previsibilidade do modelo positivista, o Direito passa para uma nova etapa onde a incerteza e a imprevisibilidade do comportamento das partículas e dos seus efeitos acompanharão o processo regulatório. Ao invés de previsões gerais e prévias, o mundo jurídico deverá produzir respostas alinhadas constitucionalmente para cada caso em concreto, levando em consideração justamente a fluidez das nanopartículas e de suas características e interações sempre inusitadas.

Começa-se a perceber que o conhecimento está abrindo mão de seu caráter aberto, para se tornar uma produção calculadamente elaborada em prol dos interesses privados e comerciais, destacando-se, nesta linha de visão, uma das características mais salutares da Tecnociência “[...] a sua pretensão de influir sobre a sociedade e de dominá-la sempre que possível.”¹⁷⁷

Este potencial transformador fez com que o século XXI iniciasse com a “revolução do corpo”¹⁷⁸, no qual torna-se cada vez mais rotineira a prática da fecundação fora do útero, a criopreservação de

¹⁷⁶ HOHENDORFF, Raquel Von; WUNSCH, Guilherme. **As nanotecnologias e os seus impactos na sociedade e no mundo do trabalho**. Disponível em: <http://emporioidireito.com.br/as-nanotecnologias-e-os-seus-impactos-na-sociedade-e-no-mundo-do-trabalho-por-guilherme-wunsch-e-raquel-von-hohendorff/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

¹⁷⁷ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 104-105.

¹⁷⁸ SANTOS, Boaventura de Sousa. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. São Paulo: Cortez, 2006. p. 204.

gametas, tecidos, membranas e células, a manipulação de genes, a clonagem, a criação de materiais nanotecnológicos ultra-resistentes capazes de substituírem compostos orgânicos, dentre tantos outros exemplos. Nesta seara, a sociedade, os juristas e o próprio Estado¹⁷⁹, são chamados a responder, ao passo que tamanho progresso acaba gerando sentimentos de medo e desconfiança.¹⁸⁰

Frente a possibilidade de nos tornarmos “engenheiros da própria vida”¹⁸¹ ou no dizer de Kim Eric Drexler “engenheiros da criação”¹⁸², somos impulsionados a questionar acerca dos rumos e responsabilidades deste novo conhecimento científico que modifica estruturas e altera compostos em nível nanoescalar. Questiona-se: será que estamos preparados para viver esta nova Ciência? Estamos prontos para embarcar nesta revolução sem mesmo ter a certeza de onde iremos chegar? A sociedade está preparada para acompanhar o ritmo deste desenvolvimento que aparenta nascer com vestes ultrapassadas, dado o ritmo na produção de novos produtos anunciados? Estamos preparados juridicamente para regulamentar esta matéria que se apresenta com veios complexos de compreensão e alcance, a ponto de poder fixar efetivas diretrizes de controle e responsabilização dos atos e decisões? As interrogações são inúmeras e merecem ponderações.

Para Raquel Von Hohendorff e Guilherme Wunsch:

As questões relativas aos riscos e a responsabilidade com os danos futuros estão vinculadas às características que as nanopartículas trazem: os efeitos físico-químicos dos materiais na escala nano diferem dos seus equivalentes em escala maior. Além disso, se desconhece um inventário onde se

¹⁷⁹ LEITE, Eduardo de Oliveira. O direito, a ciência e as leis bioéticas. *In*: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito**: Ciência da vida, os novos desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p.109.

¹⁸⁰ PEREIRA, Marcos Roberto. A possibilidade e a necessidade de resgate da perspectiva ético- científica. *In*: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito**: Ciência da vida, os novos desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 204.

¹⁸¹ RIFKLIN, Jeremy. **O século da biotecnologia**: a valorização dos genes e a reconstrução do mundo. São Paulo: Makron Book, 1999. p. 15.

¹⁸² DREXLER, Kim Eric. **Engines of Creation**. The coming era of nanotechnology. Anchor Books: New York, 1986.

possa pesquisar a quantidade, o tipo e a caracterização das nanopartículas já desenvolvidas por meio da ação humana. Mais de duas décadas atrás, estudos toxicológicos [...] já alertavam que seria prudente examinar e abordar as preocupações ambientais e de saúde humana antes da adoção generalizada das nanotecnologias. Com a exceção de algumas aplicações médicas da nanotecnologia, os governos, as empresas e até mesmo as universidades ignoraram este conselho. Como resultado, os governos permitiram que centenas, talvez mais de mil, produtos de consumo com materiais nanoengenheirados incorporados, fossem comercializados sem qualquer avaliação de segurança pré-mercado. Apesar disso, novos estudos, continuam sinalizando efeitos tóxicos.¹⁸³

A razão científica, pelo que parece, funciona como uma lógica supostamente independente de fatores ou desejos pessoais. Seu objetivo passou a ser a formulação de leis que existem independentemente das pessoas, ou seja, há um “mecanismo do direito” em detrimento de uma “ecologia do direito”.¹⁸⁴ Seus legitimantes são aqueles que manifestam algum interesse pessoal no poder da Ciência, resultando, mais cedo ou mais tarde, em responsabilizações múltiplas, já que as variáveis são muitas e as respostas insuficientes.

Os objetivos comerciais relacionados aos avanços científicos e tecnológicos deste novo século, seguem unidos à indústria e aos setores da economia, a fim de monopolizarem e customizarem pesquisas científicas, criando uma verdadeira vertente de bioindústrias, ou seja:

¹⁸³ HOHENDORFF, Raquel Von; WUNSCH, Guilherme. **As nanotecnologias e os seus impactos na sociedade e no mundo do trabalho**. Disponível em: <http://emporiiododireito.com.br/as-nanotecnologias-e-os-seus-impactos-na-sociedade-e-no-mundo-do-trabalho-por-guilherme-wunsch-e-raquel-von-hohendorff/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

¹⁸⁴ CAPRA, Fritjof; MATTEI, Ugo. **A revolução ecojurídica: o direito sistêmico em sintonia com a natureza e a comunidade**. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Cutrix, 2018. p. 41.

O desenvolvimento científico transportou-se para a indústria. A sociedade passa a ter pouquíssimo controle sobre os produtos e os processos que estão sendo realizados, pois o desenvolvimento científico passa a ser controlado virtual e unicamente por grandes indústrias, sem entendimento, discussão, adaptação e absorção mais igualitária das aplicações da Ciência. Se antes, o acompanhamento da sociedade e a absorção do conhecimento iam sendo feitos num ritmo e de forma mais participativas, agora mudou o caráter dessa produção.¹⁸⁵

O que se espera é que todo esse progresso, este avanço científico, seja colocado a favor do ser humano como pessoa, independentemente de raça, situação cultural, social, econômica e política. É neste contexto, que as normatizações devem continuar sendo estabelecidas e que os debates devem ser intensificados.

O Direito, por sua vez, deve seguir atento acerca das questões relativas ao poder da Tecnociência, seus alcances e responsabilidades, estabelecendo limites, porém, sem que estes resultem em retrocesso ou entrave do desenvolvimento científico, configurando-se como um importante aliado na busca de melhores condições de vida (englobando aqui tanto a atual quanto a futura), com vistas ao equilíbrio e a correlação de todos os interesses envolvidos, em prol do bem comum, do bem da vida, do bem humano e, conseqüentemente, do bem ambiental.

A ciência clássica tradicional objetivava a busca da verdade pelos critérios do cientista e pela simples observação dos resultados. Alcançada a verdade, abria-se espaço para a aplicação técnica destas verdades, que geralmente se desenvolviam ao longo do tempo e por pessoas e empresas geralmente alheias ao universo da investigação científica.¹⁸⁶ Hoje, conforme dito, a Ciência abandonou a certeza e

¹⁸⁵ DEGRAVE, Wim. O poder e as responsabilidades do conhecimento científico. *In*: CARNEIRO, Fernanda. EMERICK, Maria Celeste. **Limites**: a ética e o debate jurídico sobre o acesso e o uso do genoma humano. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 69.

¹⁸⁶ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia

encontra-se orientada por uma Tecnociência que se preocupa, preponderantemente, com objetivos previamente determinados e com critérios de utilidade e rentabilidade de um mercado inteiramente voltado ao lucro e projeção individual. Ao cientista não é dado mais decidir sobre as linhas e objetivos da pesquisa. A aplicação técnica antecede a busca pela verdade e pela investigação voltada ao fim comum. Primeiro serão exploradas e quantificadas, o quanto possível, as análises de aplicação e aproveitamento e, com base nestas previsões, decide-se se a investigação seguirá por uma ou outra linha, desde que compatíveis com o apoio financeiro necessário às suas previsões de rendimento.

A investigação científica decide sobre aquilo que é dado ao poder político decidir. Seu poder de decisão política é parte de um sistema que cada vez mais tem se tornado a regra e vem ganhando uma força gigantesca em termos de dominação. Nos espaços marcados pela complexidade técnica pode-se dizer que o poder político encontra-se condicionado à pesquisa científica; esta última, marcada, organizada e programada dentro de poderosas estruturas empresariais e industriais.

Nesse diapasão, o que se vê é a força da Ciência que amplia, cada vez mais, a autoridade de seu conhecimento sobre a insegurança das instâncias públicas. Por possuir pleno e efetivo domínio sobre as linhas de investigação, que se abrem ou se fecham atendendo a interesses lucrativos (por vezes, não científicos), percebe-se um esvaziamento do conteúdo material das normas jurídicas que acabam por se concentrar, basicamente, em aspectos formais ou de procedimento, sendo que as determinações materiais substantivas encontram-se reunidas nas mãos dos *experts* da Tecnociência.

Partindo de uma orientação científicista (que confia o acerto de sua decisão ao que se considera a melhor categorização científica e técnica), o Direito continua fascinado pela Ciência e seus conceitos, mesmo em cenários de incerteza e complexidade científica. Submerso em sua visão antropocêntrica (positivista e garantidora), acaba por fixar parâmetros que utilizam a “melhor técnica” como solução ao caso concreto – fato que denota sua incapacidade de assumir parâmetros natos de controle.¹⁸⁷

França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 104.

¹⁸⁷ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia

A liberdade de investigação é um direito constitucional e, como tal, deve permanecer e ser respeitada. Contudo, deve-se lutar por uma margem de atuação ampla da investigação que proporcione mais conhecimento e uma maior margem de escolha para as autoridades públicas com responsabilidades de decisão, fazendo com que o Direito reestruture-se e recupere sua capacidade de domínio e atuação, frente a um marco jurídico favorável não só em prol dos interesses dos seres humanos mas, inclusive, em prol dos interesses da própria Natureza. À guisa de tais interesses, constata-se a necessidade de um maior aprofundamento quanto às questões levantadas pela nanotecnologia como ciência aplicada e seus efeitos fora do universo laboratorial, sendo este o objeto central de análise do segundo capítulo, o qual se passa a discorrer.

CAPÍTULO II

2 A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA: um novo paradigma técnico-científico?

“Nas escalas pequenas, as coisas não se comportam em absoluto como aquelas cuja as quais temos uma experiência direta. Não se comportam como ondas, não se comportam como partículas, como números de bolas de bilhar, como um peso sobre a corda, e sim como nada que se já foi visto”.

Richard Phillips Feynman

Há muito, o homem vem garantindo sua evolução como sujeito empreendedor de novas tecnologias e novos direitos. Hoje, imersos numa crescente falange de novidades tecnológicas tem-se, com o advento da nanotecnologia, um prognóstico futuro incomensurável e, como consequência, implicações jurídicas nunca antes imaginadas. A necessidade de garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum de todos e preservado às presentes e futuras gerações tende à fragilização quando utiliza-se como parâmetro as auspiciosas técnicas nanotecnológicas e os riscos abstratos nela inseridos, fazendo-se necessário um intenso debate acerca de suas prodigiosas promessas. Marcos Roberto Pereira aduz que o fato de experimentos laboratoriais serem incorporados no dia a dia será “[...] cada vez mais comum. Faz muito tempo que o homem deixou de ser criatura e passou a ser criador. [...] A nanotecnologia e a nanociência são exemplos de que o homem de fato superou a sua condição de criatura.”¹⁸⁸

O objetivo da Ciência é construir um modelo unificado de universo e da compreensão de sua evolução, com base em um modelo empírico (de observação), que busca simular a realidade e conferir “previsões precisas sobre fenômenos futuros”¹⁸⁹, em prol da melhoria da qualidade de vida do ser humano.

¹⁸⁸ PEREIRA, Marcos Roberto. A possibilidade e a necessidade de resgate da perspectiva ético-científica. In: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito: Ciência da vida, os novos desafios**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 73.

¹⁸⁹ DEGRAVE, Wim. O poder e as responsabilidades do conhecimento científico. In: CARNEIRO, Fernanda. EMERICK, Maria Celeste. **Limites: a**

Ocorre, que a construção de previsões precisas sobre fenômenos futuros, na atual Sociedade de Risco¹⁹⁰ (vide capítulo 1), não tem seu fim atingido, uma vez que os riscos oriundos das novas tecnologias, em especial a nanotecnológica, são abstratos (invisíveis e imprevisíveis), não havendo certezas científicas quanto aos seus reais alcances e resultados. A compartimentalização e a consequente especialização da Ciência, exige uma compreensão interdisciplinar cada vez maior, no sentido de compreendermos a complexidade intrínseca desta importante área do saber.¹⁹¹

Preocupado com o papel e com a contribuição do Estado frente a uma política social, que trate com primazia as questões da Ciência, da tecnologia e do conhecimento científico, Marcos Roberto Pereira¹⁹² aponta para outros problemas que, de certa maneira, coadunam com a realidade apresentada pelo avanço científico e com o despreparo da sociedade quanto aos assuntos desta natureza:

[...] quando se pensa sobre uma política de ciência e tecnologia para o Estado, as questões se complexificam, pois a moderna ciência se torna cada vez mais cara; as desigualdades e necessidades sociais se agravam; ao mesmo tempo nenhuma sociedade contemporânea pode se igualar às demais sem um acentuado suporte científico-tecnológico; ademais o planejamento não poderia ficar atrelado a interesses imediatos, partidários ou corporativistas, enfim as estruturas não se ajustam às novas realidades e necessidades.

Nesse diapasão, faz-se oportuno salientar que “a ciência vive uma situação delicada entre o ímpeto de aumentar o conhecimento, e

ética e o debate jurídico sobre o acesso e o uso do genoma humano. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 65.

¹⁹⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 2011.

¹⁹¹ SILVA, Marise Borba da. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. **Revista Impulso**, Piracicaba, v.14, n.35, set. 2003. p. 75.

¹⁹² PEREIRA, Marcos Roberto. A possibilidade e a necessidade de resgate da perspectiva ético- científica. In: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito**: Ciência da vida, os novos desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 204.

a expectativa de transformar esse conhecimento em aplicações práticas e úteis para a sociedade.”¹⁹³ Há quem diga que a Ciência avançou tão celeremente que, paradoxalmente, a confiança em seu poder e em sua eficácia vem sendo substituída, nos dias atuais, por sentimentos de medo e desconfiança. Tereza Rodrigues Vieira ensina que a “pessoa humana é singular”, advertindo-nos quanto ao uso indiscriminado das técnicas, não no sentido de conter a pesquisa científica, mas da necessidade de “[...] identificar as práticas que deverão ser proibidas devido a seus potenciais perigos e exibir as vantagens e benefícios dessas técnicas para a humanidade. A solução está no equilíbrio.”¹⁹⁴

Vários dos conflitos atualmente vividos decorrem da averiguação relativa ao aperfeiçoamento de novas tecnologias dispostas ao serviço da melhoria da saúde, da qualidade de vida, do meio ambiente, de melhores condições de trabalho, lazer e conforto, as quais acabam por colocar em cheque as referências e medidas habituais dos fundamentos éticos e deontológicos que figuram nos códigos jurídicos regulando a conduta humana quando comparados a (re) invenção do futuro diante da revolução nanotecnológica.

O Direito, em sua jurisdição, acompanha a sociedade e busca, mesmo com sua força coercitiva, discipliná-la. A seu turno, a inediticidade e prematuridade do conhecimento dos riscos concretos advindos da utilização cada vez mais recorrente da nano escala, expõem-nos a uma ausência de preceitos normativos que resguardem, preventivamente, da inadequação e descontrole negativos oriundos deste novo ramo de exploração tecnológica.

Como resultado, abre-se no ordenamento jurídico brasileiro, uma corrente de estudos através da pesquisa nanotecnológica, na qual devem ser respeitados os limites da Ética, do princípio constitucional supremo da dignidade da pessoa humana¹⁹⁵ – reverenciado como pedra de toque de todo o ordenamento jurídico brasileiro –, e, principalmente, de todo aparato protetivo, afeto ao Direito Ambiental e

¹⁹³ DEGRAVE, Wim. O poder e as responsabilidades do conhecimento científico. In: CARNEIRO, Fernanda. EMERICK, Maria Celeste. **Limites: a ética e o debate jurídico sobre o acesso e o uso do genoma humano**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. p. 65.

¹⁹⁴ VIEIRA, Tereza Rodrigues. **Bioética e Direito**. São Paulo: Jurídica Brasileira, 1999. p. 38.

¹⁹⁵ SCAVOLINI, Francisco. Dolly e os embriões humanos. **Revista Jurídica Consulex**, ano VIII, n. 180, jul. 2004. p. 26.

sua especialidade, que garante o equilíbrio e proteção ao meio ambiente. Nas palavras de Carlos María Romeo Casabona¹⁹⁶:

O jurista encontra, cada vez mais frequentemente, sérios obstáculos que, inevitavelmente, tem de enfrentar quando pretende analisar uma realidade social nova, sobretudo quando sua instauração é condicionada de forma decisiva pelos avanços científicos e tecnológicos. A dificuldade consiste numa comprovação muito simples: para levar a cabo com êxito a análise jurídica da realidade social que se propôs como objeto de estudo, é preciso que o jurista tenha um conhecimento o mais acertado e fiel possível de tal realidade ou, dito de outro modo, do assunto que é objeto da apreciação jurídica [...] mas [...] quando as inovações tecnológicas ou as descobertas científicas se apresentam como núcleo ou fundo daquelas relações, o jurista corre o risco de fracassar em seu intento analítico, se não tiver realizado o esforço adicional de captar pelo menos os aspectos mais relevantes dessas inovações ou descobertas e o modo como verdadeiramente atuam nas relações humanas.

Há quem afirme que o avanço tecnocientífico “continua favorecendo uma desarmonia ainda maior entre os seus novos implementos e os interesses do homem em situação de vulnerabilidade”.¹⁹⁷ A inadequação de alguns conceitos civilistas que seguem na contramão da atual realidade científica acabam gerando uma fragilização do Direito no sentido de propor como suficiente a patrimonialização de bens ambientais (seja pelo dano causado ou pelo valor do bem si), que deixam de ser mensurados sob a ótica da Natureza, passando a ser quantificados/valorizados pelo grau de proveito absolvido pelos grandes interesses econômicos, industriais e

¹⁹⁶ CASABONA, Carlos María Romeo. *Genética e Direito*. In: CASABONA, Carlos María Romeo (org.). **Biotecnologia, Direito e Bioética**: Perspectivas em Direito Comparado. Belo Horizonte: Del Rey e PUC Minas, 2002. p. 23.

¹⁹⁷ SILVA, Reinaldo Pereira e. **Biodireito**: a nova fronteira dos direitos humanos. São Paulo: LTr, 2003. p. 104.

comerciais. Conforme pondera Eduardo de Oliveira Leite¹⁹⁸ é cada vez mais crescente o número de questões em que os princípios tradicionais do Direito e a própria dogmática jurídica não conseguem responder.

A “revolução do invisível”¹⁹⁹, ou como denominada por alguns estudiosos a quarta revolução industrial²⁰⁰ ou nova ordem de produção industrial²⁰¹, mostra-nos que a nanotecnologia é “a nova fronteira da era global”.²⁰² Ao permitir o controle de partículas infinitamente pequenas, estas mesmas partículas formam um arranjo que possibilita a fabricação de produtos com características nunca antes vistas. Esse novo arranjo, em nível atômico, causa uma certa apreensão daquilo que pode constituir um futuro não muito distante, ou seja:

Sua aplicação causará enormes impactos na sociedade, gerará enormes lucros com produtos e serviços revolucionários e provocará imensos riscos. Os patronos dessas técnicas garantem, para um futuro próximo, nanorrobôs circulando pelo sangue humano para reparar células, capturar micróbios ou combater cânceres;

¹⁹⁸ LEITE, Eduardo de Oliveira. O direito, a ciência e as leis bioéticas. In: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito**: Ciência da vida, os novos desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 118.

¹⁹⁹ ENGELMANN, Wilson. Direitos Bio-Humano-Éticos: Os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias. In: **CONPEDI – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito**. XIX Encontro Nacional, 2010, Fortaleza-CE. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

²⁰⁰ ALMEIDA, Paulo Roberto de. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Revista Espaço Acadêmico**, ano VI, n. 52, set. 2005. Disponível em: <http://www.espacoacademico.com.br/052/52almeida.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

²⁰¹ DREXLER, Kim Eric. **Radical Abundance**: how a revolution in nanotechnology will change civilization. PublicAffairs: New York, 2013. Versão digital.

²⁰² DUPAS, Gilberto. **Os riscos das nanotecnologias**. O Estado de São Paulo. ago. 2008. Disponível em: http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20080816/not_imp224980,0.php. Acesso em: 10 mar. 2017.

materiais dez vezes mais resistentes e cem vezes menos pesados que o aço; e armas e aparelhos de vigilância milimétricos e potentíssimos. Anunciam a implantação de nanochips no organismo humano para substituir ou adicionar células com funções novas, abrindo espaço para uma primeira geração de pós-humanos. E seus oráculos mais delirantes prometem a completa regeneração celular; no limite, a imortalidade. Mas há sérios alertas: risco de poluição ambiental incontrolável por partículas muito pequenas flutuando no ar, viajando a grandes distâncias e sem controle das barreiras naturais; nanocomponentes acumulando-se na cadeia alimentar com conseqüências não conhecidas; nanodispositivos modificando e controlando a mente humana; e reproduções descontroladas de nanopartículas destruindo vidas e gerando epidemias.²⁰³

Acredita-se que a compreensão científica de determinados riscos contribui para solução dos mesmos, perfazendo a principal missão da área da biossegurança. Assim, a análise científica do risco é condição necessária (não suficiente) para a tomada de decisões em políticas públicas, sem esquecer do devido alinhamento dos julgamentos aos sistemas de valoração sociais, principalmente quando a percepção individual e coletiva do risco nas sociedades pós-modernas tem representado um importante “fator de mobilização social”.²⁰⁴ Como bem considera Ivan Ricardo Garisio Sartori: “[...] ao Direito não cabe impor barreiras ou estabelecer divisas morais e religiosas intransponíveis, mas sim disciplinar fatos que, inevitavelmente, venham a surgir em decorrência da evolução humana.”²⁰⁵

²⁰³ DUPAS, Gilberto. **Os riscos das nanotecnologias**. O Estado de São Paulo. ago. 2008. Disponível em: http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20080816/not_imp224980,0.php. Acesso em: 10 mar. 2017.

²⁰⁴ TELLES, José Luiz. Bioética, Biotecnologias e Biossegurança: Desafios para o século XXI. In: VALLE, Silvio; TELLES, José Luiz. **Bioética e biorrisco**: abordagem transdisciplinar. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 189.

²⁰⁵ SARTORI, Ivan Ricardo Garisio. Células Tronco. O direito. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 10, n. 781, ago. 2005. Disponível em:

Feitas estas considerações iniciais, não é demais ressaltar que o progresso científico é sempre desejável, principalmente quando vêm acompanhado das preocupações com relação à sociedade e ao meio ambiente. Conforme dito inicialmente, o homem evoluiu em sua ânsia pelo conhecimento de maneira incomensurável, a ponto de podermos conceber a nanotecnologia como um novo marco científico, possível, legítimo e real. No entanto, a previsão das consequências desta ruptura são cada vez mais incertas. A escassez de dados que orientem quanto aos aspectos negativos destas novas tecnologias, acabam por abrir um campo de riscos à humanidade, ao meio ambiente e, quiçá, à própria vida no planeta, exigindo uma melhor compreensão de seus marcos definitórios.

2.1. NANOTECNOLOGIA: aportes necessários para sua compreensão

Por que não podemos escrever os vinte e quatro volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete?, com esta frase, Richard Philips Feynman (1918-1988)²⁰⁶, em uma conferência realizada na Sociedade Americana de Física, em 29 de dezembro de 1959, intitulada “*There’s Plenty of Room at the Bottom*”²⁰⁷, instigou na comunidade científica californiana a necessidade de pensar em novas possibilidades tecnológicas, chamando atenção para a possibilidade de existir coisas menores do que as conhecidas até aquele momento. Com isso, anteviu o que se concebe hoje como nanotecnologia: fonte capaz de criar materiais e produtos baseados na ascendente capacidade de

<http://jus.com.br/artigos/7186/celula-tronco-o-direito>. Acesso em: 21 mar. 2017.

²⁰⁶ Em que pese ser considerado o fundador da área nanotecnológica, a palavra nanotecnologia foi cunhada pelo pesquisador japonês Norio Taniguchi (1912-1999), em 1974. Contudo, a paternidade da tecnologia manométrica teórica vem do engenheiro norte-americano Kim Eric Drexler (1955 -), cuja obra *Engenhos da criação: o advento da era da nanotecnologia* (título em original: “*There’s Plenty of Room at the Bottom*”), de 1986, teve um papel fundamental na disseminação desta área. KÖLER, Graziela de Oliveira. As nanotecnologias e a responsabilidade civil prospectiva diante da temporalidade complexa. *In: Direitos Humanos e Novas Tecnologias*. ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). Direitos Humanos e Novas tecnologias. Jundiá: Pacto Editorial, 2015. p. 303.

²⁰⁷ Tradução livre: “Existe muito mais espaço lá embaixo”.

visualizar, manipular átomos e moléculas em escala *nano*.²⁰⁸ Seus seguidores tinham por convicção que a nanotecnologia seria a responsável por melhorias na “[...] qualidade de vida, no acesso a alimentos e à água, no tratamento e cura de muitas enfermidades e no acesso a novas e abundantes fontes de energia, que livre a humanidade da dependência em relação aos combustíveis sólidos.”²⁰⁹ Contudo, os limites da combinação livre da matéria atômica, proporcionando uma instabilidade química em sua estrutura, acendem um alerta quanto ao marco máximo de onde se pode chegar com essas pesquisas.

A investigação nanoescalar aponta para construção de um novo conhecimento científico cuja imprevisão dos resultados geram preocupações nas mais diversas áreas onde ela atua. Com isso a revolução científica contida nestas pesquisas apresenta-nos um modelo de compreensão da realidade moldando conceitos e possibilidades que destoam totalmente da perspectiva macro e microscópica até então conhecida. São descobertas desafiadoras que provocam uma verdadeira Revolução Científica²¹⁰ na qual não se pode passar do velho ao novo através de uma simples adição ao que já se conhecia.²¹¹

Momentos de quebra e construção de novos paradigmas além de modificar a essência da Natureza e das ações humanas, provocam transformações que transitam entre o positivo e o negativo, o bom e o mau, cuja imprevisibilidade dos efeitos, a médio e longo prazo, fazem com que uma nova visão de cuidado também deva ser implementada no interior das grandes revoluções científicas, *in casu*, a nanotecnológica.

Apresentando-se como uma inovação, traz à tona questões complexas e multidisciplinares, que englobam diferentes áreas do conhecimento, inclusive o Direito, principalmente no enfrentamento dos

²⁰⁸ PEREIRA, Marlene de Paula. Direito ambiental e nanotecnologia: implicações éticas, sociais e jurídicas. **Revista jurídica Unijus**, vol. 11, n. 14. Uberaba: Uniupe, 2008. p. 75.

²⁰⁹ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 306.

²¹⁰ Do magistério de Thomaz Kuhn colhe-se que a revolução científica “[...] é um episódio de desenvolvimento não-cumulativo, no qual um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.”. KUHNS, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017. p. 125.

²¹¹ KUHNS, Thomas S. **Qué son las revoluciones científicas?** y otros ensayos. Tradução de Antonio Beltrán. Barcelona: Paidós, 1989. p. 59 e 91.

novos riscos e dos possíveis danos, percebidos ou não, de seu uso. Assim, o alcance de níveis toleráveis de investigação comprometidos com resultados ambientais aceitáveis (entendendo-se aqui o meio ambiente em sua perspectiva ampla) deve seguir um planejamento que norteie, o máximo possível, a gestão dos riscos, das incertezas e das possibilidades apresentadas por este revolucionário universo nanotecnológico.

2.1.1. O conhecimento nanotecnológico: aspectos técnicos

No presente estudo, optou-se por utilizar o termo *nanotecnologia* por entender que ele compreende as mais diversas tecnologias não específicas que este tipo de pesquisa engloba, as quais apresentam múltiplas potencialidades de criação, inovação e implementação. Sua capacidade de estar presente em várias áreas, faz com que não tenha uma classificação específica, como, por exemplo, na técnica de nanoencapsulamento, cuja possibilidade de variações podem estar presentes em inúmeros seguimentos industriais como “[...] na liberação de princípios ativos de cosméticos e fármacos humanos ou veterinários, no controle da aplicação de fertilizantes ou pesticidas, ou ainda na liberação de aromas e compostos de sabor em alimentos industrializados.”²¹²

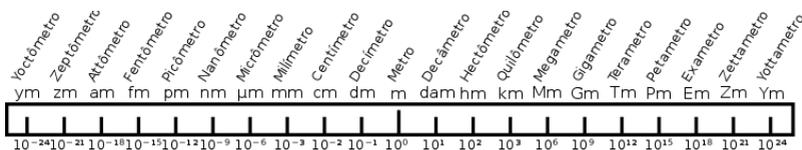
Compreende-se, então, que a nanotecnologia inaugura uma fase de compreensão científica que rompe com as tradicionais tecnologias mecânicas, fornecendo franco espaço de observação e manipulação em nível molecular e submolecular, podendo ser considerada, em um primeiro momento, como a evidência de algo que escapa à nossa compreensão. Contudo, para os cientistas da física e da química que tratam da relação quântico-consciência, as tecnologias moleculares

²¹² OLIVEIRA, Cauê Ribeiro de; *et al.* Relatório de Atividades do Grupo de Trabalho em Mercado. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia organizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2010. apud ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão interdisciplinar da inovação. In: **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). Direitos Humanos e Novas tecnologias. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 54.

centradas na nanotecnologia são denominadas como “ultrafinas”²¹³, “elegantes [...] e mais precisas.”²¹⁴

Esta nova tecnologia molecular abrange os mais variados tipos de pesquisa efetuadas em dimensões inferiores a 1.000 (mil) nanômetros, de modo que 1 (um) nanômetro equivale a 0,000001 (10^{-6}) milímetros ou a 0,000000001 (10^{-9}) metros, tratando-se de uma inovação tecnológica que tem como escopo a criação, produção, alteração e controle de materiais a partir de uma escala extremamente reduzida da matéria.²¹⁵

Figura 1 – Régua ilustrativa com as unidades de medida – ordem de grandezas: múltiplos e submúltiplos do metro – Sistema Internacional de Unidades de Comprimento



Fonte: WIKIPEDIA. **Unidades de comprimento.** Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_comprimento. Acesso em: 20 nov. 2017.

O termo nanotecnologia é derivado do grego *nannos*, cujo prefixo significa *anão* ou ‘tornar menor’.²¹⁶ Dentro de uma escala de medidas, o prefixo *nano* refere-se à escala dos nanômetros (nm), podendo ser considerado uma escala de medida utilizada pela Ciência – no caso, a Nanociência²¹⁷ –, para designar algo que por ilustração comparativa é

²¹³ TERZANO, C.; DI STEFANO, F.; CONTI, V.; GRAZIANI, E.; PETROIANNI, A. Air pollution ultrafine particles: toxicity beyond the lung. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, v. 14, 2010. Disponível em: <https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/824.pdf>. Acesso em: fev. 2018. p. 809-821.

²¹⁴ LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1996. p. 54-58.

²¹⁵ QUARESMA, Alexandre. **Nanotecnologias**: Zênite ou Nadir? Rio de Janeiro: Editora Escriba, 2010. p. 18.

²¹⁶ OZIN, Geoffrey A.; ARSENAULT, André C. **Nanochemistry**: a chemical approach to nanomaterials. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005. p. 2.

²¹⁷ Nanociência é o estudo da matéria em dimensões entre 1 a 100 nanômetros, escala que permite o surgimento de fenômenos singulares e novas aplicações, em escala atômica, molecular e macromolecular. Corresponde a fase científica em

50.000 (cinquenta mil) vezes menor que a espessura de um único fio de cabelo. Ainda em caráter ilustrativo, enquanto um milímetro pode ser facilmente visualizado em uma régua, um micrômetro ($1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6}$) corresponde a um milionésimo do metro e a um milésimo do milímetro; um nanômetro ($1 \text{nm} = 1 \times 10^{-9}$ m), por sua vez, corresponde à bilionésima parte de um metro, ou seja, a um milionésimo de milímetro²¹⁸ ou, ainda, a um milionésimo de micron. Assim, *nano* é uma medida que engloba “a habilidade de trabalhar a nível molecular, átomo por átomo, criando estruturas com organizações moleculares diferentes e explorando as novas propriedades exibidas em tal escala”.²¹⁹

Visando uma padronização dos elementos nanoescalares, a definição trazida pela International Organization for Standardization - ISO TC 229²²⁰, passa pela verificação de características primordiais de categorização: a) produtos ou processos que estejam tipicamente, abaixo de 100nm (cem nanômetros); b) nesta escala, as propriedades físico-químicas devem ser diferentes dos produtos ou processos que estejam em escalas maiores; c) o processo de síntese deve ser realizado mediante controle absoluto das propriedades físico-químicas das estruturas moleculares, d) os blocos de compostos nanoestruturados iniciais, ao se combinarem quimicamente, devem possuir a capacidade de produzir estruturas maiores.

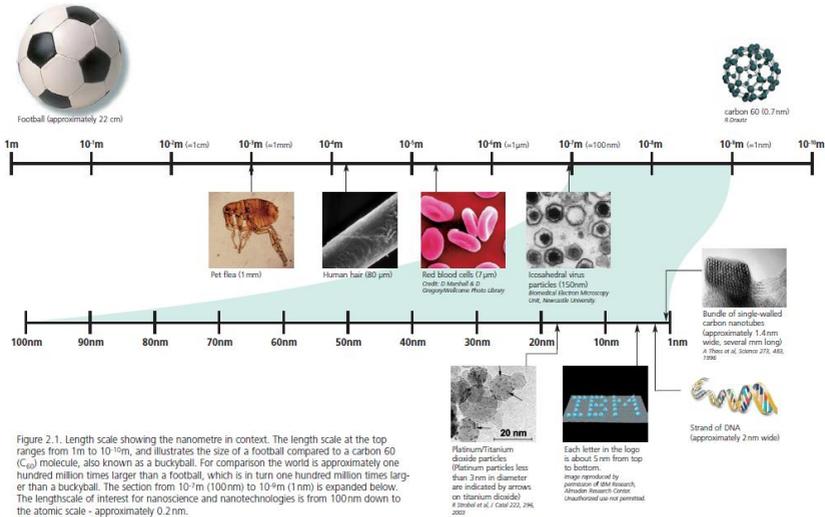
que busca-se compreender o comportamento da matéria em escala manométrica, como também, seus efeitos e influência nas propriedades dos materiais. THE ROYAL SOCIETY. **Nanociência and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**, jul. 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 15 nov. 2017.

²¹⁸ SOCIAALECONOMISCHE RAAD. **Nanoparticles in the Workplace: Health and Safety Precautions**. Haia, 2009. Disponível em: https://www.ser.nl/~media/Files/Internet/Talen/Engels/2009/2009_01/2009_01.ashx. Acesso em: 15 nov. 2017. p. 7.

²¹⁹ ENGELMANN, Wilson; CARDOSO, Tatiana de Almeida Freitas Rodrigues. Os novos poderes e a necessidade de uma regulação mundial para as nanotecnologias. **Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito**, v. 2, ano 2010. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/343/2057>. Acesso em: 25 ago. 2018. p. 183.

²²⁰ ISO – International Organization for Standardization. **ISO/TC 229. Nanotechnologies**. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/381983.html>. Acesso em: 10 ago. 2017.

Figure 2 – Dimensões nanométricas



Fonte: THE ROYAL SOCIETY. **Nanociência e nanotecnologias: oportunidades e incertezas**, jul. 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf Acesso em: 15 nov. 2017.

Os avanços mais significativos na escala *nano* foram percebidos a partir da década de 80 (oitenta) do século passado em razão do desenvolvimento de instrumentos que propiciaram as pesquisas neste setor²²¹, fazendo-se oportuno citar:

a) a invenção do microscópio eletrônico pelo físico alemão Ernst Ruska (1906 - 1988), em 1931 (com potencial de aumento muito superior ao óptico, este microscópio utiliza feixe de elétrons e lentes eletromagnéticas em sua varredura, representando uma desmagnificação na ordem de até x500,000 vezes)²²²;

²²¹ CHARRIÈRE, Alin; DUNNING, Beth. **Timeline: Nanotechnology Policy and Regulation in Canada, Australia, the European Union, the United Kingdom, and the United States**. Institute for Science, Society and Policy. University of Ottawa, 2014. Disponível em: <http://issp.uottawa.ca/sites/issp.uottawa.ca/files/issp2014-nanotechnologytimeline.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

²²² LEIPERT, Stefanie. **1931: Físico alemão cria o microscópio eletrônico**. Disponível em: <http://www.dw.com/pt-br/1931-físico-alemão-cria-microscópio->

b) a invenção do microscópio com campo de emissão pelo físico alemão Erwin Wilhelm Müller (1911-1977), em 1936 (tipo de microscópio eletrônico que pode alcançar uma ampliação em até x1,000,000; primeiro dispositivo que tornou capaz a análise de superfícies de materiais em uma escala quase molecular, constituindo um requisito importante nas pesquisas com substâncias na escala nano)²²³;

c) a invenção do microscópio de íon de campo pelo físico alemão Erwin Wilhelm Müller (1911-1977), em 1951 (representa a sofisticação do microscópio com campo de emissão, podendo alcançar uma ampliação de até x10,000,000, com alcance em escala atômica)²²⁴;

d) a cunhagem do termo “engenharia molecular”, em 1956, pelo físico alemão Arthur Robert von Hippel (1898-2003), membro do Massachusetts Institute of Technology (MIT), com a publicação do livro *Molecular science and molecular engineering*²²⁵;

e) a invenção do microscópio de corrente por tunelamento ou STM (*scanning tunnelling microscope*), pelo físico alemão Gerd Binnig (1947-) e pelo físico suíço Heinrich Rohrer (1933-2013), em 1981, (baseado no conceito de tunelamento quântico, este microscópio é capaz de colher e imagens e manipular átomos e moléculas em nível atômico, com 0.1 nm de resolução lateral e 0.01 nm de resolução de profundidade)²²⁶;

eletrônico/a-1136122. Acesso em: 28 dez. 2017.

²²³ CHARRIÈRE, Alin; DUNNING, Beth. **Timeline:** Nanotechnology Policy and Regulation in Canada, Australia, the European Union, the United Kingdom, and the United States. Institute for Science, Society and Policy. University of Ottawa, 2014. Disponível em: <http://issp.uottawa.ca/sites/issp.uottawa.ca/files/issp2014-nanotechnologytimeline.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

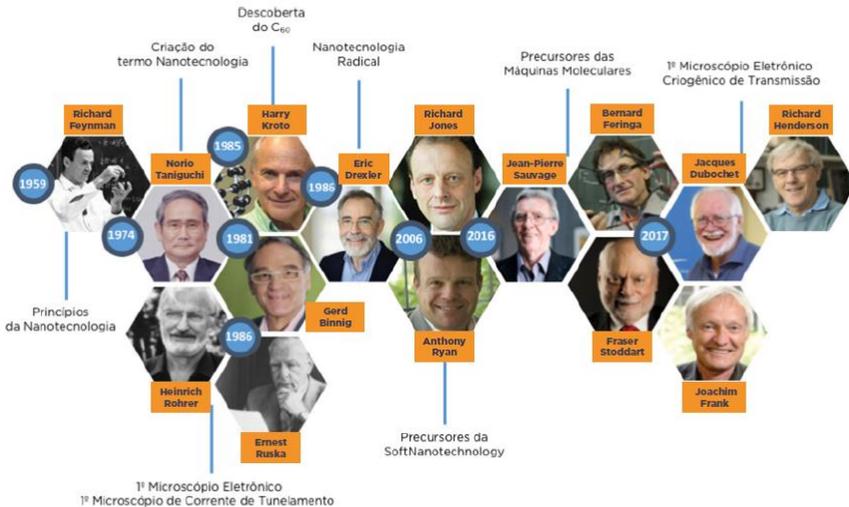
²²⁴ CHARRIÈRE, Alin; DUNNING, Beth. **Timeline:** Nanotechnology Policy and Regulation in Canada, Australia, the European Union, the United Kingdom, and the United States. Institute for Science, Society and Policy. University of Ottawa, 2014. Disponível em: <http://issp.uottawa.ca/sites/issp.uottawa.ca/files/issp2014-nanotechnologytimeline.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

²²⁵ CHARRIÈRE, Alin; DUNNING, Beth. **Timeline:** Nanotechnology Policy and Regulation in Canada, Australia, the European Union, the United Kingdom, and the United States. Institute for Science, Society and Policy. University of Ottawa, 2014. Disponível em: <http://issp.uottawa.ca/sites/issp.uottawa.ca/files/issp2014-nanotechnologytimeline.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

²²⁶ GLOBO CIÊNCIA. **Microscópio de tunelamento permite observação e manipulação atômica.** Criado no início dos anos 80, aparelho rendeu Prêmio Nobel aos inventores. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/02/microscopio-de->

f) o desenvolvimento do microscópio de força atômica ou AFM (*Atomic Force Microscope*), pelo físico alemão Gerd Binnig (1947-), em 1985 (capaz de medir forças menores que $1\mu\text{N}$ (um micronewton) entre a ponteira e a superfície da amostra).²²⁷

Figura 3 – Pioneiros no desenvolvimento da nanotecnologia



Fonte: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. **Nanotecnologia aplicada ao agronegócio**, 2018. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2018/04/16/NanotecnologiaNoAgronegocio.PDF>. Acesso em: 20 abr. 2018.

Tendo em vista que a unidade de medida principal é o metro, há situações em que ela assume caráter relativo e não prático, principalmente se estivermos diante de grandes ou pequenas extensões. Se, de um lado, pretende-se medir grandes extensões, a unidade de metro passa a ser considerada muito pequena, e se, de outro, pretende-se medir “pequenas”

tunelamento-permite-observacao-e-manipulacao-atômica.html. Acesso em: 28 dez. 2017.

²²⁷ OLHARNANO. **Entenda a microscopia de força atômica**. O universo ao seu alcance (AFM). Disponível em: [http://www.olharnano.com/artigos/4001/191001/Entenda-a-microscopia-de-força-atômica-\(AFM\)](http://www.olharnano.com/artigos/4001/191001/Entenda-a-microscopia-de-força-atômica-(AFM)). Acesso em: 11 jan. 2018.

extensões, a unidade de metro assume caráter de muito grande. Desta forma, diante da Figura 1, não é demais ressaltar que a nanotecnologia trabalha com dimensões inferiores a 1.000 (mil) nanômetros, sendo que 1 nanômetro é igual a 0,000001 milímetros. Dito isto, fica fácil auferir que parte considerável da tecnologia que temos conhecimento foi produzida em uma escala cujas proporções são, no mínimo, visíveis à olho nú, atendendo os parâmetros em que fomos ensinados a perceber o mundo e seus objetos. Todavia, toda tecnologia de ponta desenvolvida no último século têm, por base, o invisível, ou seja, as escalas tendem a assumir, cada vez mais, uma progressão em direção ao intangível, fazendo do metro algo extremamente grande.

O papel determinante da Ciência frente o desenvolvimento da tecnologia nanoescalar reside no fato de que a apreensão e aferição de pesquisas em escalas que variam entre 0,1 a 1000 nanômetros, rompem com o paradigma clássico científico, fazendo com que leis da física, como a gravidade, por exemplo, assumam um grau de importância diametralmente oposto aos inaugurados pela nanotecnologia.

Fruto de metodologia de estudo quântico, na qual cada átomo ou molécula são individualizadamente considerados e agem como partículas interagentes (encontrando-se espacial e temporalmente em uma região própria, particular, podendo-se comportar de maneira melhorada ou com novos arranjos de propriedade), fácil perceber sua distinção com a física clássica. Assim, o modo como os átomos e as moléculas se organizam em nível escalar, faz com que surjam novas propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas, elétricas, da matéria, constituindo o escopo principal de sua aplicação.²²⁸

Considerada em seu nível atômico²²⁹, a nanotecnologia chama para si um forte entrelaçamento multidisciplinar de técnicas²³⁰ baseadas na química, na física, na biologia, na medicina, na tecnologia de

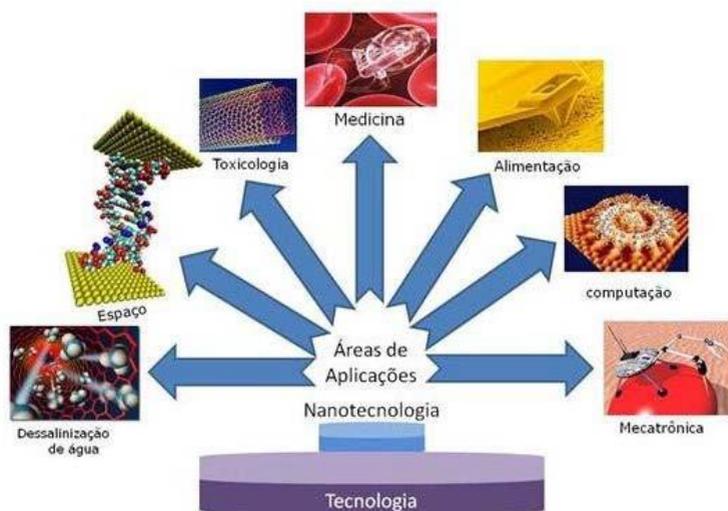
²²⁸ DREXLER, Kim Eric. **Radical Abundance**: how a revolution in naotechnology will change civilization. PublicAffairs: New York, 2013. Versão digital.

²²⁹ DREXLER, Kim Eric. **Radical Abundance**: how a revolution in naotechnology will change civilization. PublicAffairs: New York, 2013. Versão digital.

²³⁰ DUPAS, Gilberto. Nanotecnologias: mais um mito do progresso. *In.*: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). **Uma sociedade pós-humana**: possibilidades e limites das nanotecnologias. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 57.

informação, na engenharia de materiais, na engenharia da computação²³¹, representando uma verdadeira ampliação da maneira de interpretar a vida e a Natureza, desafiando as atuais compreensões do que será genuinamente “humano”.²³² O movimento de conversão dessas ciências e tecnologias profundamente transformadoras, faz com que seu avanço e inediticidade sejam a principal força e iniciativa científica do século XXI, modulando um grande desafio tanto para a comunidade científica quanto para o desenvolvimento de soluções econômicas, sociais, políticas e jurídicas²³³ neste campo.

Figura 4 – Áreas de aplicação da nanotecnologia



Fonte: BEATAEQ. **Nanotecnologia aplicada a engenharia química.** Disponível em: <https://betaeq.com.br/index.php/2015/10/31/nanotecnologia-aplicada-a-engenharia-quimica/>. Acesso em: 15 fev. 2018.

²³¹ DREXLER, Kim Eric. PETERSON, Chris; PERGAMIT, Gayle. **Unbounding the future: the nanotechnology revolution.** Morrow, 1991. Versão digital.

²³² SILVA, Cylon Gonçalves da. **O que é nanotecnologia?** Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>. Acesso em: 05 dez. 2017.

²³³ EUROPEAN COMMISSION RESEARCH. **Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies,** 2004. Disponível em: http://www.ntnu.no/2020/pdf/final_report_en.pdf. Acesso em: 07 fev. 2018.

Em linhas conceituais, pode-se dizer que a nanotecnologia:

[...] manipula átomos e moléculas para realizar processos, construir coisas ou construir seres vivos. Ela funciona re-arranjando a matéria na escala de átomos, que são a forma estrutural mais elementar de qualquer coisa ou de qualquer ser vivo. 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).²³⁴ [grifo conforme original].

[...] é atualmente uma área interdisciplinar cobrindo diversos tópicos e com aplicações em muitos domínios, tais como os produtos de consumo (roupas, alimentos, cosméticos), o ambiente, a energia, a eletrônica e a medicina. As potenciais aplicações futuras são imensas, desde *nanorobots* que reparam as nossas células a materiais mais leves que o aço mas dez vezes mais resistentes. Na opinião de alguns cientistas, a nanotecnologia pode vir a estar na base da próxima **revolução industrial**, daqui a apenas 10 ou 20 anos.²³⁵ [grifo conforme original].

[...] é o design, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas a partir de um controle de forma e tamanho em escala nanométrica.²³⁶

²³⁴ GUAZZELLI, Maria José; PEREZ, Julian (orgs.). Nanotecnologia. **A manipulação do invisível**. Novas Tecnologias: Centro Ecológico, 2009. p. 2.

²³⁵ LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE PROCESSOS QUÍMICOS. **Portal**. Coimbra, 2007. Disponível em: http://labvirtuaal.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2. Acesso em: 02 out. 2017.

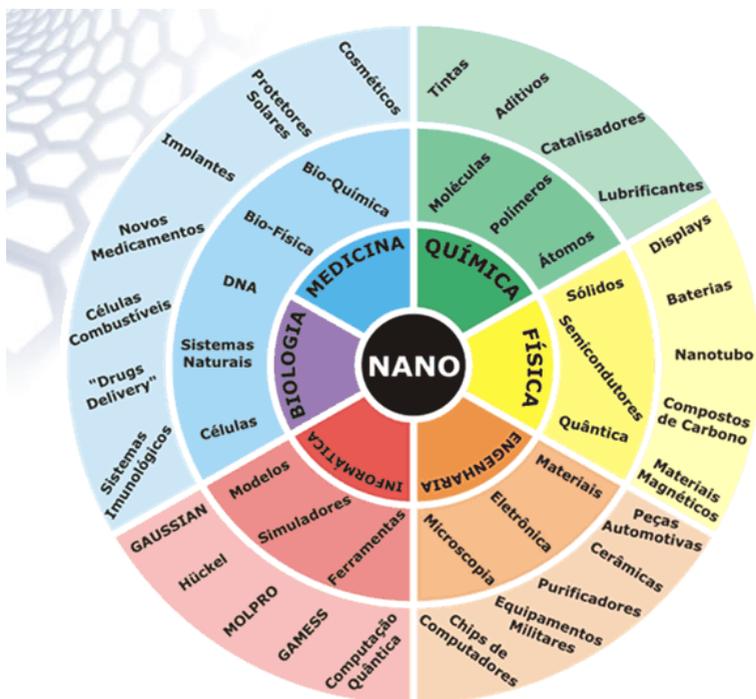
²³⁶ THE ROYAL SOCIETY. **Nanocience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**, jul. 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 15 nov. p. 5.

Dentre suas grandes novidades, a nanotecnologia possibilita a fabricação de nanomateriais ou nano-objetos para utilização em setores variados²³⁷, dos quais destacam-se, de modo geral: embalagens, produtos esportivos, novos medicamentos, odontologia, plásticos e polímeros, produção e distribuição de energia, indústria alimentícia, agronegócio, tratamento de água e de solo, metalurgia, equipamentos militares, construção civil, indústria têxtil, telecomunicação, química, indústria aeroespacial e cosméticos.²³⁸

Figura 5 – Mandala nanotecnológica

²³⁷ Neste sentido, áreas da química, física e biologia são as pioneiras e as mais engajadas na manipulação e composição de novas nanoestruturas, que possibilitam a entrada no mercado de diversos produtos, principalmente na área da saúde e das tecnologias. Na primeira, o uso em cosméticos (alto poder de penetração cutânea) e diagnósticos de doenças (com a possibilidade da previsão exata de onde o princípio ativo de um medicamento deverá agir – *drug delivery*); na segunda, na criação de materiais e substâncias que apresentem alta resistência mecânica e flexibilidade (tecidos resistentes à manchas e que não amassam, produtos, produtos ligados à linha antierosiva de metais, equipamentos eletrônicos em geral, são alguns dos inúmeros exemplos). ZANELLA, Ivana; FAGAN, Solange B. Nanotecnologia: a escala nanométrica e a interdisciplinaridade. *In*: ENGELMANN, Wilson. **Seminário nanotecnologias: um desafio para o Século XXI**. São Leopoldo: Casa Leira, 2010. p. 138-139.

²³⁸ BRITO, Edivaldo. **Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro**. Techtudo, 2013. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 15 fev. 2018.



Fonte: PUC-RIO. **Nanotecnologia**. Introdução. Disponível em: http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_introducao.asp. Acesso em: 12 nov. 2017.

As nanopartículas precisam ser pensadas como algo de complexa magnitude e escala própria, na qual a possibilidade de criação de um mosaico de modalidades não são visíveis e/ou aferíveis de pronto. Elas incluem propriedades funcionais diferentes dos materiais comuns, sobretudo quando postas ao lado de partículas macroscópicas, ou microscópicas.

De acordo com o relatório da *National Science Foundation*, intitulado *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*²³⁹, o que existe é uma verdadeira revolução na Ciência e na tecnologia diante da (re)organização, medição e manipulação da matéria em nanoescala.

²³⁹ NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology**. 2001. Disponível em: <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

Nesta perspectiva, a nanotecnologia torna-se uma forma de fazer Ciência que representa, para além de um passo em direção à miniaturização e uma escala qualitativamente nova, uma área que visa atribuir um novo entendimento acerca da Natureza. Ela constitui a aceção de uma tecnologia que mudará o mundo. Esta revolução guarda, por sua vez, uma das características mais marcantes das sociedades tecnológicas: “a rápida incorporação da nova tecnologia ao cotidiano das pessoas”.²⁴⁰

De outro norte, sem um prazo de maturação suficiente, a comprovação da reprovabilidade dos materiais nanofabricados ou engenheirados fica relegada a segundo plano, transformando as pessoas, o meio ambiente a Natureza num verdadeiro laboratório *in vivo* dos agentes industriais e econômicos. Este fato denota, de acordo com o estudado no capítulo anterior, o alto grau da irresponsabilidade organizada²⁴¹, que quando associada às dinâmicas socioeconômicas modernas, transformam a nanotecnologia em um novo problema socioambiental, tendo em vista a dificuldade na compreensão da própria técnica em si e dos riscos por ela gerados.

Diante do fato de que a fabricação de objetos em escala manométrica depende mais dos meios tecnológicos que viabilizam a produção deste tipo de material, do que da natureza da matéria prima por ele utilizada²⁴², é que se passa a estudar a importância e as principais diferenças existentes entre as nanopartículas naturais, incidentais e engenheiradas.

2.1.2. A importância e as diferenças entre nanopartículas naturais, incidentais e engenheiradas

O grande mercado promissor que a nanotecnologia inaugurou, trouxe à tona diversas “nano” áreas, das quais cita-se²⁴³:

²⁴⁰ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 306.

²⁴¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2011.

²⁴² SHULTE, Paul A.; SALAMANCA-BUENTELHO, Fabio. Ethical and scientific issues of nanotechnology in the workplace. **Ciência Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 5, set./out., 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000500030>. Acesso em: 01 set. 2018.

²⁴³ ADBI. **AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Estudo prospectivo nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010.

Nanobiotecnologia, Nanoenergia, Nanoambiente, Nanoeletrônica, Nanomateriais e Nanomedicina.²⁴⁴ Ao conjugar áreas tradicionais de conhecimento com a incorporação de materiais e dispositivos manipulados nanometricamente as “nano” áreas objetivam a exploração dos benefícios oferecidos por estas novas propriedades. Por outro lado, a globalização dos sistemas fez surgir áreas afetas à nanoeconomia, nanodireito e nanoética, que “[...] aludem e tentam antecipar a potencial transformação de práticas, instituições, processos cognitivos e normativos em seus respectivos âmbitos após a incorporação da nanotecnologia em nossa prática cotidiana.”²⁴⁵

A manipulação nanométrica dos materiais traz como benefícios específicos, por exemplo: a) a possibilidade de alterar as propriedades físico-químicas de um material sem alterar sua composição, oferecendo-lhe novas aplicações; b) a capacidade de organização sistemática de entes orgânicos, na síntese de compostos nanoestruturados, que passam a ser produzidos por *self-assembly*²⁴⁶; c) o aumento da razão superfície/volume dos materiais, tornando-os quimicamente mais reativos; d) a disposição atômica determinada dos materiais nanoestruturados faz com que sejam dotados de maior densidade, melhorando por exemplo, sua condutividade elétrica, capacidade de armazenamento de dados, etc..²⁴⁷ Ao lado disso, manipulações em nanoescala produzem efeitos quânticos e de superfície que provocam alterações significativas nas propriedades físicas, elétricas,

²⁴⁴ MIRANDA, José Eduardo de; LIMA, Andréa Corrêa. 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. In: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **Impactos sociais e jurídicos das nanotecnologias**. Universidade do vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017. Versão digital. p. 207-232.

²⁴⁵ PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. Nanotecnociência e Humanidade. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2016. p. 19.

²⁴⁶ *Self-assembly* é um mecanismo que conduz à “[...] produção auto-organizada sem mediação de estímulos externos posteriores. [...]”. PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. **Nanotecnociência e Humanidade**. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2016. p. 18. Acerca do *self-assembly* também foi utilizada como fonte de consulta a seguinte obra: RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big area**. Disponível em: http://materialrulz.weebly.com/uploads/7/9/5/1/795167/nanotechnology_a_gentle_introduction_to_the_next_big_idea.pdf. Acesso em: mar. 2018.

²⁴⁷ MANSOORI, G. Ali. **Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems**. New York: World Scientific. 2005.

mecânicas, químicas e ópticas, levando a alterações de cor, densidade, resistência, na condutividade elétrica e térmica, por exemplo.²⁴⁸

Conforme apresentado anteriormente, a Nanociência²⁴⁹ resulta da interação/cominação de várias áreas do conhecimento e a nanotecnologia busca a aplicação técnica das nanoestruturas na formulação de dispositivos nanoescalares viáveis e utilizáveis.²⁵⁰ Deste modo, partindo de sua produção e origem, as nanopartículas podem ser classificadas em: naturais, acidentais e engenheiradas.

As nanopartículas naturais dizem respeito à estruturas atômicas/moleculares que podem ser livremente encontradas na natureza, de forma dispersa, como no caso das partículas de poeira e cinzas vulcânicas, as gotículas de água ou sal marinho, partículas de fumaça e de minerais, vírus, etc.; como não são, necessariamente, resultado da ação humana, podem vir de processos físicos como erosão e combustão.²⁵¹

Ao lado das nanopartículas naturais estão as de origem antrópica, antropogênica ou incidental, produzidas pela ação humana de forma especulativa, não intencional. Sua dispersão mais comum se dá, indiretamente, como resultado da queima do cigarro, das demolições prediais, das atividades industriais que utilizam a queima de combustíveis fósseis, a combustão de minérios, gases e óleos, etc..²⁵²

²⁴⁸ Estudos efetuados em partículas orgânicas e metálicas tem destacado o surgimento destas novas propriedades como possibilidades de inovação e aplicação destes materiais. Isso fica fortemente evidenciado nas partículas de ouro, ferro e cobre. RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big area.** Disponível em: http://materialrulz.weebly.com/uploads/7/9/5/1/795167/nanotechnology_a_gentle_introduction_to_the_next_big_idea.pdf. Acesso em: mar. 2018.

²⁴⁹ THE ROYAL SOCIETY. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties,** jul. 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 15 nov. 2017.

²⁵⁰ RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big area.** Disponível em: http://materialrulz.weebly.com/uploads/7/9/5/1/795167/nanotechnology_a_gentle_introduction_to_the_next_big_idea.pdf. Acesso em: mar. 2018.

²⁵¹ FULEKAR, M. H.; PATHAK, Bhawana. **Environmental nanotechnology.** Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018. p. 90.

²⁵² BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. **Biointerphases**, vol. 2, n. 4, december 2007.

Já os nanomateriais (aqueles que resultam da técnica aplicada), os materiais nanoestruturados (aqueles que, ainda que tenham escalas nanométricas, consistem em blocos micro ou macroscópicos de um certo tipo de material que no processo de fabricação sofre manipulação em nível nanométrico, podendo ser utilizados na construção de uma infinidade de produtos complexos como os nanoprodutos e os nanodispositivos) e os materiais nanoengenheirados (compreendem os fabricados e manufaturados com destinação pré-determinada), são criados para atenderem finalidades específicas²⁵³ e o fator de destaque está na maneira como são sintetizados. Esta síntese parte da utilização de duas formas básicas:

a) a *top-down*, ou seja, da aproximação de cima-para-baixo, do grande para o pequeno. Parte-se da utilização de “[...] um bloco, uma peça grande e a partir do desbaste, a moagem ou ataque químico, procede-se a redução do tamanho da peça [...]”.²⁵⁴ Esta síntese de nanomateriais pode se dar, também, a partir de técnicas de gravura, escultura e litografia, que auxiliam, por exemplo, no desenvolvimento e refino de semicondutores, microships e nanotubos de carbono.²⁵⁵ Este processo é considerado preciso, confiável e capaz de desenvolver dispositivos de alta complexidade, apesar de gerar mais energia e resíduos na sua produção quando comparado à técnica *bottom-up*²⁵⁶;

Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018. p. 33-35.

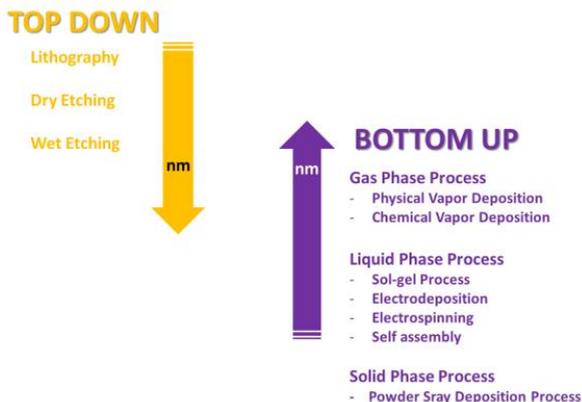
²⁵³ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.

²⁵⁴ JACOBI, Marly Maldaner. El Admirable mundo Nano: Nanociencia y Nanotecnología. **Revista SLT Caucho: Industria y Tecnología en América Latina**, n. 4, ano 2014. Disponível em: <https://issuu.com/sltc/docs/revista-sltcaucho-noviembre-2014?e=11688195/10108505>. Acesso em: 25 mai. 2017. p. 13.

²⁵⁵ TROCHE, Karla S. **Estudo estrutural e eletrônico de fulerenos e diamondóides encapsulados em nanotubos de carbono**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin. Campinas, 2007. p. 7.

²⁵⁶ EUROPEAN COMMISSION. **JRC Scientific and Policy Report Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term "nanomaterial"**. Part 1: Compilation of information concerning the experience with the definition, 2014. Disponível em:

Figura 6 – Produção de materiais nanoengenheirados – técnica *top-down*



Fonte: EUROPEAN COMISSION. **JRC Scientific and Policy Report Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term "nanomaterial"**. Part 1: Compilation of information concerning the experience with the definition, 2014. Disponível em: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC89369/lbna26567enn.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

b) a *bottom-up*, ou seja, da aproximação de baixo-para-cima, a partir de síntese química e montagem proposicional de moléculas atômicas ou estruturas moleculares, como por exemplo, os pontos quânticos²⁵⁷ e os fulerenos.²⁵⁸ Neste processo, as estruturas são construídas átomo a átomo, molécula a molécula, envolvendo basicamente três técnicas: “[...] a) a síntese química, b) a auto-organização das partículas geradas (*self-assembly*) e c) a manipulação e colocação das partículas nas posições desejadas, a exemplo do realizado

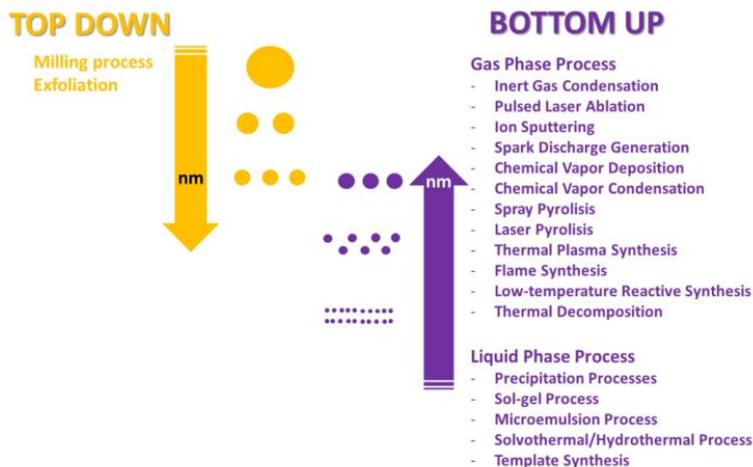
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC89369/lbna26567enn.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

²⁵⁷ ABDALA, Érico, **Pontos Quânticos**: entenda como funciona essa tecnologia. Showmetech. out. 2016. Disponível em: <https://www.showmetech.com.br/pontos-quanticos-entenda-como-funciona-essa-tecnologia/>. Acesso em: 05 jun. 2018.

²⁵⁸ BRASIL. FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Fulerenos**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/fulerenos>. Acesso em: 15 nov.2017.

pelos pesquisadores da IBM [...], cujo nome da empresa foi escrito “[...] com átomos de Xenônio sobre uma superfície de Níquel [...]”.²⁵⁹

Figura 7 – Produção de materiais nanoengenhierados – técnica *top-up*



Fonte: EUROPEAN COMMISSION. **JRC Scientific and Policy Report Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term "nanomaterial"** Part 1: Compilation of information concerning the experience with the definition, 2014. Disponível em: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC89369/lbna26567en.n.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

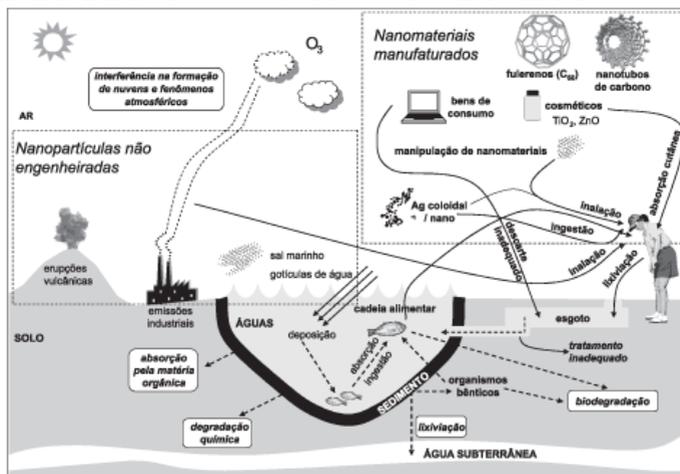
Esta pequena introdução acerca dos diferentes tipos de produção de nanomateriais faz-se oportuna para a compreensão dos riscos daí decorrentes, os quais serão estudados nos próximos tópicos deste capítulo. Contudo, pode-se adiantar que as propriedades destes materiais sofrem profunda transformação, sendo que diferenças de tamanho, espessura, grande área superficial por massa, composição química e de

²⁵⁹ JACOBI, Marly Maldaner. El Admirable mundo Nano: Nanociencia y Nanotecnología. **Revista SLT Caucho: Industria y Tecnología en América Latina**, n. 4, ano 2014. Disponível em: <https://issuu.com/sltc/docs/revista-sltcaucho-noviembre-2014?e=11688195/10108505>. Acesso em: 25 mai. 2017. p. 12.

agregação possuem influência decisiva no papel do risco que elas representam.

O índice de concentração de nanopartículas monodispersas e com baixa variação de composição química, ou seja, de partículas que apresentam tamanho e composição química padronizadas, está diretamente ligado à capacidade de geração de impactos e de riscos à saúde e ao meio ambiente.²⁶⁰ Diante deste quadro, quanto ao tamanho e poder de agregação ao serem expostos à composição química, os materiais nanoengenheirados são monodispersos, apresentam baixa variação de tamanho, possuem composição química definida, apresentam potencial capacidade poluidora (em decorrência da alta concentração de nanopartículas idênticas); já os nanomateriais naturais e incidentais são polidispersos e apresentam variação química em sua composição que transita entre o variável e o bem definido.²⁶¹

Figura 8 – Principais fontes, rotas de exposição e processos de integração de nanomateriais nanofaturados e seus efeitos sobre o meio ambiente



²⁶⁰ HOHENDORFF, Raquel Von; WUNSCH, Guilherme. **As nanotecnologias e os seus impactos na sociedade e no mundo do trabalho**. Disponível em: <http://emporiiodireito.com.br/as-nanotecnologias-e-os-seus-impactos-na-sociedade-e-no-mundo-do-trabalho-por-guilherme-wunsch-e-raquel-von-hohendorff/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

²⁶¹ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 311-312.

Fonte: PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 nov. 2017. p. 425.

A par destas considerações e em decorrência da preocupação quanto à variabilidade/potencialidade dos riscos contidos na exploração destas técnicas, parte-se para uma breve, porém importante, análise dos principais tipos de materiais nanoestruturados/nanoengenheirados, suas características e aplicações.

2.1.2.1 Principais tipos de materiais nanoengenheirados

Apesar do vasto campo de aplicação dos nanomateriais, existem propostas de classificação quanto aos seus diferentes tipos, perfazendo uma contínua revisão e expansão, mesmo frente ao desafio de catalogar capacidades técnicas de manipulação de materiais já conhecidas e sintetizar os novos compostos que surgem. Para fins deste estudo, tendo em vista os principais tipos de materiais nanoestruturados/nanoengenheirados, apresenta-se cinco classes a saber:

a) atualmente, dentre os principais tipos de nanoengenheirados encontram-se os derivados do carbono, como os nanotubos de carbono e os fulerenos, utilizados principalmente na síntese “[...] de catalisadores, baterias e combustíveis, sistemas de purificação de água, implantes ortopédicos, películas e filmes condutores, adesivos e compósitos, sensores e componentes das indústrias automobilística, aeronáutica, espacial e eletrônica. [...]”²⁶²

Descobertos em 1991, pelo físico japonês Sumio Iijima, os nanotubos de carbono são estruturas cilíndricas que lembram favos de mel, formadas por átomos de carbono, com diâmetro entre um a três nanômetros e comprimento até dezoito centímetros. Podem ser fabricados em três tipos básicos: nanotubos de parede simples ou mono-camada (com uma camada simples de átomos de carbono enroladas como cilindro); com parede dupla, (apresentam dois tubos de camada simples concêntricos) e de multicamadas (compreendem vários tubos concêntricos). Têm como características principais: alta resistência mecânica, flexibilidade em torno do seu eixo e alta condutividade

²⁶² PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. **Nanotecnologia e Humanidade**. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2016. p. 21.

condutora; características que possibilitam sua grande utilidade na produção de sensores ou dispositivos eletrônicos.²⁶³ Por sua vez, os fulerenos foram descobertos no ano de 1985, e são considerados nano-objetos derivados do carbono, engenheirados a partir de nanofolhas de grafite dobradas sobre si mesmas, adquirindo forma de bola no caso dos fulerenos e forma de cilindro no caso dos nanotubos. São constituídos, em maior concentração, de estruturas químicas compostas por sessenta átomos de carbono (C60) e um nanômetro de diâmetro, aproximadamente. Apresentam como propriedade a não interação entre si e a rápida recuperação de suas formas após submissão a alta pressão; tais características fazem com que os fulerenos possuam propriedades físicas e químicas únicas, tornando-os adequados à utilização em várias áreas da bioquímica e da medicina.²⁶⁴

b) a segunda classe de materiais são os derivados metálicos, principalmente os óxidos metálicos – o dióxido de titânio e o óxido de zinco – que também fazem parte da gama de possibilidades de materiais nanoestruturados, principalmente quando sua aplicação ocorre na fabricação de tintas, vernizes, cerâmica, protetores solares, etc..²⁶⁵

c) uma terceira classe diz respeito aos nanocristais semicondutores ou *quantum dots*, cujo núcleo pode constituir-se de metais ou por material semicondutor, protegidos por sílica.²⁶⁶ Criados em 1980, os *quantum dots* (pontos quânticos) são nanopartículas que possuem tamanhos que vão de dois a cem nanômetros e funcionam como um átomo artificial, por possibilitarem um confinamento de cargas elétricas. Por absorverem e emitirem radiação em comprimento de onda bem definido em relação ao seu tamanho, são muito utilizados em aplicações de opto-eletrônica, tais como, *lasers*, células solares, biosensores e sonda moleculares. São

²⁶³ TROCHE, Karla S. **Estudo estrutural e eletrônico de fulerenos e diamondóides encapsulados em nanotubos de carbono**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin. Campinas, 2007. p. 7.

²⁶⁴ BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. **Biointerphases**, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018. p. 58.

²⁶⁵ PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. **Nanotecnociência e Humanidade**. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2016. p. 21.

²⁶⁶ NANO WERK. **What are quantum dots?** Disponível em: https://www.nanowerk.com/what_are_quantum_dots.php. Acesso em: 17 jun. 2018.

utilizados também na captação de energia solar, em células fotovoltaicas, em diagnósticos por imagem e nas áreas de telecomunicações.²⁶⁷

d) um quarto grupo compreende as nanopartículas de ouro em suas formas zero-valentes, principalmente por apresentar propriedades antimicrobianas.²⁶⁸ São utilizadas, também, no transporte de medicamentos para o interior das células sem que haja a perfuração das membranas celulares, no tratamento de doenças genéticas e do câncer “[...] através da liberação de medicamentos em partes específicas do corpo humano em intervalos controlados [...]”, na produção de componentes eletrônicos e no desenvolvimento de catalisadores para automóveis.²⁶⁹

e) por fim, um quinto grupo diz respeito aos nanopolímeros e aos dendrímeros. Os nanopolímeros, usados principalmente pelos ramos da biologia, da ciência dos materiais e da química, são polímeros utilizados na confecção de vidros coloridos, eletrodos, sensores, mecanismos de liberação de drogas e chips de Ácido Desoxirribonucléico (DNA); sua estrutura, flexibilidade, peso e tamanho molecular dependem da função desejada.²⁷⁰ Já os dendrímeros são moléculas poliméricas esféricas, formadas por processo de auto-organização hierárquica, com estrutura em forma de árvore (o núcleo central vai se ramificando). Podem ser usados

²⁶⁷ NANO WERK. **What are quantum dots?** Disponível em: https://www.nanowerk.com/what_are_quantum_dots.php. Acesso em: 17 jun. 2018.

²⁶⁸ MELO JR., Maurício Alves; SANTOS, Lucas Samuel Soares; GONÇALVES, Maria do Carmo; NOGUEIRA, Ana Flávia Nogueira. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química Nova** (online), vol. 35, n. 9, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n9/v35n9a30.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017. p. 1872-1878.

²⁶⁹ BRASIL. FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Nanopartículas de ouro**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/nanoparticulas-de-ouro>. Acesso em: 15 nov. 2017.

²⁷⁰ PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M.. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 7, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000700957&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 nov.2017. p. 957-971.

em aplicações de pintura, em *drug delivery*²⁷¹ e no “[...] auxílio de purificação de água através do aprisionamento de íons metálicos.”²⁷²

Destaca-se que os riscos das nanotecnologias não estão condicionadas somente pelo nível de sua concentração, variando conforme as características dos materiais engenheirados, daí a relevância no conhecimento, ainda que conceitual, dos principais nanomateriais e suas particularidades.

2.3. A REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA E SUA ABRANGÊNCIA NA ATUALIDADE

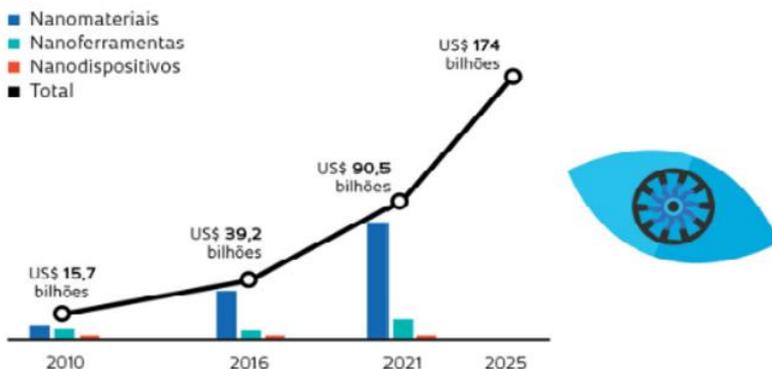
A tecnologia nanoescalar já está fortemente presente no mercado e vem ganhando cada vez mais espaço, sendo amplamente consumida através de produtos como, por exemplo: protetores solares, telefones celulares, cosméticos, medicamentos, materiais de construção civil, na indústria de plásticos, naval, aeroespacial, automotora. Em processo de franco desenvolvimento e expansão, as nanotecnologias vem espalhando-se em todos os campos de desenvolvimento, prometendo soluções e avanços promissores desde o início deste século. Ao lado dos benefícios, importante a tomada de atenção aos possíveis riscos e malefícios que esta técnica pode trazer à Natureza e aos seus consumidores, exigindo, portanto, um enfrentamento atento por parte do Direito.

²⁷¹ *Drug delivery* é a capacidade que as nanopartículas possuem de se segmentar e penetrar células e órgãos específicos. Em nanomedicina, esta técnica vem sendo explorada, apesar de possuir riscos de toxicidade. Nanoesferas compostas de polímeros biodegradáveis podem ser incorporadas aos fármacos, permitindo a liberação cronometrada da droga à medida que o polímero se degrada, ou seja, quando as partículas degradam em um microambiente ácido, como em células tumorais ou ao redor de locais de inflamação, possibilitam a entrada dos nanofármacos em lugares específicos, atingindo o efeito terapêutico desejado. RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big area.** Disponível em: http://materialrulz.weebly.com/uploads/7/9/5/1/795167/nanotechnology_a_gentle_introduction_to_the_next_big_idea.pdf. Acesso em: mar. 2018.

²⁷² PUC-RIO. **Nanotecnologia.** Curiosidades. Disponível em: http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_curiosidades.asp. Acesso em: 12 nov. 2017.

Estima-se que entre 2010 e 2025, o crescimento do mercado global em nanotecnologia chegará à 174 bilhões de dólares, principalmente nos setores de nanomateriais, nanoferramentas e nanodispositivos.²⁷³

Figura 9 – Mercado global de nanotecnologia e sua evolução recente de acordo com o tipo de tecnologia e o crescimento esperado



Fonte: MARQUES, Fabrício. **Requisitos para a sobrevivência da indústria.** Pesquisa FAPESP. ed. 264, fev. 2018. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2018/02/030-035_industria_264.pdf. Acesso em: 03 abr. 2018. p. 34.

Dentre os ramos de materiais acima citados, constata-se um crescente aumento, no dia a dia, de²⁷⁴²⁷⁵: a) *band-aids* com nanocamada de prata que, além de ter ação bactericida, promovem o aumento da área de contato com a pele; b) cremes dentais com nanocomposto de

²⁷³ MARQUES, Fabrício. **Requisitos para a sobrevivência da indústria.** Pesquisa FAPESP. ed. 264, fev. 2018. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2018/02/030-035_industria_264.pdf. Acesso em: 03 abr. 2018. p. 34.

²⁷⁴ MACHADO, Jonathan D. **9 objetos cotidianos que usam nanotecnologia.** Tecmundo, mai. 2012. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/23661-9-objetos-cotidianos-que-usam-nanotecnologia.htm#ixzz2JHW9wVmx>. Acesso em: 23 jan. 2018.

²⁷⁵ COSTA, Ana Paula Dias. **A Nanotecnologia aplicada no dia a dia.** Portal Educação. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/a-nanotecnologia-aplicada-no-dia-a-dia/19524>. Acesso em: 13 abr. 2017.

hidroxiapatia, composta por uma camada de fostato de cálcio cristalino que preenche as pequenas cavidades dos dentes e previne rachaduras; c) bolas de tênis com núcleo revestido por uma nanoargila, aumentando sua eficiência ao manter ar preso em seu interior; d) tintura de automóveis formada por nanobolhas de tinta, que liberam partículas de tinta, ao menor sinal de dano na pintura do veículo (desenvolvida pela empresa Mercedes Bens), preenchendo os defeitos de forma automática; e) filtros solares com nanoemulsão que visa prolongar a duração do produto quando em contato com o suor ou com a água do mar; f) preservativos masculinos com espuma de nanopartículas de prata, que auxiliam na ação bactericida; g) para-choques automotivos com nanocomposto plástico que os torna mais resistentes e ainda mais leves (desenvolvidos pela empresa *General Motors* e *Toyota*); h) secadores de cabelo com nanomaterial de óxido de titânio e partículas de prata que visam o aumento da higiene do aparelho, agindo como um bactericida; i) bebedouros com nanocomposto de sulfato de titânio que age como um exterminador de micróbios (desenvolvido pela Nanox Tecnologia); i) na indústria têxtil o emprego de nanopartículas é disseminado na criação de novos tecidos, fios e fibras, com características que vão desde a repelência de insetos e bactérias ao controle de temperatura e umidade; j) microprocessadores e aparelhos eletrônicos em geral, na medida em que sem a nanotecnologia não seria possível falarmos em celulares, computadores, chips, vídeo games, tablets, etc..

Ao lado disso, verifica-se uma grande promessa de progresso – e de lucro –, nas pesquisas com²⁷⁶: a) nanotubos de grafeno (feitos de carbono puro, sua alta rigidez e condutividade garantem um mercado de muita inovação); b) nanomedicina (com aplicações de nanoestruturas em organismos vivos de qualquer tipo, cuja abrangência é de alcance ilimitado; atualmente, a utilização de nanocapsulas de ouro garantem, com perfeição, a união de dois tecidos vivos, compreendendo uma espécie de “solda biológica”, além disso, na farmacologia, pode-se citar os *quantum dots*²⁷⁷ e nanopartículas com propriedades luminescentes, que ao unirem-se às enzimas presentes nos remédios, permitem enxergar, com

²⁷⁶ MACHADO, Jonathan D. **Cinco nanotecnologias que vão dominar o mundo.** Tecmundo, ago. 2011. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/12904-cinco-nanotecnologias-que-vaio-dominar-o-mundo.htm>. Acesso em: 25 ago. 2017.

²⁷⁷ NANO WERK. **What are quantum dots?** Disponível em: https://www.nanowerk.com/what_are_quantum_dots.php. Acesso em: 17 jun. 2018.

precisão, como se dá a absorção de um medicamento específico pelo organismo de um paciente)²⁷⁸, c) nanorobôs²⁷⁹ autorreplicantes (máquinas nanométricas que possuem a capacidade de se autorreplicar, sem que haja necessidade da intervenção humana, cuja aplicação está no combate/controlar, por exemplo, de vazamentos tóxicos).

Tabela 4 - Aplicações, riscos e benefícios da nanotecnologia

Aplicações	Riscos	Benefícios
Monocristais de luz intensa em dispositivos fotovoltaicos.	Poluição luminosa em áreas rurais, custo da oportunidade da economia de combustível fóssil.	Energia verde, energia renovável, e novos aparatos de auto iluminação para dispositivos eletrônicos.
Curativos antimicrobianos para ferimentos contendo prata nanocristalina.	Lançamento de antimicrobianos no meio ambiente, perigo para o sistema microbiano natural.	Melhoria da cicatrização em feridas e redução do risco de infecção.
Protetores solares contendo nanomateriais de dióxido de titânio são extremamente eficazes na absorção de luz ultravioleta.	Risco de titânio para organismos interditais e ecossistemas de costa arenosa.	Preferência do consumidor por clareza e eficácia nos cremes solares. Decréscimo potencial de câncer de pele em decorrência do aumento do uso de protetores solares.
Suplementos de nanomateriais de metal para aumentar a queima eficiente de combustíveis.	Exposição respiratória a nanomateriais dos escapamentos (exaustores) de combustível.	Menos fuligem proveniente de veículos à diesel e redução da poluição do ar em áreas urbanas. Queima eficiente dos combustíveis de aviação. Preservação econômica para a infraestrutura de transporte no custo do combustível. Redução dos gases de efeito estufa.
Aplicações medicinais com introdução de nanopartículas de sílica na reconstrução dos ossos.	Partículas duráveis corroídas a partir de superfícies podem causar patologias em outros órgãos internos a longo prazo.	Reparos estruturais nos dentes e ossos usando materiais naturais já presentes no corpo (sem resposta imunológica adversa).
Nanomateriais nas embalagens dos alimentos.	Transferência não intencional de nanomateriais	Embalagem mais leve e mais forte para proteger a maciez dos alimentos,

²⁷⁸ MIRANDA, José Eduardo de; LIMA, Andréa Corrêa. 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. *In*: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **Impactos sociais e jurídicos das nanotecnologias**. Universidade do vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017. Versão digital. p. 225-232.

²⁷⁹ QUINA, Frank H.. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000600031&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 nov. 2017. p. 1028-1029.

	das embalagens para os alimentos. Risco de exposição oral ao longo da vida incerto.	embalagem antibacteriana para melhorar a validade dos produtos perecíveis. Aumento da segurança dos alimentos.
Uso de nanotubos de carbono para melhorar a força e a flexibilidade dos equipamentos de suporte esportivos.	Análise cíclica de vida, o que acontece com esses materiais nos aterros no final de seu uso (descarte)?	Produtos melhorados com alta durabilidade para os consumidores. Redução de lesões relacionadas ao esporte.
Uso de nanomateriais como catalisadores no processo industrial como liquefação de carvão e produção de gases.	Incorporação inadvertida da catálise tóxica no consumo de produtos, depósito de lixo dos produtos convertidos cataliticamente para os aterros.	Melhoria da eficiência e economia dos processos industriais. Menos desperdício industrial por tonelada de produção.
Uso de nanomateriais na água de filtração e purificação.	Exposição aquática acidental aos animais selvagens provenientes de nanomateriais artificiais.	Novas fontes de águas potáveis e seguras em regiões pobres da África/Ásia. Sistemas de purificação mais eficientes para a água. Redução da exposição aos organismos aquáticos patogênicos e toxinas.

Fonte: KAINÉ, Stephen J.; KOELMANS, Albert A.; HORNE, Nina Horne; CARLEY, Stephen; HANDY, Richard D.; KAPUSTKA, Larry; NOWACK, Bernd; KAMMER, Frank von der. **Paradigms to Assess the Environmental Impact of Manufactured Nanomaterials**. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 31, n. 1, jan. 2012. Disponível em: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.733>. Acesso em: 04 abr. 2018. p. 04. [tradução nossa].

Na indústria química, o setor de cosméticos, higiene pessoal e perfumaria existentes no mercado consumidor atual, abrangem cerca de trinta por cento dos produtos confeccionados com nanotecnologia.²⁸⁰ Inclui-se também nesta porcentagem o setor de insumos agropecuários, voltado à melhoria da eficiência funcional dos nutrientes, ao aumento da capacidade dos pesticidas sintetizados quimicamente (herbicidas, inseticidas e parasiticidas) ou biologicamente (no caso de nanossensores de microrganismos de atividade específica contra uma praga-alvo e biossensores transdutores de alta sensibilidade que detectam o teor de nutrientes e as alterações químicas decorrentes da variação de temperatura, humidade e pressão, sejam em plantas, frutos ou no solo),

²⁸⁰ 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 Nanotechnology*, v. 6, aug. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3762/bjnano.6.181>. Acesso em: 25 nov. 2017.

bem como, à segurança no manuseio e redução de riscos de toxidez humana/ambiental.²⁸¹

A promessa de futuro e progresso contida nas pesquisas com nanotecnologia trazem consigo os riscos deste novo campo do conhecimento (área científica emergente). O manuseio da matéria atômica, em menos de um centésimo de bilionésimo de metro, fez com que o modo de fazer ciência tradicional se torne ultrapassando, trazendo consigo “muitas incertezas, especialmente concernentes aos riscos altamente nocivos à saúde e ao meio ambiente”.²⁸² A probabilidade acerca da toxicidade das nanopartículas, quando comparadas ao universo macro²⁸³, é considerável, principalmente quando se analisa as questões à longo prazo e seus possíveis efeitos relacionados à segurança dos pesquisadores, consumidores e trabalhadores²⁸⁴, capazes de gerar medo, receio, desconfiança. Diante destas preocupações, parte-se para o estudo dos riscos específicos que a nanotecnologia pode gerar em relação à saúde humana e ao meio ambiente.

2.3.1. Riscos nanotecnológicos e seus impactos na saúde humana

O impacto à saúde quanto à manipulação/produção de nanomateriais tem sido percebido, com maior incidência, nos trabalhadores de empresas que operam com estes produtos já que ficam

²⁸¹ EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Espaço temático:** Nanotecnologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-nanotecnologia/nota-tecnica>. Acesso em: 23 mar. 2018.

²⁸² HOHENDORFF, Raquel von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. In: **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). Direitos Humanos e Novas tecnologias. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 13.

²⁸³ ENGELMANN, Wilson. A nanotecnologia como uma revolução científica: os direitos humanos e uma (nova) filosofia da ciência. In: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, José Luís Bolzan de (org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**. Anuário do Programa de Pós Graduação em Direito da Unisinos: Mestrado e Doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010. p. 255.

²⁸⁴ EU-OSHA. European Agency for Safety and Health at Work. **Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace**. Disponível em: http://www.osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/risk-perception-and-risk-communication-with-regard-to-nanomaterials-in-the-workplace. Acesso em: 02 ago. 2017.

mais expostos aos agentes nocivos provenientes da técnica. Os diversos formatos que as nanopartículas podem assumir fazem com que possam, por exemplo, adquirir aspecto fluído, como um aerossol, entrando no organismo pela respiração. Isso pode causar reações de efeitos quânticos, que se espalham por grandes áreas, provocando consequências desconhecidas nos mais diversos sistemas biológicos. A segurança na área da nanotecnologia é um campo de atuação que merece atenção pois a falta de conhecimento acerca dos efeitos, pretendidos ou não, ressaltam a importância da implementação de medidas regulatórias, uma vez que a migração das partículas nano para dentro do corpo humano ainda não é suficientemente conhecida. Sobre este assunto, Arline Sydneia Abel Acuri e Jorge Marques Pontes lecionam:

Estudos epidemiológicos mostram haver uma correlação significativa entre a morbidade e a mortalidade devido a doenças cardiorrespiratórias e a concentração de partículas de dimensões nanométricas presentes em situações de poluição do ar. São diversos os mecanismos pelos quais a exposição a nanopartículas resulta em aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Por exemplo, foram associados com a exposição a partículas presentes no ambiente: elevação da frequência cardíaca; diminuição da variabilidade da frequência cardíaca; vasoconstrição arterial; pressão arterial sistólica aumentada; e aumento da viscosidade plasmática. Estas alterações podem resultar em consequências negativas para a função cardíaca, especialmente em pacientes com doença cardíaca isquêmica, arritmias cardíacas e insuficiência cardíaca congestiva.²⁸⁵

O comportamento diferenciado apresentado pelos materiais em nanoescala e, principalmente, quando estes materiais interagem com os seres vivos, fez surgir a toxicologia das nanopartículas – a

²⁸⁵ ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. In: HESS, Sonia Corina (org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018. p. 322-323.

Nanotoxicologia²⁸⁶ –, que visa estudar os efeitos tóxicos não intencionais apresentados.

É sabido que as nanopartículas podem penetrar no organismo através da inalação (vários estudos apontam um consenso de que nanopartículas inaladas geram um maior risco de efeito tóxico ao sistema respiratório humano, como inflamações pulmonares crônicas e desenvolvimento de asma)²⁸⁷, da ingestão (principalmente quando disseminadas para a grande população através de alimentos, medicamentos, produtos de limpeza, utensílios domésticos, etc.)²⁸⁸, e da absorção cutânea (ainda que a produção de medicamentos tenha se intensificado na área nano, o efeito dérmico nocivo, relativo à toxicidade e a ausência de biocompatibilidade²⁸⁹, baseia-se na hipótese das nanopartículas atingirem a corrente sanguínea, vindo a circular por todo organismo, distribuindo-se para células, tecidos e órgãos)²⁹⁰, sendo capazes de atravessar as barreiras naturais, acumulando-se em tecidos e células, podendo, inclusive, vir a constituir a cadeia alimentar. Por serem da mesma escala dos componentes celulares típicos e das proteínas, podem “escapar” das defesas naturais humanas, levando a danos celulares irreversíveis.²⁹¹

²⁸⁶ BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018. p. 44-62.

²⁸⁷ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017. p. 424.

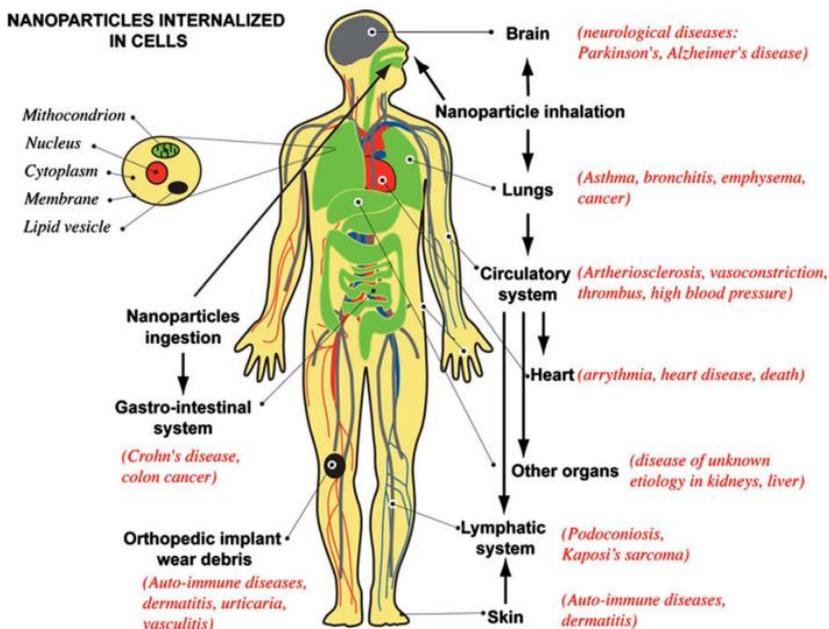
²⁸⁸ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Química Nova*, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017. p. 424.

²⁸⁹ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotechnologias aos Nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala nanométrica. In: ENGELMANN, Wilson (org.). **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. Erechim: Deviant, 2015. p. 43-44.

²⁹⁰ BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018. p. 56-57.

²⁹¹ ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. In: HESS, Sonia

Figura 10 – Nocividade da dispersão de nanopartículas no interior das células do organismo humano



Fonte: BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018. p. 26.

A figura acima traz a reflexão algumas questões complexas, porém fundamentais, que carecem de melhor avaliação quanto ao risco à saúde humana após exposições à nanomateriais, a saber: 1) qual é a natureza do nanomaterial que está sendo inalado, ingerido ou absorvido? (por exemplo, qual o seu tamanho, potencial de solubilidade); 2) como se dá a alteração das características físico-químicas dos nanomateriais após se depositarem no interior do corpo humano e não humano?; 3) os nanomateriais penetram barreiras epiteliais, quais?; 4) nanomateriais podem afetar quais órgãos e quais estão mais suscetíveis/expostos a este tipo de contaminação? 5) como se dá a mudança nas propriedades dos

nanomateriais à medida que são transportadas por dissolução e/ou ligação proteica/lipídica?; 6) como as barreiras naturais do nível celular/tecidual afetam/bloqueiam o transporte de nanomateriais? Tais questões merecem uma aprofundada abordagem técnica a fim de que riscos intransponíveis e generalizados sejam, o máximo possível, evitados.²⁹²

Antonietta M. Gatti e Stefano Montanari trazem o interessante caso de uma mulher de 25 anos diagnosticada com problemas vasculares nas mãos e alteração nos circuitos elétricos dos nervos periféricos. Um exame pormenorizado acusou, dentre outras, a presença de partículas submicrômicas (nano) de carbono de tungstênio fora dos vasos sanguíneos. Partindo da análise da vida ocupacional da paciente, foi contatado que, apesar de exercer o ofício de cabeleireira, não havia possibilidade de exposição àqueles agentes contaminadores. Foram feitas inspeções nos produtos utilizados, na poeira do gesso da loja, na poeira dos secadores de cabelo (pois as resistências elétricas dos secadores podem ser feitas de tungstênio), nas partículas do ar local, na fumaça dos cigarros consumidos pelo único fumante que lá trabalhava, mas nada foi encontrado. Em um segundo momento, foi dada atenção aos hábitos de seus genitores, principalmente pelo fato do pai da paciente ter morrido de câncer de pulmão (diagnóstico emitido pela observação de muco brônquio manchado em uma lamina de vidro, disponível para análise no hospital em que esteve internado), sem qualquer indicação da presença de tungstênio em suas rotinas. Em um terceiro momento, os pesquisadores passaram a analisar a moradia da paciente (que morou toda sua vida em apartamento, no centro da cidade e longe de parques industriais), realizando testes no gesso presente nas paredes, no cigarro fumado pela mãe, na comida frequentemente consumida, nas partículas de ar constantes na residência, sem dados indicativos da presença daquele metal ou de seu carboneto. Na sequência das várias entrevistas realizadas com a paciente, foi relatada uma intervenção cirúrgica para conter um sangramento do endométrio que não respondia a nenhum tratamento; mediante acesso ao arquivo das amostras biológicas do endométrio colhidas antes desta cirurgia, foi possível identificar a presença de partículas muito pequenas de ferro-cromo-níquel (aço inoxidável), variando de 0,5 a 8 micrômetros. Tal descoberta levou os pesquisadores a crer que esta poderia ter sido a causa do sangramento relatado pela

²⁹² BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018.

paciente, uma vez que estes materiais são estranhos ao corpo humano e, quando em contato com a mucosa, podem desencadear casos inflamatórios crônicos e, até mesmo, necrose localizada. Porém, esta descoberta apontou para um fato externo importante: seu marido, além de ter passado por uma cirurgia para tratamento de um câncer no testículo, trabalhou em uma fábrica de telhas como balconista. Neste período, desenvolveu suas atividades próximo a máquinas de corte e moagem de argila, que utilizavam aço inoxidável e carboneto de tungstênio como ferramentas de corte. A análise de suas amostras cirúrgicas revelaram a presença massiva de partículas minúsculas de silicato (oriundas do corte das telhas) e detritos em nanoescala de aço inoxidável e tungstênio. Este fato conduziu à conclusão de um mecanismo de disseminação e translocação destes materiais, em especial o tungstênio, cujo veículo contaminador da paciente foi o esperma de seu companheiro.²⁹³

Em animais, estudos realizados com nanotubos de carbono de paredes múltiplas indicaram níveis de toxicidade muito próximas ao amianto, levando à conclusão de que estes nanotubos apresentam características cancerígenas quando expostos em seres humanos.²⁹⁴

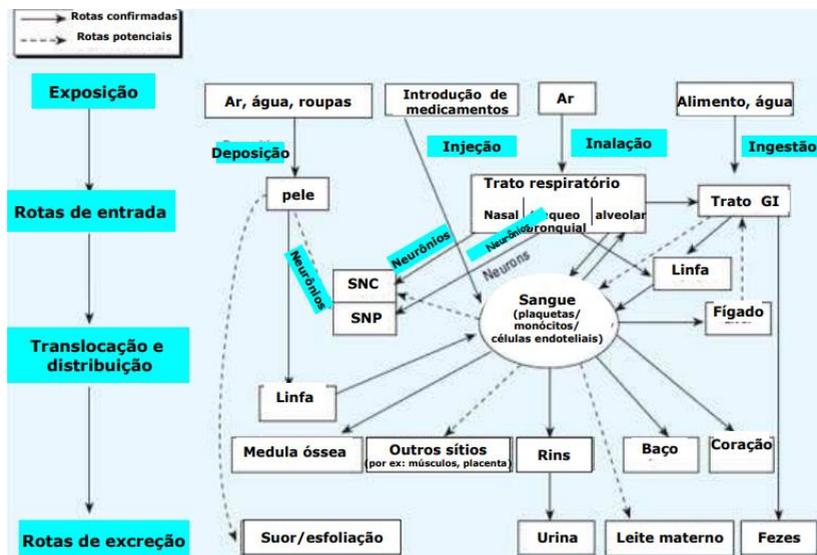
Estudos feitos com nanopartículas de prata, utilizadas em diversas aplicações tecnológicas e militares, constataram que a exposição, ainda que pequena, pode vir a comprometer a capacidade mitocondrial provocando diversos danos e, inclusive, conduzindo à morte; a toxicidade, nestes casos, é verificada mediante a exposição de curto tempo a estes materiais.²⁹⁵

²⁹³ GATTI, Antonietta M.; MONTANARI, Stefano. **Nanopathology**: the health impact of nanoparticles. Pan Stanford Publishing: Singapura, 2008. p. 135-139.

²⁹⁴ SHVEDOVA, Anna; CASTRANOVA, Vincent; KISIN, Elena; SCHWEGLER-BERRY, Diane; MURRAY, Ashley; GANDELSMAN, Vadim; MAYNARD, Andrew; BARON, Paul. Exposure to Carbon Nanotube Material: Assessment of Nanotube Cytotoxicity using Human Keratinocyte Cells. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, part A, vol. 66, ano 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713853956>. Acesso em: 12 mai. 2017.

²⁹⁵ IIIUC. Instituto de Investigação Interdisciplinar. **Investigadores da UC desenvolvem estudo para a Força Aérea Americana sobre o impacto da exposição a nanopartículas de prata na saúde humana**. Universidade de Coimbra. set. 2013. Disponível em: https://www.uc.pt/iii/novidades/20130102/20130102/17-09-2013_2. Acesso em: 23 mai. 2017.

Figura 11 – Rotas confirmadas e rotas potenciais em nanotoxicologia



Fonte: BERGER, Michael. Toxicology – from coal mines to nanotechnology. Nanowerk. Disponível em: <https://www.nanowerk.com/spotlight/spitid=1382.php>. Acesso em: 18 mar. 2018.

Por outro lado, o desenvolvimento de novos materiais biocompatíveis, provenientes da nanobiotecnologia²⁹⁶, prometem uma grande inovação na área da saúde, porém, exigem uma melhor compreensão e investigação de seus riscos.

Um bom exemplo acerca da exigência de melhor compreensão dos efeitos pode ser sentida na notícia veiculada no jornal Estadão²⁹⁷ da morte de duas chinesas e dos danos permanentes causados nos pulmões em sete delas após trabalharem, sem proteção, em uma fábrica de tintas que tinta que utilizava nanopartículas como matéria prima, de modo que testes

²⁹⁶ ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010, p. 205.

²⁹⁷ ESTADÃO. **Estudo chinês documenta mortes por nanotecnologia**: sete mulheres ficaram doentes, e duas morreram, depois de inalar partículas de 30 nanômetros. ago. 2009. Disponível em: <https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudo-chines-documenta-mortes-por-nanotecnologia,421451>. Acesso em: 13 jun. 2017.

laboratoriais efetuados com ratos já haviam mostrado o risco da exposição: “[...] as sete mulheres trabalharam de cinco a 13 meses na fábrica, jateando tinta em placas de poliestireno antes de começarem a apresentar dificuldades respiratórias e marcas vermelhas no rosto e nos braços.”. Isso evidencia os perigos ocupacionais das nanopartículas e a necessidade de proteção permanente quanto à determinação dos riscos à saúde dos trabalhadores expostos à manipulação de produtos tecnológicos no chão das fábricas ou em setores produtivos que utilizam essa tecnologia ultrafina²⁹⁸, seja de forma direta/indireta, seja em relação ao tempo de exposição ou em relação ao grau de sensibilidade de cada indivíduo.

Segundo Alex Fragoso²⁹⁹, os principais fatores de risco à saúde relacionados com a utilização da nanotecnologia são:

- i) a incerteza quanto à validade de avaliações de risco desenvolvidas sobre a base da química tradicional, dada a dependência do comportamento dos nanomateriais à estrutura física e química que apresentam;
- ii) a ausência de conhecimento sobre as respostas dos pulmões à inalação de partículas insolúveis nanoengenheiradas;
- iii) a falta de informações disponíveis sobre o comportamento de materiais nanoestruturados no corpo;
- iv) a possibilidade de as partículas nanométricas poderem ser removidas dos pulmões por vias não convencionais e afetar outras partes do corpo, incluindo o sistema cardiovascular, fígado, rins e cérebro, em função do pouco conhecimento sobre os impactos de nano-objetos sobre esses órgãos;

²⁹⁸ TERZANO, C.; DI STEFANO, F.; CONTI, V.; GRAZIANI, E.; PETROIANNI, A. Air pollution ultrafine particles: toxicity beyond the lung. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**. v. 14, 2010. Disponível em: <https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/824.pdf>. Acesso em: fev. 2018. p. 809-821.

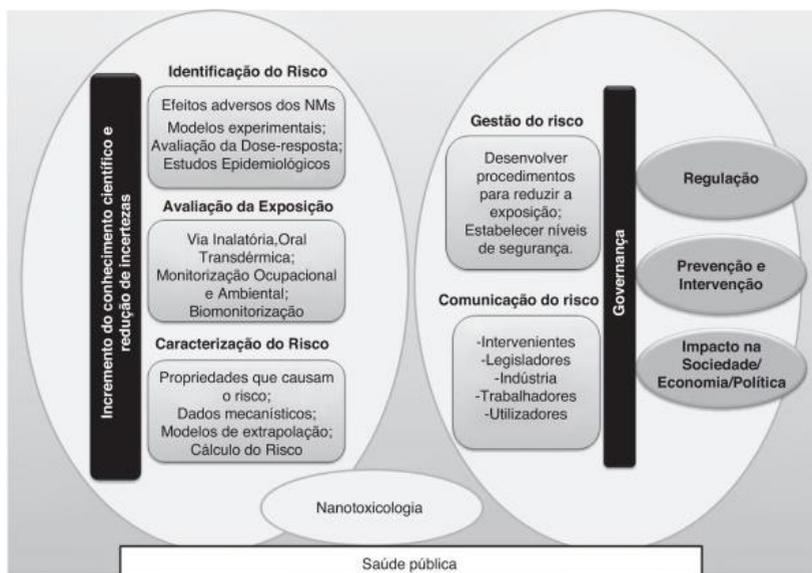
²⁹⁹ FRAGOSO, Alex. Nanotecnologia e meio ambiente. Disciplina especial e ciências ambientais. Mestrado em Ciências Ambientais. Unochapecó. 2010. apud PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 326.

- v) a carência de estudos sobre a capacidade de as nanopartículas penetrarem na pele – o efeito potencial da utilização de partículas nanoestruturadas em cosméticos e produtos de pele pode não ser prejudicial, mas isso requer um estudo mais aprofundado;
- vi) o parco conhecimento sobre os riscos da ingestão, via aditivos alimentares ou por acidente, de nano-objetos; e
- vii) a ausência de estudos mais aprofundados sobre os impactos da liberação de nanomateriais estruturados e dos nano-objetos, sobre o meio ambiente.

Reginaldo Pereira aduz que é preciso detalhar, na maior medida possível, os riscos à saúde advindos do contato com nanoobjetos, principalmente quanto aos trabalhadores que, de alguma forma, mantem contato com esta tecnologia. De acordo com seu magistério, a Nanotoxicologia surge como campo de atuação importante quanto à investigação dos fatores que levam à toxicidade dos nanomateriais, compreendendo “[...] a interação entre estes com os sistemas celulares, os sistemas orgânicos e os seres vivos, devido, principalmente, ao seu pequeno tamanho e grande área superficial e propriedades únicas, comparadas com os mesmos materiais em escala maior.”³⁰⁰

Figura 12 – Elementos-chave na análise de risco dos nanomateriais, sua conexão com a nanotoxicologia e interação com a saúde pública

³⁰⁰ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 327.



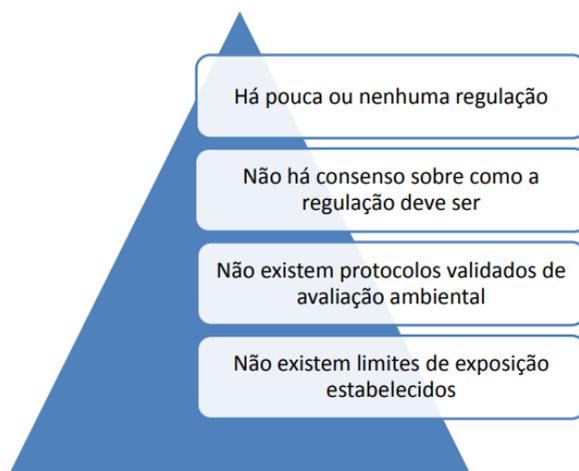
Fonte: LOURO, Henriqueta; BORGES, Tereza; SILVA, Maria João. Nanomateriais manufacturados: novos desafios para a saúde pública. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 31, jul./dez. 2013. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/S0870902512000399/1-s2.0-S0870902512000399-main.pdf?_tid=8017860a-9fb6-4f97-8b92-d0b9f67e3f28&acdnat=1541291882_4cbe94d9ca7959f54249b5b062cbb927. Acesso em: 21 ago. 2018. p. 192.

Quanto menor o tamanho das nanopartículas, maior a sua toxicidade.³⁰¹ Contudo, o estabelecimento de parâmetros seguros de

³⁰¹ A toxicidade das nanopartículas é extremamente complexa e multifatorial e depende de uma multiplicidade de propriedades físico-químicas, como tamanho e forma, bem como das propriedades da superfície (carga, área e reatividade). Partículas ultrafinas ou nanométricas (menor que 100 nm) parecem ser mais tóxicas em uma métrica de exposição baseada em massa em comparação com partículas maiores de composição química idêntica. Além disso, a dose de área de superfície das partículas é um melhor preditivo das respostas tóxicas e patológicas às partículas inaladas do que a dose de massa de partículas. FERREIRA, A.J.; JONES, J.Cemlyn; CORDEIRO, C. Robalo. Nanoparticles, nanotechnology and pulmonary nanotoxicology. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 19, january/february 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0873215912001316?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2018. p. 28-37.

prevenção aos riscos formam o grande desafio desta área, uma vez que as dificuldades de previsão dos comportamentos apresentados pela manipulação destes materiais, tanto para o bem quanto para o mal. A alta complexidade na produção de produtos e sua imprevisível variação química (tamanho, estrutura, sedimentação, morfologia, composição, dispersão, etc.), fazem da nanotecnologia uma área marcada pelo inédito desafio de instituir parâmetros de controle em algo que, por natureza, ainda não há controle. Um estudo realizado pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO, no ano de 2014, acerca da sistemática de segurança e saúde no trabalho para laboratórios com atividades de nanotecnologia – S-SST/LabNano, concluiu que o cenário das nanotecnologias em relação à segurança e saúde no trabalho pode ser traduzido pela imagem de uma pirâmide onde, na base, não há limites estabelecidos na exposição a estes materiais e, no cume, transita-se entre a pouca e nenhuma regulação/legislação³⁰² sobre o assunto.

Figura 13 – Cenário das nanotecnologias em relação à segurança e saúde do trabalhador



³⁰² ENGELMANN, Wilson; MARTINS, Patrícia Santos. Como as possibilidades trazidas pelas nanotecnologias afetam a sociedade e a (des) necessidade de imediata regulação. *In*: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **Impactos sociais e jurídicos das nanotecnologias**. Universidade do vale do Rio dos Sinos. Sao Leopoldo: Casa Leiria, 2017. Versão digital. p. 113.

Fonte: ANDRADE. Luís Renato B.. **Nanotecnologias e os seus impactos na segurança e saúde no trabalho**: Sistemática de segurança e saúde no trabalho para laboratórios com atividades de nanotecnologia “S-SST/LabNano”. Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2014. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/palestra%20nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2018.

As alternativas encontradas pela FUNDACENTRO para amenizar os efeitos/riscos deste problema relacionam-se, dentre outras, com o fortalecimento³⁰³:

- a) do Princípio da Precaução;
- b) da adoção de medidas nanoespecíficas que atendam a especialidade desta área, já que os modelos tradicionais não conseguem definir a nanotoxicidade, conduzindo à conclusões variáveis;
- c) da elaboração de regulação/legislação nanoespecífica;
- d) do aumento do foco e do cuidado na proteção e segurança dos trabalhadores e da população em geral;
- e) do aumento do foco e do cuidado com a preservação ambiental, criando linhas de controle/fiscalização mais próximas da realidade nanotecnológica;
- f) do Princípio da Informação e da Transparência;
- g) da perspectiva de uma nova área do saber que pode gerar inéditos e amplos impactos;
- h) da fiscalização/controle da atividade do produtor;
- i) do investimento em pesquisas que visem conhecer os reais impactos da nanotoxicologia nos níveis éticos, sociais, ambientais e trabalhistas;
- j) da possibilidade de uma implementação efetiva de rastreamento de nanomateriais;
- k) da vigilância médica periódica no controle e prevenção de possíveis doenças oriundas da exposição à nanomateriais.

A revolução nanotecnológica tem feito com que vários setores produtivos testem e coloquem no mercado uma gama de materiais

³⁰³ ANDRADE. Luís Renato B.. **Nanotecnologias e os seus impactos na segurança e saúde no trabalho**: Sistemática de segurança e saúde no trabalho para laboratórios com atividades de nanotecnologia “S-SST/LabNano”. Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2014. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/palestra%20nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2018.

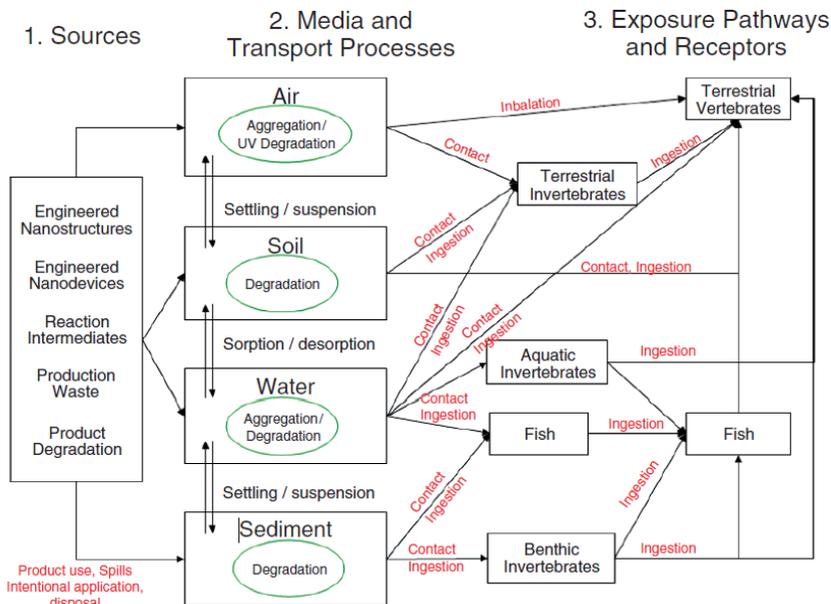
nanoengenheirados impactando os processos de produção pelo tamanho diminuto das partículas utilizadas e pelas características que estas combinações tem assumido em termos de promessa de futuro. No entanto, tais combinações deixam um alerta quanto ao que está sendo efetivamente feito com relação à saúde humana e ambiental na medida em que incertezas e riscos (abstratos, globais, invisíveis, transfronteiriços e irreversíveis) tendem a ser mensurados caso a caso, fato que gera muita insegurança diante da desproporcionalidade existente entre o avanço científico (sempre à frente) e o consumo de produtos nanotecnológicos em uma sociedade cujo grau de irresponsabilidade organizada³⁰⁴ ainda é alto.

2.3.2. Riscos nanotecnológicos e seus impactos no meio ambiente

Há pouco conhecimento acerca dos efeitos e dos riscos provenientes da aplicação nanotecnológica e da dispersão de nanomateriais no meio ambiente, apesar dos relatos quanto aos benefícios serem inúmeros. Diante deste fato, é preciso avaliar muito detidamente os impactos que esta nova área do conhecimento pode causar, tanto para o bem, quanto para o mal, principalmente quanto suas incertezas e imprevisibilidade das ameaças.

Figura 14 – Fluxograma conceitual acerca da dispersão/efeitos de nanomateriais no meio ambiente

³⁰⁴ BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995. p. 63-65.



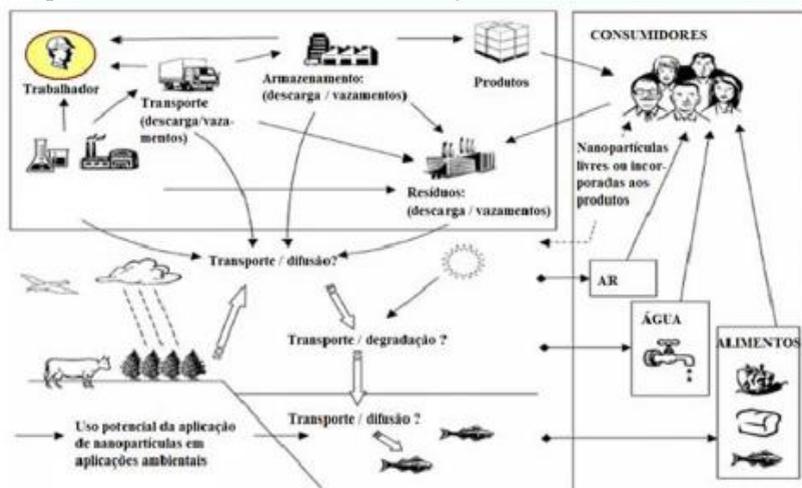
Fonte: METCALFE, C.; BENNETT, E.; CHAPPELL, M.; STEEVENS, J.; DEPLEDGE, M.; GOSS, G.; GOUDEY, S.; KACZMAR, S.; O'BRIEN, N.; PICADO, A.; RAMADAN, A.B.. Smarten: Strategic management and assessment of risks and toxicity of engineered nanomaterials. In: LINKOV, Igor; STEEVENS, Jeffery. **Nanomaterials: risks and benefits**. NATO Science for Peace and Security Series – C: Environmental Security. Dordrecht: Springer, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4020-9491-0.pdf>. Acesso em: mar. 2018. p. 104.

Dentre as benfeitorias que a nanotecnologia apresenta, pode-se citar: a redução da poluição (no tratamento e purificação da água, por exemplo); a produção sustentável de materiais (geração/conservação de energia limpa); controle e redução das eventuais contaminações ambientais (com a redução de poluentes provenientes de motores à combustão); total intenciência ou uso escasso de matéria prima (nanosensores seriam os grandes aliados na proteção e saúde das unidades agrícolas).³⁰⁵ Contudo, de acordo com os autores Matheus P. Paschoalino,

³⁰⁵ QUINA, Frank H.. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

Glauciene P. S. Marcone e Wilson F. Jardim, “[...] as propriedades que prometem uma variada gama de benfeitorias e utilidades na utilização da nanotecnologia, podem, também, gerar efeitos nocivos e incontrolláveis em toda natureza.”. Para estes autores, nanopartículas oriundas da queima de combustível aeronáutico (compostas por nanofibras de carbono), possuem alto poder de influência nos fenômenos estratosféricos, contribuindo para a alteração do clima, do ciclo de formação de nuvens e da destruição da camada de ozônio.³⁰⁶

Figura 15 – Principais fontes, rotas de exposição e processos de integração das nanopartículas com o meio ambiente e em organismos vivos



Fonte: SOARES, Edmilson R. **Nanotecnologia e impactos à saúde humana**. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA7yUAF/nanotecnologia-impactos-a-saude-humana?part=4>. Acesso em: 03 nov. 2017.

Nanomateriais manufaturados quando liberados no meio ambiente podem provocar uma série de consequências:

40422004000600031&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 nov. 2017. p. 1028-1029.

³⁰⁶ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nov**, v. 33, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017. p. 422.

a) na água, pode ocorrer sedimentação e absorção pela matéria orgânica, gerando diversas degradações químicas;

b) no ar, pode ocorrer degradação microbiológica, transformações química ou fotoquímica, com interferência no processo de formação de nuvens e fenômenos atmosféricos;

c) na biota, pode haver bioacumulação/biodegradação de nanopartículas através da cadeia alimentar ou via processo fotoquímico/microbiológico.

Vírus, bactérias, invertebrados e plantas, apresentam alta sensibilidade aos componentes nanobiológicos. Estudos feitos com nanopartículas de ouro utilizadas em plantas de tabaco, “[...] indicaram que as lagartas que consumiram estas plantas apresentaram concentração de nanopartículas em quantidade maior do que as presentes nas folhas.”. Assim, caracterizando um verdadeiro “efeito dominó”, os animais que se alimentaram destas lagartas acabam acumulando, ao longo da cadeia alimentar, índices consideráveis de nanopartículas, sem que haja um conhecimento efetivo e controlado acerca dos seus efeitos.³⁰⁷ No caso das nanopartículas de alumínio, há experimentos anunciando sua interação com plantas, cujos efeitos observados dizem respeito à “[...] redução do crescimento das raízes de milho, pepino, soja e cenoura, uma vez a ação bactericida deste composto provoca uma espécie de intervenção/alteração na composição microbiana do solo.”³⁰⁸

Estudos realizados com nanopartículas de óxido de titânio (presente em protetores solares e bactericidas), em bactérias *Escherichia coli* (considerada um indicador de qualidade de água e alimentos através da análise de coliformes fecais)³⁰⁹, acusaram “[...] grandes reduções na sobrevivência do microrganismo em amostras expostas às concentrações mínimas das nanopartículas de titânio, por períodos de menos de uma

³⁰⁷ ZURER, R.A. **Nanoparticles accumulate in the food chain**. Chemical & Engineering News, december 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/cen/news/88/i51/8851news.html>. Acesso em: 17 jan. 2018.

³⁰⁸ UMWELT BUNDES AMT – UBA. Germany Federal Environment Agency. **Nanotechnology: opportunities and risks for humans and the environment**. Background Paper. 2006. Disponível em: www.technologylawsources.com/files/2009/10/Nanotechnology-Opportunities-and-Risks-for-Humans.pdf. Acesso em: 23 fev. 2018. p. 14-15.

³⁰⁹ ARAGUAIA, Mariana. *Escherichia coli*. Biologia. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/escherichia-coli.htm>. Acesso em: 03 mai. 2018.

hora.”³¹⁰ Inserindo-se este estudo em casos práticos, verifica-se a ocorrência deste tipo de contaminação no simples gesto de lavar a pele que recebeu protetor solar; o “efeito dominó” ocorre quando a água com restos de partículas de óxido de titânio, chega às redes de esgoto, dizimando, em pouco tempo, com as bactérias responsáveis pelo equilíbrio ambiental, gerando impactos consideráveis.³¹¹

Dos exemplos acima destaca-se que dentre as poucas pesquisas efetuadas na área há demonstração de que a contaminação/poluição por nanomateriais é uma realidade que tende à alteração dos caracteres do meio ambiente, cujos reflexos (riscos e perigos) são desconhecidos. Com esta preocupação, a Ecotoxicologia (campo multidisciplinar responsável pela junção da toxicologia com a ecologia) surge como disciplina (ramo da ecologia) capaz de estudar os efeitos e influências das substâncias químicas tóxicas em organismos biológicos (individuais, celulares, populacional, comunidades, ecossistemas e biosfera).³¹² A permanente imprevisibilidade das propriedades físico-químicas das nanopartículas constituem um nano-efeito inobservável em partículas maiores (diferenciações quanto à solubilidade, resistência, condutibilidade, por exemplo), podendo causar, também, alterações significativas no meio ambiente.

A preocupação com o descarte correto e destinação final de nanomateriais fez com que Wilson Engelmann e Daniele Weber da Silva realizassem um estudo demonstrando suas preocupações quanto à necessidade de minimizar os riscos destes resíduos a partir dos seguintes processos: reciclagem, incineração, tratamento de águas residuais e deposição em aterro.³¹³ Apesar dos rejeitos de nanomateriais ser uma área

³¹⁰ INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Nanopartículas presentes em produtos causam danos ao meio ambiente. abr. 2009. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanoparticulas-presentes-em-produtos-causam-danos-ao-meio-ambiente&id=010125090403#.XFYNgYfQjIU>. Acesso em: 10 nov. 2018.

³¹¹ ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. *In*: HESS, Sonia Corina (org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018. p. 327.

³¹² MARIANI, Carolina F. **Ecotoxicologia**. Portal de Ecologia Aquática. Departamento de Ecologia – USP. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=419. Acesso em: 13 mai. 2018.

³¹³ OECD. **Nanomaterials in Waste Streams: Current Knowledge on Risks and Impacts**. OEDC Publishing: Paris. Disponível em: <https://read.oecd->

que carece de muitos aprofundamentos, estes autores chamam a atenção quanto à necessidade de seguimentos de protocolos de cuidado quanto ao risco de poluição existente no tratamento de resíduos e descarte indicado da produção cada vez mais crescente de produtos nanotecnológicos.³¹⁴ A tabela abaixo evidencia este cuidado, indicando os respectivos tratamentos e seus resultados.

Tabela 5 – Relação entre a categoria de tratamento de resíduos vs explicação da técnica com os resultados em nanomateriais

Categoria de tratamento de resíduos contendo nanomateriais	Explicação dos respectivos tratamentos de resíduos com nanomateriais e resultados
Reciclagem	<p>Neste processo seria possível a separação dos materiais em nano escala. O problema é a identificação dos que são (e não são) produzidos em nano escala. Observa-se neste procedimento que pode ocorrer a poeira na manipulação dos resíduos com nanopartículas, e desta forma seriam necessárias condições específicas de segurança de trabalho, tanto para prevenir o contato humano quanto com o meio ambiente.</p> <p>Resultado: o destino dos nanomateriais em processo de reciclagem não é claro em virtude dos desafios na exposição dos produtos com nano escala, em relação ao ambiente real de trabalho.</p>
Incineração	<p>Os resíduos são misturados e tratado termicamente em instalações de incineração. Ocorre que as partes inflamáveis são destruídas, os quais deixam partículas não destruídas na câmara de combustão. Desta forma seriam necessários modernos filtros e procedimentos de limpeza específicos. Poderia reduzir a quantidade dos resíduos perigosos. Entretanto, não existem muitas informações sobre a influência da limpeza em relação aos às nano partículas que persistem nas chaminés. E este seria o pior caso, onde persistem as partículas não destruídas, que permaneceriam assim no ambiente.</p> <p>Resultado: o estudo revela que poderia ser capturada uma parcela significativa de nanopartículas, desviando-as em cinzas volantes e cinzas. Mas a remoção das partículas restantes e sua eficiência foi relatava de formas diversas em vários estudos. Ainda, mesmo com este tratamento, 20% do total do material não seria alcançado e passaria pelo método, o que exigiria mecanismos preventivos adicionais.</p>
Tratamento de águas residuais	<p>Os produtos com nanomateriais podem liberar partículas durante sua utilização, bem como em contato com a água. Exemplo disso é a lavagem de roupas em máquinas. Assim, os nanomateriais podem ser encontrados nos tratamentos de águas residuais, inclusive no lodo incinerado e utilizado como fertilizante para a agricultura. Portanto, a ausência de conhecimento existe no que tange aos impactos ambientais decorrentes de utilização deste lodo como fertilizante.</p>

ilibrary.org/environment/nanomaterials-in-waste-streams_9789264249752-en#page5. Acesso em: 26 mar. 2018. p. 17-23.

³¹⁴ OECD. **Nanomaterials in Waste Streams: Current Knowledge on Risks and Impacts**. OEDC Publishing: Paris. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/nanomaterials-in-waste-streams_9789264249752-en#page5. Acesso em: 26 mar. 2018. p. 13.

	Resultado: na investigação de alguns tipos de produtos em nano escala em estações de água piloto, constatou-se que foram capazes de desviar e capturar 80% de nanomateriais em massa em lama sólida, mas o restante dos resíduos com nanopartículas permaneceriam nas águas superficiais.
Deposição em aterros	<p>A deposição em aterros de resíduos com nanomateriais não tratados (biodegradáveis) é o principal resíduo, pois é a técnica de gestão mais utilizada pelos países. Dependendo de como e onde o aterro está e é organizado, as nanopartículas podem deixar o aterro por emissão na atmosfera, água e ainda no solo.</p> <p>Resultado: aqui se assemelha ao caso do tratamento da água, em que a captura se daria ante a agregação ou aglomeração com matéria orgânica e bactérias. Mas no caso específico da eficácia dos forros dos aterros na manutenção dos nanomateriais para o meio ambiente, os resultados são contraditórios, e a extensão em que as superfícies do aterro ou gás para liberação não foi estudada com profundidade.</p>

Fonte: ENGELMANN, Wilson; SILVA, Daniele Weber da. A destinação final dos nanomateriais: o princípio da precaução como fundamento para a normatização das nanotecnologias e seus resíduos finais. **CONPEDI – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito**. XXV Encontro Nacional, 2016, Brasília-DF. Disponível em: <https://www.conpedi.org.br/publicacoes/y0ii48h0/q923c0e2/eW2u7WV6kSygr378.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2018. p. 433-434.

Nas indústrias de agricultura e alimentos os avanços das nanotecnologias mantêm a promessa de promover: a) o crescimento verde, ajudando a aumentar a produtividade e melhorar o uso de recursos, b) reduzir a perda pós-colheita, c) melhorar a qualidade do produto e aumentar a competitividade dos produtores agrícolas. Vislumbra-se potenciais benefícios no setor agroalimentar em várias áreas-chave, incluindo: a produção sustentável, saúde vegetal e animal, processamento e embalagem de alimentos, bem como, na redução do impacto ambiental das operações agrícolas. Quanto às potenciais desvantagens verifica-se que as nanotecnologias podem, em si mesmas, constituir uma fonte específica de poluição, podendo ser mais difícil de tratar do que a poluição convencional. Um estudo sobre nanopesticidas usado no tratamento de peras, por exemplo, constatou que estes materiais entravam nos frutos mais facilmente que os pesticidas comuns.³¹⁵

Os procedimentos tradicionais de avaliação de risco são inadequados para prever os riscos ecológicos associados à liberação de nanomateriais no meio ambiente. O grande enfrentamento da questão passa pelo conhecimento pomenorizado das inadequações da aplicação

³¹⁵ OECD Observer. **Growing green agriculture**. Disponível em: http://oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/4293/Growing_green_agriculture.html. Acesso em: 15 mar. 2018.

dos princípios químicos de fase (por exemplo, tamanho de partícula, forma, funcionalidade, durabilidade no ambiente), a fim de que se dê a correta (ou mais aproximada possível) avaliação dos reagentes/componentes presentes nos nanomateriais.³¹⁶ Trata-se de um campo de aplicação amplamente vasto, complexo, multidisciplinar, no qual o ritmo do desenvolvimento das pesquisas e comercialização destes materiais desafiam a capacidade de realizar, em tempo, avaliações concretas dos riscos, frente a rápida obsolescência dos métodos e abordagens efetuados.

A par do delineamento da *práxis* nanotecnológica e seus desdobramentos positivos e negativos sobre a natureza humana e ambiental, passa-se ao estudo do terceiro capítulo da Dissertação, cuja base consiste em verificar os possíveis liames éticos e jurídicos lançados pela tecnologia nano, face as possíveis limitações do Direito em alcançar/regular esta matéria.

³¹⁶ ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. In: HESS, Sonia Corina (org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018. p. 330.

CAPÍTULO III

3 REFLEXÕES TRAZIDAS PELA REVOLUÇÃO NANOTECNOLÓGICA AO DIREITO

“A fragilidade do mundo e dos indivíduos nos torna mais responsáveis do que nunca de um futuro possível para as gerações futuras.”

Hans Jonas

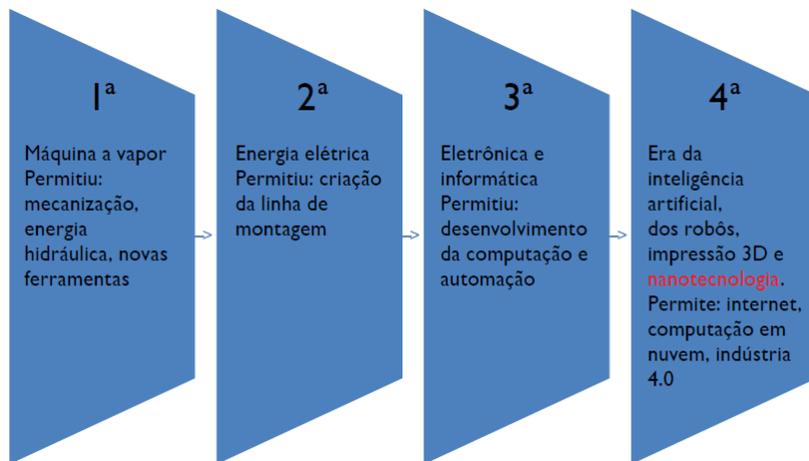
Como visto no capítulo anterior, a nanotecnologia inaugura uma nova forma de pensar o ser das coisas a partir dos seus elementos fundamentais: o átomo. É a partir da análise da matéria atômica, cada vez mais diminuta, que novos compostos vem sendo criados/combinados, ocasionando um sistema de conhecimento complexo, com ampla margem de disseminação e aplicação.

A Revolução Industrial trouxe consigo o protagonismo das máquinas na substituição da força humana, gerando impactos ambientais e sociais perceptíveis à olho nú, como a poluição dos ecossistemas, a exploração massiva dos recursos energéticos, criação de latifúndios voltados ao agronegócio, urbanização desenfreada, desigualdades, etc..

A ideia central girou, por muitos anos, em torno da crença de que a Natureza seria fonte inesgotável de bens – fato legitimador do acesso ao conhecimento e da liberdade a partir da exploração massiva de tudo que há –, afinal a criatura humana é a única que “*pensa e existe*”.³¹⁷

Figura 16 – Características da Revolução Industrial em suas quatro fases evolutivas

³¹⁷ A máxima cartesiana do “Penso, logo existo”, desenvolvida pelo filósofo René Descartes, em sua obra “Discurso do Método”, assegurou ao ser humano, uma hegemonia secular que lhe garantiu e ainda garante um domínio sobre a natureza e demais seres privados deste dom. Por isso, o processo racional na busca de assertivas lógicas irrefutáveis, ao lado de procedimentos empíricos de aferição da verdade, proporcionaram ao ser humano avanços significativos no campo das ciências. Contudo, pensar e existir não foram o bastante para conter a corrida autodestrutiva que a conquista “racional” do progresso realizou às custas da exploração da natureza. DESCARTES, René. **Discurso do Método**. Tradução de Maria Ermantina Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 1996.



Fonte: ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. *In*: HESS, Sonia Corina (Org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018. p. 331.

Na atualidade, os modos exploratórios inaugurados com a Revolução Industrial e aperfeiçoados com o passar do tempo, abriram uma fenda incomensurável de um caminho sem volta. A destruição do planeta marcada pela errônea concepção de inesgotabilidade dos recursos constitui um dos pontos de reflexão (e ação) mais importantes quando a consciência por uma condição ambiental saudável está em jogo.

A busca por melhores condições de sobrevivência, atrelada ao avanço tecnológico, guinou a racionalidade emergente para um novo caminho: o caminho do infinitamente pequeno, perfazendo-se na nanotecnologia o ponto central deste estudo (vide capítulo 2). A preocupação volta-se do macro para o micro (ou ultra micro) forçando-nos a olhar para um universo cheio de possibilidades e mistérios, no qual as certezas são poucas e as possibilidades infinitas. É aqui que a ideia de “inesgotabilidade” volta à tona, colocando-nos (sem qualquer permissão, afinal, a Natureza passou a ser a grande cobaia) no centro da mais importante revolução tecnocientífica.³¹⁸

³¹⁸ ANNA, José P. Sant. **Nanotecnologia** – Revolução tecnológica progride sem alarme. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/nanotecnologia-revolucao-tecnologica-progride-sem-alarde/>. Acesso em: 08 mai. 2018.

A histórica superação do homem pelo homem (passando pelas fases: *homo sapiens* – *homo faber*³¹⁹ – *homo technologicus* – *homo Deus*³²⁰), irrompe no sentido de conformar a noção de que o próprio conhecimento (ao contrário do imaginário comum) tem limites.³²¹ O dever de cuidar/proteger face o antagonismo existente entre avanço/retrocesso, progresso/destruição, compensação/autodestruição, risco/dano, expõe a vulnerabilidade³²² de toda Natureza que não mais se conforma com os padrões antropocêntricos de outrora (há um rompimento com a ideia daquele que age para subsistir e obter compensações, para aquele que age em prol de uma indústria tecnológica voraz pelo controle das múltiplas possibilidades nanotecnológicas).

Neste sentido, o dever de proteção e um pensar ético que vá além do momento presente³²³, mostram-se essenciais. A ausência de marcos regulatórios que guarneçam a proteção de todas as formas invisíveis da Natureza relacionadas à nanotecnologia não podem servir ao alvedrio de seus criadores, sem que se saiba, ao certo, o conteúdo ético norteador das decisões nestes ambientes.³²⁴ É aqui que a noção de responsabilidade e dignidade humana³²⁵ ganham força e contornos éticos-normativos

³¹⁹ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008. p. 36-37.

³²⁰ HARARI, Yuval Noah. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. Tradução de Paulo Geiger. Companhia das Letras: São Paulo, 2015.

³²¹ FÉRRIZ, José Luis; FÉRRIZ, Adriana Pereira; RIBEIRO, Luziana Ramalho. **A Transmutação do “homo sapiens em homo faber” a ética da responsabilidade em Hans Jonas**. 2008. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC0999_01_O.pdf. Acesso em: 05 out. 2018.

³²² JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 39.

³²³ ENGELHARDT JR, H. Tristram. **Fundamentos da Bioética**. Tradução de José A. Ceschin. São Paulo: Edições Loyola Jesuítas, 1998. p.490-493.

³²⁴ 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. **Revista Araucária**, v. 17, n. 33, ano 2015. Disponível em: <https://revistascientificas.us.es/index.php/araucaria/article/view/716/682>. Acesso em: 03 mai. 2018. p. 172-177.

³²⁵ SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012. p. 62.

consideráveis, como limitadores da conduta humana frente ao avanço tecnocientífico nanotecnológico, não sendo demasiado pensar que existem limites a serem respeitados³²⁶ (à guisa de não repetir os resultados catastróficos produzidos pela Revolução Industrial), já que o conhecimento humano atingiu todos os aspectos do ser, inclusive e principalmente, os invisíveis.

Diante da virada na perspectiva de análise ontológica e da instauração de uma nova linguagem científica (atômica), percebe-se que a teoria clássica da responsabilidade, na medida em que não consegue acompanhar as modernas formas de conhecimento tecnocientífico, é insuficiente, dada resposta eminentemente patrimonialista, na contenção do rumo das recentes “apostas”³²⁷ que vem sendo feitas no campo da nanotecnologia.

A exploração/comercialização da tecnologia ultrafina³²⁸ (nanotecnologia) traz consigo uma avalanche de valores emergentes que conduzem à eleição de valores extremos e suas consequências, sem que haja um meio termo. Afinal, não há muitas opções entre continuar brincando de ser Deus e manter-se vivo (e íntegro).³²⁹ O triunfo da supremacia da razão esgota-se na própria razão. A adoção de valores que desprezam aquilo que não é criado pelas mãos humanas, aliados à crença do natural inesgotável e na confiança inabalável na tecnologia, conduziram, por muito tempo, tudo aquilo que se entende por “evolução” da espécie, contudo, às custas de um desvio de conduta que põe à prova o presente e o futuro de nossa civilização. A jornada é seguida sem que

³²⁶ MARTINS, Patricia Santos; ENGELMANN, Wilson. Hans Jonas: o princípio responsabilidade, os limites da pesquisa (?) e as nanotecnologias. **Revista de Biodireito e Direitos dos Animais**, Minas Gerais, v. 1, n. 2, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://indexlaw.org/index.php/revistarbda/article/view/30>. Acesso em: 01 ago. 2018. p. 343.

³²⁷ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 77-78.

³²⁸ FERREIRA, A.J.; JONES, J.Cemlyn; CORDEIRO, C. Robalo. Nanoparticles, nanotechnology and pulmonary nanotoxicology. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 19, january/february 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0873215912001316?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2018. p. 28-37.

³²⁹ HARARI, Yuval Noah. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. Tradução de Paulo Geiger. Companhia das Letras: São Paulo, 2015.

haja valores seguros que guarneçam nossas escolhas, os riscos criados, as ações e decisões a serem tomadas.³³⁰

O Princípio da Responsabilidade³³¹ vem ao encontro da envelhecida ética tradicional (consubstanciada no sujeito e no fato de que não consegue responder, com satisfação, o domínio imposto pela ciência e a técnica atuais, causadora do rompimento dos limites espaço-tempo)³³², principalmente no sentido de dar corpo às exigências de manutenção da vida e na Natureza, face os riscos e incertezas da civilização (nano)tecnológica.³³³ A ética moderna avança em relação à ética tradicional³³⁴, no ponto em que esta se centra no sujeito e aquela se fundamenta em situações desconhecidas; a primeira, é sinônimo de moralidade (interferência da ação subjetiva e suas representações) ou de razão prática (ética do juízo), a segunda, desloca o sujeito para além do seu momento presente, buscando refletir acerca dos desafios coletivos impostos pelo conhecimento moderno (fundamentação/aplicação) e suas incertezas.³³⁵ É neste sentido que a gestão ética do conhecimento apresenta-se como a solução viável em prol do equilíbrio e da manutenção da Natureza.

3.1 O PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE COMO INSTRUMENTO ÉTICO MODERADOR DOS INTERESSES EM SITUAÇÕES DE (IN)CERTEZA NANOTECNOLÓGICA

³³⁰ DORST, Jean. **A força do ser vivo**. São Paulo: Editora Melhoramentos Edusp, 1981.

³³¹ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008.

³³² FONSECA, Flaviano Oliveira. **Hans Jonas**: ética para a civilização tecnológica. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernosdeciencias/article/viewFile/852/859>. Acesso em: 05 out. 2018. p. 153-154.

³³³ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

³³⁴ SANTOS, Robinson dos. **O problema da técnica e a crítica à tradição na ética de Hans Jonas**. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/dissertatio/article/viewFile/8804/5813>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018. p. 273-279.

³³⁵ BARRETO, Vivente de Paulo. **O Fetiche dos Direitos Humanos e outros Temas**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2013. p. 288.

A Sociedade de Risco (estudada no capítulo 1), marca uma verdadeira guinada de pensamento e enfrentamento dos riscos apreendidos com as novas tecnologias. A linha tênue entre avanço e retrocesso, vida e morte, conhecimento e risco, fez com que parâmetros de cuidado com a Natureza e com a vida fossem evidenciados e colocados em pauta. A ameaça da inexistência do futuro, conduz à questão da importância e do lugar que a tecnologia – em especial, a nanotecnologia –, têm e terá em nossa sociedade, ao passo que sua abrangência, consequências e efeitos (previstos e imprevisos, diretos e indiretos) ocupam um espaço cumulativo/irreversível³³⁶ na reformulação das concepções ambientais e éticas vigentes.

A esquizofrenia econômica marcada pelo acúmulo de bens, produtos e da melhor concorrência, sem compromisso com o impacto ecológico, com uma continuidade histórica (a obsolescência é a regra), desvincula-se, cada vez mais, do compromisso ontológico de bem entender o papel da criação tecnológica e sua interferência no mundo.³³⁷

Para Lourenço Zancanaro, deve haver um limite ao “conhecer” – e não ao “conhecimento” –, principalmente quando se está diante de algo que possa colocar em risco a harmonia da Natureza, devendo-se ter em mente uma ética global do ser, onde tudo o que é criado para controle e manipulação, deve dar lugar à ponderação, ao estudo e à reflexão.³³⁸

³³⁶ SANTOS, Robinson dos. Responsabilidade e consequencialismo na ética de Hans Jonas. **Revista de Filosofia Aurora**, v. 24, n. 35, jul./dez., 2012. Disponível em:

http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/filosofia_artigos/robinson_responsabilidadehansjonas.pdf. Acesso em: 15 abr. 2018. p. 425-426.

³³⁷ COSTA, Poliana Emanuela da. Diferença ontológica e técnica moderna em Heidegger. **Saberes: Revista Interdisciplinar de Filosofia e Educação**, v. 1, n. esp., jan. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/saberes/article/view/6423/5133>. Acesso em: 02 abr. 2018. p. 65-67.

³³⁸ A diferença interpretativa entre “conhecer” e “conhecimento”, evidencia-se no fato de conhecermos a realidade nanotecnológica, mas não temos o conhecimento necessário, face todas as suas possibilidades, para o domínio desta técnica. Deve-se ter em mente, também, que este conhecimento, além de novo, é de difícil alcance ao público leigo e, inclusive, dos profissionais do Direito. ZANCANARO, Lourenço. A ética da responsabilidade com o futuro: uma dimensão pedagógica. In: BARCELOS, Valdo; NOAL, Fernando Oliveira (orgs.). **Educação ambiental e cidadania** – cenários brasileiros. Santa Cruz do Sul: Editora Edunisc, 2003. p. 57-81.

A crise ecológica vivenciada atualmente é fruto da crença errônea do acesso ao saber ilimitado como sinônimo de poder – conduzindo à atual exploração tecnocientífica da Natureza³³⁹ –, cujo reflexo atingiu, em cheio, à todos, face a iminência de sucessivas catástrofes.³⁴⁰

O Princípio da Responsabilidade está intrinsecamente relacionado com a racionalidade humana. Na medida em que esta evolui/renova, alterando a sociedade e os padrões concebidos, aquele também deve evoluir/renovar, sob pena de não atualização das capacidades de decisão e eleição dos limites do que seja bom ou ruim, no presente e no futuro.³⁴¹ O caráter transfronteiriço dos riscos nanotecnológicos rompem com a mínima perspectiva de domínio da técnica – é como se estivéssemos sendo conduzidos por um veículo sem motorista –, dado que sua ambivalência (no espaço e no tempo) não permite conhecer as consequências de todas as combinações possíveis. Ainda que as pesquisas apresentem soluções convincentes e úteis, não há que se falar em segurança e previsibilidade de suas consequências.

Hans Jonas, em sua obra *O princípio responsabilidade: Ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*³⁴², propõe a construção de um novo modelo ético supremo onde a responsabilidade deve servir como pedra de toque à toda formulação da vida humana, seja ela visível ou não. Ante a emancipação da Ciência (inclusive pela possível superação da

³³⁹ PAZZINI, Bianca; SPAREMBERGER, Raquel Fabiana Lopes. O ambiente na Sociedade do Risco: possibilidades e limites do surgimento de uma nova cultura ecológica. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, Belo Horizonte, v. 8, n. 16, abr. 2011. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/214/189>. Acesso em: 20 jan. 2018. p. 152-158.

³⁴⁰ DUPUY, Jean-pierre. **O tempo das Catástrofes**: quando o impossível é uma certeza. Traduzido por Lilian Ledon da Silva. Editora É Realizações: 2011.

³⁴¹ JONAS, Hans. **The Imperative of Responsibility**: in Search of an Ethics for the Technological Age. Translated by Hans Jonas with the collaboration of David Herr. The University of Chicado Press: United States of America, 1984. p. 31-34.

³⁴² JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. Também foram utilizadas como fonte de pesquisa as seguintes versões inglesa e espanhola: JONAS, Hans. **The Imperative of Responsibility**: in Search of an Ethics for the Technological Age. Translated by Hans Jonas with the collaboration of David Herr. The University of Chicado Press: United States of America, 1984.; JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008.

Ciência tradicional pela Teoria Quântica), a superioridade da razão – em especial a razão tecnológica –, busca alterar a visão humana acerca do universo circundante, no qual o *homo tecnologicus* define a nova dimensão pós-moderna da Natureza, alterando a realidade sociocultural circundante.³⁴³

O embasamento ético utilizado por Hans Jonas busca orientar decisões a partir do impedimento das “apostas” de agir (tudo ou nada) que coloquem em risco a espécie humana e, por consequência, toda a natureza.³⁴⁴ A primordialidade do princípio está em afastar a utilização da natureza como meio, assegurando sua existência no futuro.³⁴⁵

Uma ética voltada para o futuro tem como compromisso a reflexão acerca dos passos a serem dados frente à concretização de hipóteses, mensuráveis ou não, sem que para isso seja necessária uma experiência maligna efetiva.³⁴⁶ A possibilidade de representação nociva seria o fio condutor para o alerta quanto à sua implementação ou negação. É neste viés que Hans Jonas leciona, por exemplo, acerca da “prevenção indolor” que a erradicação das armas nucleares causariam, pois além de evitar todas as consequências danosas, gerariam uma expressiva economia face a extinção da barbárie.³⁴⁷

A consciência da fragilidade da vida em meio aos riscos nanotecnológicos e a liberdade de investigação, fazem com que a prudência se torne o ponto central de qualquer reflexão ética a respeito deste tema. A responsabilidade ganha contornos de dever de exigência moral na medida em que um alinhamento com a sociedade tecnológica é cada vez mais preciso, tendo em vista que a técnica também é fonte de nocividades. Essa exigência moral – de prudência –, de caráter

³⁴³ FERRER, Gabriel Real. **La sostenibilidad tecnológica y sus desafíos frente al Derecho**. Disponível em: http://www.academia.edu/29211132/LA_SOSTENIBILIDAD_TECNOLÓGICA. Acesso em: 13 mai. 2018.

³⁴⁴ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 84-85.

³⁴⁵ BARRETO, Vivente de Paulo. **O Fetiche dos Direitos Humanos e outros Temas**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2013. p. 76-81.

³⁴⁶ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008. p. 66-68.

³⁴⁷ JONAS, Hans. **Técnica, medicina e ética**: sobre a prática do princípio responsabilidade. São Paulo: Paulus Editora, 2013.

deontológico, coaduna-se com o imperativo ético de respeito à vida e à dignidade humana em todas as suas formas.³⁴⁸

O Princípio da Responsabilidade propõe uma ética para a técnica, na qual “[...] o saber deve ter a mesma magnitude da dimensão causal do nosso agir [...]”³⁴⁹, tornando-se um dever de alta ordem. A técnica transmutou-se em fim³⁵⁰, tornando-se primordial o reconhecimento daquilo que pode ser previsto (ou não) e o agir causal necessário nestas situações, principalmente no tocante aos riscos. Além de estabelecer limites, este princípio visa conter os efeitos incertos, constituindo um dever ético-jurídico. Ainda que grandes diferenciações marquem a forma de fazer Ciência e a forma social/jurídica, cada uma com sua linguagem e aparelho investigativo próprio, deve-se ter mente que o saber científico não é o único caminho válido de compreensão da verdade e da sabedoria. O acolhimento de outros saberes e outras vozes (diversa da científica) perfaz o caminho efetivo de uma responsabilidade universal, solidária (afinal somos todos cidadãos da “Terra-Pátria”³⁵¹), voltada ao futuro, capaz de bem cumprir o desafio (in)certo impresso pela nanotecnologia e tudo o mais que dela surgirá.

3.1.1 Heurística do Temor: proteção frente ao (des)conhecido

O temor, segundo o magistério de Hans Jonas, perfaz o caminho de uma ética da responsabilidade. A partir do momento que incertezas e riscos passam a fazer parte do cotidiano social, a consciência do perigo coloca-nos a par da existência prévia do mal, sinalizando que nem tudo está tão bem.

³⁴⁸ SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista da Faculdade de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n. 69, jul./dez., 2016. Disponível em: <https://www.direito.ufmg.br/revista/index.php/revista/article/view/1798/1708>. Acesso em: 03 mai. 2018. p. 442-447.

³⁴⁹ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 41.

³⁵⁰ SGANZERLA, Anor; VALVERDE, Antonio José Romera; FALABRETTI, Ericson. **Natureza humana em movimento**: ensaios de antropologia filosófica. São Paulo: Paulus Editora, 2012. p. 325-328.

³⁵¹ MORIN, Edgar; HERN, Anne-Brigitte. **Terra-Pátria**. Traduzido por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 1995.

Quando o assunto é nanotecnologia, apesar dos avanços e da convincente promessa de sucesso, existe uma grande lacuna que não foi (e talvez não seja tão cedo) preenchida. A manipulação e composição da matéria ultrafina³⁵² também contém suas incertezas e riscos (vide estudo dos riscos elaborado no capítulo 2). Isso acaba deixando-nos expostos a todo tipo de eventualidade indesejável, cujo controle também é desconhecido e cujas consequências rumam através da “sorte”.

O “tomara que dê tudo certo” já iniciou sua peregrinação pois já somos consumidores de produtos nanotecnológicos, nas mais diversas áreas (vide Figura 5 e Tabela 4), ditando um futuro cheio de incertezas, nas quais as situações práticas que surgirem (boas ou más) conduzirão ao local em que a razão humana deverá atuar (se houver solução e tempo!). É neste sentido que a vontade de evitar o pior, a partir do temor³⁵³, caracteriza uma ética da responsabilidade pautada sob o seguinte imperativo categórico: “Aja de modo a que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma autêntica vida humana sobre a Terra”, ou ainda, “Aja de modo a que os efeitos da tua ação não sejam destrutivos para a possibilidade futura de uma tal vida”, ou seja, quanto mais refletida no futuro estiver a situação de temor, mais esta máxima tornar-se-á necessária.³⁵⁴

O temor inaugura seu tempo a partir de uma ação responsável e reflexão futura voltados à modificação do agir humano.³⁵⁵ É positivo, pois tem o poder de alterar o destino, limitando o alcance desmedido da razão no que diz respeito ao cuidado com a vida e a Natureza. Diante de efeitos que se manifestam à longo prazo, sem qualquer analogia com o passado e o presente, a heurística do temor é capaz de evocar sentimentos e princípios a serem seguidos frente à situações inusitadas (embora

³⁵² FERREIRA, A.J.; JONES, J.Cemlyn; CORDEIRO, C. Robalo. Nanoparticles, nanotechnology and pulmonary nanotoxicology. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 19, january/february 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0873215912001316?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2018. p. 28-37.

³⁵³ BAUMAN, Zygmunt. **Tempos Líquidos**. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2007. p. 32.

³⁵⁴ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p.47-48.

³⁵⁵ SANTOS, Robinson dos. **O problema da técnica e a crítica à tradição na ética de Hans Jonas**. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/dissertatio/article/viewFile/8804/5813>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018. p. 285-287.

desconhecidas) que podem afetar à todos indistintamente.³⁵⁶ Por outro lado, reações ao temor que os riscos nanotecnológicos podem ocasionar atribuem uma nova perspectiva de visualizar a Natureza não como instrumento mas como parte estruturante, frágil e fundamental do equilíbrio de nós mesmos e de todo ecossistema. A mudança de olhar, que afasta o antropocentrismo, aproximando-se do ecocentrismo/biocentrismo³⁵⁷, atribui à natureza valores supremos de preservação (inclusive para o futuro), veementemente buscados pela Ética da responsabilidade.³⁵⁸

O poder maior do *homo tecnologicus*, em face do *homo sapiens* e do *homo faber*, é facilmente perceptível e segue em crescimento exponencial.³⁵⁹ A mudança paradigmática instaurada pela tecnologia e suas infinitas combinações, fizeram com que novas formas de compreensão de mundo fossem experimentadas, rompendo, em definitivo, com os modos de operacionalizar a vida, o trabalho, o lazer, as enfermidades, as informações e as relações humanas, num caminho de franco distanciamento entre o que é produzido hoje e o que era produzido há cinquenta anos. Neste cenário, Hans Jonas chama atenção a três elementos essenciais que devem estar presentes em qualquer decisão: a) cautela e moderação nas ações, b) razão hipotética, c) refletir acerca das consequências.³⁶⁰ Ao lado disso, a ideia central do Princípio da Responsabilidade e da heurística do temor gira em torno do estar atento à

³⁵⁶ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 72-73.

³⁵⁷ STOPPA, Tatiana; VIOTTO, Thaís Boonem. Antropocentrismo x Biocentrismo: um embate importante. In: **Revista Brasileira de Direito Animal**, v. 9, n. 17, 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/RBDA/article/view/12986>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

³⁵⁸ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 42.

³⁵⁹ SGANZERLA, Anor; VALVERDE, Antonio José Romera; FALABRETTI, Ericson. **Natureza humana em movimento**: ensaios de antropologia filosófica. São Paulo: Paulus Editora, 2012. p. 328.

³⁶⁰ JONAS, Hans. **The Imperative of Responsibility**: in Search of an Ethics for the Technological Age. Translated by Hans Jonas with the collaboration of David Herr. The University of Chicado Press: United States of America, 1984.

nocividade ou às incertezas da técnica moderna³⁶¹, afastando qualquer promessa de progresso voltada exclusivamente ao lucro ou crescimento econômico ou, ainda, a busca do poder pelo poder, uma vez que à guisa dos benefícios, os prejuízos serão irremediavelmente distribuídos à todos (humanos e não-humanos).³⁶²

Assumir a responsabilidade pelo futuro implica em um compromisso global, universal³⁶³, com a humanidade e com a Natureza como Princípio³⁶⁴, em prol da manutenção e do fortalecimento de uma Ética da civilização (nano)tecnológica³⁶⁵, sem descuidar dos interesses humanitários, da precaução diante das “apostas no agir do agente” e da suposição de “continuidade da existência”.³⁶⁶

De acordo com Hans Jonas, ao contrário do que acontece com o imperativo categórico kantiano (que não leva em conta a natureza)³⁶⁷, há um afastamento da reciprocidade (direitos e deveres) e do subjetivismo, quando da adoção do Princípio da Responsabilidade e da heurística do temor como balizadores da técnica moderna, pois visa um comportamento de enfrentamento coletivo voltado ao futuro (com o que ainda pode vir a existir) acerca da ambivalência entre o potencial construtivo e destrutivo que a civilização técnica possui. Ainda assim, não desaconselha a ação,

³⁶¹ ABRAMOVAY, Ricardo. **A heurística do medo, muito além da precaução**. Estudos Avançados. São Paulo, v. 30, n. 86, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100167&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2018.

³⁶² FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. Lisboa: Relógio D'água, 1993.

³⁶³ SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

³⁶⁴ NODARI, Paulo César; PACHECO, Luiza de Azevedo. Responsabilidade e heurística do temor em Hans Jonas. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 19, n. 3, set./dez., 2014. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/2852>. Acesso em: 02 ago. 2018. p. 85.

³⁶⁵ SGANZERLA, Anor. O sujeito ético em Hans Jonas: os fundamentos de uma ética para a civilização tecnológica. In: SANTOS, Robinson dos; OLIVEIRA, Jelson; ZANCANARO, Lourenço (org.). **Ética para a civilização tecnológica: em diálogo com Hans Jonas**. São Paulo: São Camilo, 2011. p. 115-128.

³⁶⁶ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica**. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008. p. 76-81.

³⁶⁷ A máxima inscrita aduz: “Age apenas segundo a máxima pela qual possas ao mesmo tempo querer que ela se torne uma lei universal”. KANT, Immanuel. **Fundamentação da metafísica dos costumes**. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p. 129.

pois ela representa o cuidado que se deve ter em relação ao objeto da responsabilidade: o temor que se antecipa ao conhecimento.³⁶⁸

Ao discorrer acerca do papel heurístico do temor, Anor Sganzerla pontua:

Trata-se de uma espécie de prudência no agir despertada pela preferência do mau prognóstico, de modo que se possa antecipar ou mesmo impedir a ação e a necessidade de reparação do dano; isto é, diante de prognósticos incertos e da ameaça da continuidade da vida autêntica no futuro, a cautela, a prevenção e a prudência assumem o papel de guia das ações humanas.³⁶⁹

Diante destas considerações, a heurística do temor, além de constituir um método eficaz, surge como sucedâneo de uma civilização que experimenta, ao mesmo tempo, o progresso e a autodestruição; como método, aponta para o desejo de conhecer o invisível e evitar o mal (ainda que desconhecido), constituindo-se este seu principal valor na luta pela preservação da vida e da Natureza.

3.2 A NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA INTERPRETAÇÃO JURÍDICA DA NOVA COMPREENSÃO DA NATUREZA: a importância do Princípio da Precaução como fonte de controle dos riscos

O desafio imposto pela revolução nanotecnológica em curso impõe uma necessária compreensão da natureza do bem envolvido, ou seja, está-se a olhar para dentro, para o invisível e, com isso, requer-se uma maior depuração do fenômeno inclusive como integrante de uma nova epistemologia jurídica ambiental. As lentes em voga dizem respeito a uma realidade que apenas pode ser vista para dentro (não para fora) da matéria

³⁶⁸ NODARI, Paulo César; PACHECO, Luiza de Avezedo. Responsabilidade e heurística do temor em Hans Jonas. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 19, n. 3, set./dez., 2014. p. 81-82. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/2852>. Acesso em: 02 ago. 2018.

³⁶⁹ SGANZERLA, Anor. Responsabilidade. In: OLIVEIRA, Jelson; MORETTO, Geovani; SGANZERLA, Anor. **Vida, Técnica e Responsabilidade: Três Ensaio Sobre a Filosofia de Hans Jonas**. São Paulo: Paulus Editora, 2015. p. 169.

(ainda que seus efeitos sejam sentidos no ambiente macro), sob pena de equívocos consideráveis.

Este olhar para dentro também é exigido do Direito, na medida em que seus postulados tradicionais não dão conta de prover tamanha novidade – que cresce desmedidamente exigindo regulações. Como visto alhures, o consumo e dispersão de materiais ou compostos nanotecnológicos é um fato que só tem um caminho: o da transformação da Natureza e de tudo que pode ser entendido como tal (caminho este sem possibilidade de volta). Seus perigos, ameaças e riscos fazem-se presentes desafiando a compreensão de saúde humana e saúde ambiental, sobrepujando-se às dúvidas e incertezas do progresso científico.

A criação e implementação dos já existentes instrumentos jurídicos na corrida por efetivar medidas de prevenção e gerenciamento dos riscos em nanotecnologia, fazem do Princípio da Precaução a pedra angular do cuidado com o ser humano, com o meio ambiente e com a Natureza.³⁷⁰

De acordo com o magistério de Wilson Engelmann:

A precaução aponta para a decisão que a pesquisa científica com o emprego da escala nano deverá fomentar. Não se poderá avançar apenas para atender aos reclamos econômicos, que são muito atraentes. É necessário avaliar, no mesmo nível de interesse, todas as prováveis situações desastrosas e de perigo para o gênero humano. Para isso, não se poderá trabalhar dentro de um processo silogístico oriundo da lógica dedutiva. A verificação deverá ser mais aberta, pois se trata de experimentação nova e desconhecida na sua integralidade. É necessária a construção de uma fórmula que integre obrigatoriamente uma premissa ética, alicerçada no direito fundamental ao respeito à precaução, aqui entendida como o cálculo, a avaliação e a projeção das consequências.³⁷¹

³⁷⁰ MIRRA, Álvaro Luiz Valery. Direito ambiental: o princípio da precaução e sua aplicação judicial. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 21, jan. 2001. p. 94.

³⁷¹ ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego da nanotecnologia. In: SOUZA, Ismael Francisco de; VIEIRA, Reginaldo de Souza (org.). **Direitos fundamentais e Estado**. Criciúma: Ed. UNESC, 2011. p. 412-418.

O variado leque de indústrias e produtos lançados no mercado atual, fazem com que os riscos embutidos sobressaltem à percepção da dificuldade em mensurá-los corretamente quando o assunto é nanotecnologia. Este cenário de incertezas, abraçado pela Ciência, concretiza o Princípio da Precaução como o respeito aos limites e contornos ambientais³⁷², tendo em vista a fragilidade da vida frente à complexidade dos arranjos ambientais, sociais, éticos e científicos da contemporaneidade.³⁷³ Este Princípio visa assumir o gerenciamento dos riscos nanotecnológicos, aproximando-se dos postulados relativos aos direitos fundamentais, da dignidade da pessoa humana, da preservação do meio ambiente, do cuidado dos bens das presentes e futuras gerações, em prol de uma sustentabilidade nanotecnológica global.³⁷⁴

Para Airton Guilherme Berger Filho, a aplicação do Princípio da Precaução em assuntos ligados à nanotecnologia conduzem às seguintes repercussões:

- a) como a própria expressão sugere deve a ser antecipatória;
- b) deve ser imposta quando existir incerteza científica de danos graves e irreversíveis;
- c) tal incerteza não inverte o ônus da prova, não exonera de responsabilidade os responsáveis atividades potencialmente danosas, pelo contrário transfere a estes a obrigações de comprovar o potencial de risco de seus produtos;
- d) por fim, o princípio da precaução impõe transparência e amplo acesso as informações com vistas a proporcionar a participação da sociedade na tomada de decisão.³⁷⁵

³⁷² ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMULLER, André Rafael. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 121.

³⁷³ LEFF, Henrique. **Racionalidad Ambiental**: la reapropiación social de la naturaleza. Sigilo Veintiuno Editores: Mexico, 2004. p. 192.

³⁷⁴ ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Saraiva Viviane. Do princípio da precaução à precaução como princípio. Construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, ano 17, jan./mar. 2013. p. 29.

³⁷⁵ BERGER FILHO, Airton Guilherme. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco. **Âmbito Jurídico.com.br**. Rio Grande, v. 13, n. 72, jan. 2010. Disponível em: <http://www.ambito->

Tais repercussões visam a mitigação dos riscos a partir de uma conduta de ação antecipada. A tensão existente entre benefícios e malefícios da manipulação nanotecnológica fazem com que as incertezas científicas deste campo sejam reguladas evitando-se a iminência de danos futuros ao meio ambiente (adotando-se aqui sua perspectiva mais ampla).³⁷⁶

O Princípio da Precaução (concebido para articular decisões em situações de incerteza científica³⁷⁷) necessita de um novo dimensionamento a fim de que seus pressupostos, condições e alcance possam ser adotados com maior efetividade à proteção do meio ambiente nano, evitando-se distorções em sua interpretação que possam favorecer a atuação científica de atores diversos dos agentes e instâncias constitucionalmente previstas para decidir. Este desafio impõe aos juristas a construção de:

[...] um sistema jurídico, um Direito, que saiba mover-se, operar e decidir na incerteza crescente que nos envolve. **Desafio formidável** por conta de que temos um sistema jurídico construído justamente sobre o paradigma contrário, o da certeza, da segurança jurídica. Teremos, então, que **afrontar essa incerteza, decompô-la, simplificá-la, decodificá-la**, para construir certezas convencionais – muitas vezes serão presunções – sobre as que fundar decisões que não têm a aspiração de dar com a verdade científica, se não resolver os problemas que surgem na sociedade, muito frequentemente em questões ambientais nas quais esse elemento de complexidade científica costuma estar muito presente.³⁷⁸ [grifo nosso].

juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084.
Acesso em: 01 set. 2017.

³⁷⁶ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

³⁷⁷ CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Direito constitucional ambiental português: tentativa de compreensão dos 30 anos das gerações ambientais no direito constitucional português. *In*: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (orgs.). **Direito constitucional ambiental brasileiro**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2007. p. 1-8.

³⁷⁸ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã: política e direito perante as incertezas da ciência**. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia

O controle dos riscos ambientais comanda diretamente duas ações: a preventiva e a precaucional. A primeira diz respeito à previsão do perigo; a segunda, diz respeito ao pressentimento. O Princípio da Precaução instaura-se em situações de risco que não há uma alta e segura possibilidade da ocorrência do dano, estabelecendo um padrão de prova mais flexível, cujo viés reside na potencialidade/gravidade do risco.³⁷⁹

Do magistério de Maria Alexandra Aragão colhe-se que este princípio apresenta forte vize de um clássico Princípio de Justiça, resguardando os interesses futuros diante da necessidade de “[...] regular os chamados “novos riscos” ambientais que se caracterizam por ser riscos globais, retardados e irreversíveis. [...]”³⁸⁰

A exigência, em nanotecnologia, da produção de estudos prologados no tempo (característica prospectiva) que confirmam dados mais concretos acerca dos seus efeitos, consitui da força normativa deste Princípio.³⁸¹

Formulado pelos gregos significando “ter cuidado e estar ciente”³⁸², o Princípio da Precaução (*Vorzorgenprinzip*) nasce na política ambiental da República Federal da Alemanha, no início da década de 1970, surgindo como norma de Direito Ambiental voltada ao enfrentamento dos problemas causados pela chuva ácida e poluição do Mar do Norte. Uma década depois, entra no cenário internacional no contexto da Declaração de Londres (1987), adotada na Segunda Conferência Internacional para a Proteção do Mar do Norte, cujo texto trazia, expressamente, “a necessidade da adoção de uma abordagem

França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 7.

³⁷⁹ CARVALHO, Délton Winter de. A construção probatória para a declaração jurisdicional da ilicitude dos riscos ambientais. **Revista da AJURIS**, a. XXXVIII, n. 123, set. 2011. p. 49.

³⁸⁰ ARAGÃO, Maria Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. **RevCEDOUA - Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente**, ano XI, v. 11, n. 22, 2008. Disponível em: <https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/8833/10/1-Princípio%20da%20precaução.pdf?ln=pt-pt>. Acesso em: 25 jan. 2019. p. 21.

³⁸¹ MARTINS, Paulo. **Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável**. Estudos Sociales, México, v. 17, n. 34, jul./dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200012&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 16 jan. 2018. p. 307-308.

³⁸² MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Princípio da Precaução**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 13 mai. 2017.

cautelar para proteger o mar do Norte dos efeitos potencialmente prejudiciais das substâncias mais perigosas”, implicando na “adoção de medidas para controlar as emissões dessas substâncias ainda antes de estar formalmente estabelecido um nexo de causalidade de natureza científica”.³⁸³

Insculpido nos principais documentos internacionais de proteção do Meio Ambiente (Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável³⁸⁴; Convenção sobre Diversidade Biológica³⁸⁵; Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima³⁸⁶), o Princípio da Precaução insere-se no âmbito nacional,

³⁸³ BERGER FILHO, Airton Guilherme. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco. **Âmbito Jurídico.com.br**. Rio Grande, v. 13, n. 72, jan. 2010. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084. Acesso em: 01 set. 2017.

³⁸⁴ Assinada ao final da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, ocorrida no Rio de Janeiro, de 03 a 14 de junho de 1992, extrai-se do Princípio 15: “De modo a proteger o meio ambiente, o **princípio da precaução** deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a **ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar** medidas eficazes economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental.” DECLARAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 6, n. 15, ago. 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141992000200013&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 mai. 2017. p. 153-159. [grifo nosso].

³⁸⁵ Assinada em 05/06/1992 e ratificada pelo Congresso Nacional através do Decreto Legislativo n. 2, de 03/02/1994, entrando em vigor no Brasil em 29 de maio de 1994, extrai-se de seu Preambulo: “[...] Observando que é vital prevenir, **prevenir** e combater na origem as causas da sensível redução ou perda da diversidade biológica, Observando também que quando exista ameaça de sensível redução ou perda de diversidade biológica, **a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas para evitar ou minimizar essa ameaça** [...]”. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/convenção-da-diversidade-biológica.html>. Acesso em: 13 mai. 2017. [grifo nosso].

³⁸⁶ Assinada em 09/05/1994 e ratificada pelo Congresso Nacional através do Decreto Legislativo n. 1, de 03/02/1994, entrando em vigor no Brasil em 29 de maio de 1994.

especialmente, através do artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.³⁸⁷

As dúvidas quanto ao risco de determinada ação sobre o meio ambiente exigem a aplicação do Princípio da Precaução quando:

a) ainda não houve qualquer dano decorrente de uma determinada atividade, receando-se, apesar da falta de provas científicas, que possam vir a ocorrer;

b) ocorrem danos ao ambiente, mas o conhecimento científico não é capaz de gerar provas seguras sobre a causa de sua origem;

c) diante de danos provocados ao meio ambiente, não há como auferir acerca do nexo de causalidade ente uma causa possível e os danos verificados, mesmo cientificamente.³⁸⁸

Em matérias onde a incerteza científica tem se apresentado, o Tribunal Superior de Justiça assim já decidiu:

PROCESSO CIVIL E ADMINISTRATIVO. AGRAVO REGIMENTAL NO RECURSO ESPECIAL. SERVIÇO DE TELEFONIA MÓVEL. INSTALAÇÃO DE ESTAÇÕES RÁDIO-BASE. INCIDÊNCIA DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO. FUNDAMENTO AUTÔNOMO NÃO IMPUGNADO. SÚMULA 283 DO STF. AUSÊNCIA DE CERTEZA CIENTÍFICA QUANTO AOS EFEITOS QUE A INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO RÁDIO-BASE PRODUZ À SAÚDE HUMANA. PREVALÊNCIA DA DEFESA DO MEIO AMBIENTE. SÚMULA 83/STJ. AGRAVO REGIMENTAL DESPROVIDO. 1. O fundamento autônomo e suficiente à manutenção do decisum

³⁸⁷ Do texto do art. 225, caput, da CRFB, extrai-se: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm.

Acesso em: 01 mai. 2017.

³⁸⁸ ARAGÃO, Maria Alexandra de Sousa. **Direito Comunitário do Ambiente**. Cadernos CEDOUA. Edições Almedina. abr. 2002. Disponível em: https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/15282/1/cadernos%20CEDOUA%20direito%20comunitario%20_Parte%20I.pdf. Acesso em: 24 mar. 2017. p. 18.

objurgado, segundo o qual o caso não comporta juízo de certeza, devendo ser aplicado o princípio da precaução, não foi alvo de impugnação nas razões de Recurso Especial, permanecendo, portanto, incólume. Dessa forma, aplicável, na espécie, por analogia, a Súmula 283 do STF. **2. Tendo em vista a ausência de certeza científica quanto aos efeitos que a instalação de estação rádio-base pode causar à saúde humana, prevalece a defesa do meio ambiente em atendimento ao princípio da precaução.** Precedentes: REsp. 1.285.463/SP, Rel. Min. Humberto Martins, DJe 6.3.2012; AgRg na SLS 1.323/CE, Rel. Min. Ari Pargendler, DJe 2.8.2011. 3. Agravo Regimental de MAXITEL S/A desprovido.³⁸⁹ [grifo nosso].

A redução dos riscos, erigidos por uma metodologia transdisciplinar³⁹⁰ e transfronteiriça têm, no Princípio da Precaução, a possibilidade de mensurar a probabilidade de sua ocorrência, chegando a indicativos de extensão e irreversibilidade.³⁹¹ O amplo espectro de domínio conquistado pela técnica fez com que os riscos produzidos por ela estivessem cobertos pelo manto do inatingível, abrindo franco caminho para experimentação de pessoas e da Natureza. Neste sentido, José Esteve Pardo³⁹² questiona se ainda podemos continuar expostos aos riscos e assumi-los, cientes de que ainda somos verdadeiras cobaias na

³⁸⁹ BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **AgRg no Recurso Especial n. 1.139.791 - SE (2009/0089818-2)**. Agravante: Maxitel S/A. Agravado: Ministério Público Federal. Relator: Ministro Napoleão Nunes Maia Filho. DJe: 26/10/2016. Disponível em: https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=1547256&num_registro=200900898182&data=20161026&formato=PDF. Acesso em: 14 mar. 2019.

³⁹⁰ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. 39-40.

³⁹¹ CARVALHO, Délton Winter de. As novas tecnologias e os riscos ambientais. *In*: Leite, José Rubens Morato; Fagúndez, Paulo Roney Ávila (org.). **Biossegurança e Novas Tecnologias na Sociedade de Risco: aspectos jurídicos, técnicos e sociais**. Florianópolis: Conceito, 2007. p. 84.

³⁹² PARDO, Jose Esteve. **Técnica, riesgo y derecho: tratamento del riesgo tecnológico em el derecho ambiental**. Barcelona: Ariel, 1999. p. 215.

mão do capital desmedido do lucro a qualquer preço, financiados pela nossa atual sociedade de consumo.³⁹³

Segundo Reginaldo Pereira³⁹⁴, é preciso “[...] verificar se o que se está construindo para regular a nanotecnologia contempla a isonomia entre a ciência de produção e a ciência de impacto e entre o conhecimento tecno-científico e o conhecimento leigo [...]”, para que as decisões acerca da presunção dos riscos em nanotecnologia possam, a par da probabilidade, chegar o mais perto possível da verdade, da realidade. O grande desconhecimento acerca dos efeitos (a médio e longo prazo) da aplicação nanotecnológica no dia a dia, alçam o Princípio da Precaução como uma grandes forças normativas capazes de controlar/prevenir eventuais danos, construindo um sistema garantidor de proteção da saúde humana e ambiental.

3.3 ENTRE O DIREITO E A CIÊNCIA: quem decide?

O desenvolvimento técnico-científico proporcionou avanços impensáveis e úteis para toda humanidade, mas em contrapartida, estes mesmos avanços instauraram uma era de hiperdependência ao tecnológico, que atrelado às questões de consumo³⁹⁵, ditam as regras de um mercado feroz pelo lucro e ascensão, a qualquer custo.

Conforme já fora dito nos capítulos anteriores, sabe-se que risco e incerteza andam lado a lado. A incerteza acontece, principalmente, quando há a ultrapassagem do conhecimento científico. Contudo, a certeza da incerteza do risco não faz com que o Direito e seus aplicadores se eximam da missão de encará-la, ao contrário, devem enfrentá-la exercendo sua missão mais salutar: decidir.

³⁹³ BAUDRILLARD, Jean. **A sociedade de consumo**. Portugal: Edições 70, 2008.

³⁹⁴ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 350-351.

³⁹⁵ LIPOVETSKY, Gilles. **O Império do efêmero: a moda e seu destino nas sociedades modernas**. Tradução Maria Lúcia Machado. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

As atribuições do Direito³⁹⁶, neste contexto de incertezas, referem-se a:

a) decidir sobre os riscos permitidos (que implica no conhecimento da magnitude e gravidade do risco);

b) gestar e controlar os riscos permitidos (que implica no conhecimento de seus efeitos, levando à proibição ou retirada de circulação de produtos que agridem o meio ambiente);

c) estabelecer parâmetros de responsabilidade pelos danos oriundos das decisões adotadas (uma vez que decisões tomadas em contextos de incerteza e de risco, acabam por refletir uma margem de incerteza e de risco contida na própria decisão).

Estas atribuições conduzem a uma contínua inter-relação entre a Ciência e o Direito, onde a complexidade científica acaba superando o conhecimento das autoridades públicas e dos representantes populares, que impossibilitados de um exame detalhado e multidisciplinar, acabam abrindo o caminho para a consagração dos *experts* que monopolizam a atuação das instâncias tecnocientíficas passando a ser o centro das decisões. Em suma, a orientação cada vez mais científica do Direito (intimidado pela crescente complexidade das questões, inclusive de natureza nanotecnológica), cedeu importantes espaços de decisão à Tecnociência.³⁹⁷

Estudiosos afirmam que a nanotecnologia, hoje, é uma das áreas do conhecimento com maior força investigativa/criativa.³⁹⁸ Além de constituir um inegável veículo para o progresso da humanidade, o seu desenvolvimento acarreta um conjunto significativo de potenciais riscos das estruturas sócio econômicas das populações em níveis mundiais, provocando profundas alterações nos fenômenos físicos conhecidos.

³⁹⁶ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015.

³⁹⁷ BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015. p. 186-189.

³⁹⁸ STEINMETZ, Maiquel. **Nanotecnologia**. Disponível em: www.unibrattec.com.br/jornadacientifica/diretorio/FEEVALEMS.pdf. Acesso em: 16 abr. 2017.

Marise Borba da Silva³⁹⁹ chama atenção acerca dos desafios que o Brasil terá que enfrentar com a utilização da nanotecnologia, acrescentando:

O mundo nano, portanto, não se trata de algo naturalmente assimilado por nós. É possível afirmar, com segurança, que sobre essas tecnologias tão pequenas, ínfimas, praticamente o mundo sabe muito pouco. [...] O potencial inovador das nanotecnologias demanda um esforço colaborativo de estudiosos de diferentes disciplinas das ciências formais, naturais, sociais e humanas, com coragem e determinação para pesquisar conjuntamente o que pode representar, para o destino do homem, do universo, da cultura, da vida, enfim, o controle absoluto da estrutura da matéria. E, somado a isso, uma maior consciência da dimensão desse domínio incomparável em todos os tempos, mostrando em que medida as nanotecnologias colocam um novo desafio ético, legal, político, social e econômico para o Brasil, analisando se o País está ou não preparado para essas tecnologias emergentes. É importante não esquecer que, embora não seja uma temática muito frequente no cotidiano, essa tecnologia está aí com todas as suas implicações e complicações, e, por se tratar de uma área em pleno avanço, a nanotecnologia traz perguntas até há pouco impensáveis, cujas respostas estão vindo paulatinamente ou nem existem.

Ainda que a convivência com a incerteza seja possível enquanto não seja preciso tomar decisões (como ocorre nos campos da Arte, da Filosofia, das Ciências Sociais) é neste ponto que o Direito se mostra incompatível, já que somente a ele cumpre a árdua e solitária tarefa de decidir, resolver, “gerar e manter certezas”.⁴⁰⁰ Todos

³⁹⁹ SILVA, Marise Borba da. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. **Revista Impulso**, Piracicaba, v.14, n.35, setembro/2003. p. 86-87.

⁴⁰⁰ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia

aqueles que estão envolvidos nessa tarefa – juízes, tribunais, parlamentos, instâncias administrativas –, são ‘obrigados’ (não é uma faculdade!) a decidir a partir do momento em que uma demanda lhes é apresentada. A decisão é, em última análise, a solução da incerteza instaurada pela controvérsia e para que se chegue a este fim, são necessários procedimentos que garantam o pleno desenvolvimento dos mecanismos de segurança jurídica que conferem ao Direito uma sólida estrutura de legitimação. Tudo isso acabou servindo de base ao desenvolvimento econômico e industrial do Ocidente, que precisou destes institutos garantistas (Ciência e Direito) para se emancipar largamente por todos os lugares.

A pós-modernidade, que para Zigmunt Bauman constitui uma modernidade sem ilusões⁴⁰¹, inaugura um novo modo de reflexão pautado na expansão da incerteza e da complexidade global. Ambas avançam independentemente dos limites do Direito, mas introduzem-se nele, por vias reflexas, desconstruindo/afetando uma gama de procedimentos e certezas jurídicas.

As modernas constituições contemplam a investigação científica como uma liberdade fundamental. A Tecnociência, contudo, atribuiu um caráter menos glorioso a esta “liberdade”, já que as pesquisas vem sendo desenvolvidas com objetivos diversos ao bem comum ou da nobre tarefa de investigar/conhecer; aproximam-se da rentabilidade previamente encomendada, diminuindo custos e entraves econômicos. Nessa ânsia de exploração e capitalização da execução técnica, a Tecnociência influencia a sociedade e as decisões a serem tomadas pelos órgãos públicos, condicionando-as ao aparato científico de seus centros de investigação. O domínio das linhas de pesquisa, que são abertas ou fechadas segundo os interesses destes centros, passa longe do conhecimento/controlado do poder público, que adstrito ao preceito constitucional da liberdade de investigação, acaba por reforçar a posição de liberdade das empresas criadas com esse fim exploratório dominante.

Acredita-se que o surgimento de uma legislação por vezes flexível, mas em sua essência segura e atuante, “[...] deve ser criada

França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 17.

⁴⁰¹ BAUMAN, Zigmunt. **Modernidade Líquida**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

para controlar e regulamentar questões que, de há muito, estão a exigir uma normatização da sociedade.”⁴⁰²

Preocupado com o gerenciamento, pelo Direito, dos riscos abstratos oriundos dos produtos biotecnológicos (que antecedem a fase nanotecnológica), Délton Winter de Carvalho⁴⁰³ propõe:

[...] após a investigação e avaliação dos riscos abstratos produzidos pela manipulação e comercialização de produtos biotecnológicos, o gerenciamento destes riscos pelo Direito deverá indicar a sua licitude ou ilicitude. A determinação da licitude ou ilicitude dos riscos terá por base a alta probabilidade de convergência destes riscos em danos irreversíveis e a avaliação da magnitude destes. Diante da possível constatação da ilicitude destes riscos (por sua inaceitabilidade), o Direito deverá formar vínculos normativos com o futuro, através do controle processual e continuado das atividades ou produto, estabelecimento de estratégias para a minimização destes riscos, imposição de confecção de planos de emergência preventivos, e, em última instância, proibição de uma atividade ou produto (obrigações de fazer ou não fazer).

A Ciência contemporânea lida com conhecimentos complexos e interdisciplinares e, por isso, tornou-se prudente e cautelosa, distanciando-se dos pronunciamentos rigorosos e categóricos. Sua análise requer mais tempo (vinte a trinta anos com relação aos riscos para da saúde humana), em prol da colheita de dados diversos que possam auferir uma análise mais próxima do real. Seu pronunciamento passou a ser expresso pelas probabilidades, que

⁴⁰² LEITE, Eduardo de Oliveira. O direito, a ciência e as leis bioéticas. *In*: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito: Ciência da vida, os novos desafios**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. p. 116.

⁴⁰³ CARVALHO, Délton Winter de. As movas tecnologias e os riscos ambientais. *In*: LEITE, José Rubens Morato; FAGÚNDEZ, Paulo Roney Ávila (orgs.). **Biossegurança e novas tecnologias na sociedade de risco: aspectos jurídicos, técnicos e sociais**. Florianópolis, Conceito Editorial, 2007. p. 88.

podem apresentar um nível alto, mas que não ignoram/afastam uma margem mínima de incerteza.

A par destas mudanças, ao Direito não é possível manter-se na incerteza. Não é possível postergar decisões que demandariam um período prolongado de análise (vinte ou trinta anos), bem como, não é possível que se expresse com base em probabilidades, abstendo-se de pronunciar-se. Estas são considerações que evidenciam a grande dicotomia instaurada entre a Ciência e Direito quando o risco e as incertezas passam a ser os coadjuvantes principais da realidade humana, regendo-a.

O desafio da decisão na incerteza, para o Direito, resulta da pressão de dois elementos: 1) o ritmo do desenvolvimento tecnológico que propõe, cada vez mais, novos cenários de incerteza; 2) a apatia de um sistema jurídico positivista “[...] que foi construído justamente sobre o paradigma oposto, o da segurança jurídica, o da certeza das referências fornecidas pelas normas, pelas declarações da administração ou as resoluções dos tribunais [...]”⁴⁰⁴; sistema que enfrenta inúmeras dificuldades e contradições quando opera na incerteza.

Conforme estudado anteriormente, o Direito não pode prorrogar suas decisões com vistas a esperar os resultados dos estudos científicos (se é que serão alcançados!). Isso acaba forçando os órgãos públicos encarregados de decidir, a resolverem questões envoltas em genuína incerteza, sem que pra isso possa contar com a ajuda certa da Ciência, ou seja, o Direito quedou-se órfão!

Tendo em vista uma teoria da decisão judicial na incerteza, José Esteve Pardo⁴⁰⁵ traça dois objetivos fundamentais que exigem um esforço de renovação e categorização ao:

1) situar em seus reais e justos termos o problema da decisão jurídica na incerteza (afastando-se da tendência histórica de basear suas decisões em certezas científicas), acionando tudo aquilo que lhe é ímpar e característico;

⁴⁰⁴ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 70.

⁴⁰⁵ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 72.

2) determinar clara e precisamente estes três elementos constitutivos: a) o elemento subjetivo (o sujeito da decisão): “[...] quem decide? Quem ou o que pode ou deve participar na tomada de decisões?”; b) o elemento procedimental: “[...] como se decidir na incerteza? Qual o procedimento que deve preceder e moldar essas decisões?”; c) o elemento que introduzirá a questão fundamental dos critérios materiais de decisão: “[...] quais bens, valores ou referências são levados em consideração quando se trata de resolver cenários de reconhecida incerteza?”. Ao lado disso e não menos importante, o autor chama atenção à questão da responsabilidade pelas decisões em condições de incerteza, evitando que sejam proferidas mediante uma análise prematura, advertindo⁴⁰⁶:

[...] Trata-se de estabelecer um regime de responsabilidade que, segundo se delimite, incidirá também no modo de adotar decisões e que será, em princípio, menos comprometido e assumirá menos riscos se houver um regime de responsabilidade rigoroso. Se, pelo contrário, estivermos em um sistema de responsabilidade benevolente frente aos danos que possam surgir a partir de decisões na incerteza, então as instâncias decisórias não se verão tão obrigadas a ponderar o alcance de seus atos nem a sentir-se responsáveis pelos mesmos. Não se trata, em todo caso, de adotar um regime de responsabilidade estrito e outro frouxo, cada um deles com suas vantagens e desvantagens, mas de adequar o instituto da responsabilidade civil a esse novo e complexo entorno em que certamente paira a sombra de incerteza, mas que não justifica a adoção de decisões irresponsáveis.

Com vistas ao fortalecimento das razões de “ser” e das noções de “dever ser” da Ciência Jurídica, a responsabilidade civil ambiental

⁴⁰⁶ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 72.

pelo risco⁴⁰⁷ desponta como uma ferramenta importante, ao lado dos princípios constitucionais ambientais, de controle imediato dos atos considerados nocivos à Natureza. Ainda que estejamos diante de um regime jurídico de responsabilidade rígido (oriundo de uma sociedade não industrializada e com baixo potencial de risco, cuja base fixa-se, no mais das vezes, na ideia de culpa), o fato é que o desenvolvimento científico e tecnológico (fortalecido pela Revolução Industrial que inovou e ainda inova no seu desenvolver, trazendo um alto potencial de risco que não mais encontra na intervenção culpável a resolução dos danos) não se deteve por ele, tanto que a própria nanotecnologia é sua prova incontestável.

Tudo que foi estudado até agora nos leva a ponderar, com profundidade, o papel do Direito, como agente regulador e legitimado a decidir, no sentido de estabelecer um marco jurídico que estimule a expansão da investigação em benefício do interesse geral. Ainda que os preceitos constitucionais dirijam-se no sentido da liberdade de exploração científica, o que está em pauta é a não intervenção dos poderes públicos na atividade de investigação privada (exceto nos casos de clara afronta aos valores superiores), mas a nítida condução da atividade nanotecnológica nos domínios públicos, impondo seus propósitos e influenciando suas decisões. É preciso que se realizem mais investigações, que se produzam mais conhecimentos em detrimento do interesse geral, conferindo uma maior margem de escolha para as autoridades públicas com responsabilidade de decisão. O Direito necessita recuperar sua capacidade de domínio expandindo “[...] a curva de decisão e disposição das autoridades legitimadas para resolver, reclamando uma maior amplitude da atividade investigadora e do conhecimento, de indubitável interesse público [...]”⁴⁰⁸, já que sua postura tradicional não corresponde mais a realidade de um mundo pautado em incertezas.

⁴⁰⁷ BAHIA, Carolina Medeiros. **Nexo de causalidade em face do risco e do dano ao meio ambiente**: elementos para um novo tratamento da causalidade no sistema brasileiro de responsabilidade civil ambiental. 2012. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012. p. 198-201.

⁴⁰⁸ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 117.

No Brasil, a responsabilidade civil ambiental pauta-se pelo critério objetivo de aferição da conduta, sendo irrelevante a presença de seu elemento subjetivo (dolo/culpa), bem como, sua licitude ou ilicitude. Na esteira da Teoria do Risco Integral, percebe-se que os pressupostos da responsabilidade civil vêm adquirindo contornos que exigem novas propostas de adequação. Adequação que resulta, principalmente, da especialidade do trato com a *coisa* ambiental (principalmente em seus níveis atômicos), da especialidade da norma jurídica ambiental e da necessária consonância das regras civis aos preceitos e princípios constitucionais.⁴⁰⁹ Esta abordagem faz com que a lógica inibitória (que inclui as noções de antecipação, de evitar, de limitar e de reduzir) esteja à frente da lógica meramente pecuniária de avaliação de um dano (muitas vezes inalcançável, inestimável), ampliando as respostas possíveis frente a ameaça de dano ambiental (tanto fática quanto jurídica) nanotecnológico.⁴¹⁰ A prioridade centra-se na atuação prévia, precaucional, que não age somente ante a ocorrência do dano, mas sim, antevendo-o.⁴¹¹

O contexto das probabilidades, das incertezas, do risco e, quiçá, do catastrofismo nanotecnológico são as vigas mestras deste novo pensar acerca da Natureza e da aplicação da responsabilização civil. No dizer de Giselda Maria Fernandes Novaes Hironaka:

[...] se uma ação danosa específica é explicitamente proibida, causar o dano significa agir *contra legem*; mas se essa mesma ação danosa não tiver sido colocada de forma explícita resta ao bom senso, apenas ser essa medida.⁴¹² [grifo conforme o original].

⁴⁰⁹ ARRUDA, Domingos de Sávio de Barros. **Responsabilidade ambiental no direito brasileiro: categorias – reparatória e acautelatória**. 2005. Tese (Mestrado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

⁴¹⁰ ARRUDA, Domingos de Sávio de Barros. **Responsabilidade ambiental no direito brasileiro: categorias – reparatória e acautelatória**. 2005. Tese (Mestrado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. p. 109-110.

⁴¹¹ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

⁴¹² HIRONAKA, Giselda Maria Fernandes Novaes. **Responsabilidade pressuposta**. Belo Horizonte: Del Rey, 2005. p. 100.

Pode-se afirmar que o poder modificador da Tecnociência sobre a Natureza, alcançou limites surreais de transformação, colocando em xeque o paradigma científico anterior: o da certeza. Hoje, a estrutura atômica vem sendo analisada, investigada e modificada diuturnamente. Neste sentido, a nanotecnologia traduz a essência deste estudo e o ponto de partida para uma reflexão que conduz o olhar para o *invisível* e aos riscos abstratos⁴¹³ nele inseridos; realidade que precisa ser ponderada e, principalmente, decidida pelo Direito.

3.4 A ERA NANOTECNOLÓGICA E O DIREITO – alguns enfrentamentos

A intervenção humana nos processos da natureza – de viés antropocêntrico⁴¹⁴ –, e a dinâmica interativa simbiótica entre homem e natureza – de viés ecocêntrico⁴¹⁵ –, integram a matriz do pensamento evolutivo diante dos avanços e retrocessos sentidos ao longo do desenvolvimento da humanidade. O advento tecnológico e sua aceleração nas mais diversas áreas do conhecimento fizeram com que mudanças significativas no modo de viver e se relacionar com o meio ambiente fossem admitidas. Fruto da explosão desenvolvimentista (cujo marco inicial se deu com a Revolução Industrial ocorrida no século XVIII), e, especialmente, com o surgimento da globalização e do consumo de massa⁴¹⁶, verifica-se uma crescente deterioração do meio ambiente em prol das mais diversas necessidades humanas (das necessárias às

⁴¹³ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. 133-138.

⁴¹⁴ STOPPA, Tatiana; VIOTTO, Thaís Boonem. Antropocentrismo x Biocentrismo: um embate importante. *In: Revista Brasileira de Direito Animal*, v. 9, n. 17, 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/RBDA/article/view/12986>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

⁴¹⁵ STOPPA, Tatiana; VIOTTO, Thaís Boonem. Antropocentrismo x Biocentrismo: um embate importante. *In: Revista Brasileira de Direito Animal*, v. 9, n. 17, 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/RBDA/article/view/12986>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

⁴¹⁶ LIPOVETSKY, Gilles. **O império do efêmero: a moda e seu destino nas sociedades modernas**. Traduzido por Maria Lucia Machado. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

supérfluas), tanto que sua notória intensificação passou a produzir nocividades de alcance transgeracional e transfronteiriço.

A revolução planetária promovida pela ocidentalização do mundo, segundo Edgar Morin e Anne-Brigitte Hern, fez com que a promessa do progresso pautado na Tecnociência e suas especialidades causassem uma alteração na própria ideia de desenvolvimento, contribuindo para que nesta ideia haja a promoção do subdesenvolvimento e suas degradações e poluições múltiplas que afetam a dinâmica natural do planeta, provocando um grau de incerteza nas conduções científicas nunca antes experimentada.⁴¹⁷

Perfazendo-se uma reflexão retrospectiva dos capítulos anteriores, não é demais repisar que os efeitos do mundo globalizado e os riscos oriundos de suas técnicas marcam o surgimento da Teoria Sociedade de Risco, inaugurada por Ulrich Beck como a modernidade reflexiva⁴¹⁸, na qual são avaliados os riscos produzidos pela atividade humana que não podem ser imediatamente percebidos, mensurados e compreendidos. O enorme desenvolvimento da técnica e o forte incremento da atividade industrial que se viu em seguida, precipitaram a emergência daquela sociedade, compreendida como a etapa da modernidade onde as ameaças produzidas pela sociedade industrial começaram a tomar corpo.⁴¹⁹ Esta nova fase da modernidade passa a ser caracterizada por uma nova qualidade dos riscos, com efeitos projetados no tempo e no espaço, marcados por uma grande invisibilidade, pela impossibilidade de controle pelas Ciências e pelo risco permanente de catástrofes e desastres.

De outro norte, o surgimento da sociedade líquido-moderna⁴²⁰, oriunda da Revolução Consumista⁴²¹, proporcionou a transformação das sociedades a partir de uma economia de mercado genuinamente mercantilista, utilitarista, competitiva e voltada exclusivamente ao

⁴¹⁷ MORIN, Edgar; HERN, Anne-Brigitte. **Terra-Pátria**. Traduzido por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 1995.

⁴¹⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

⁴¹⁹ LEITE, José Rubens Morato; POPE, Kamila. **Sociedade de risco e consumo sustentável**. Disponível em: http://opac.cej.mj.pt/Opac/Pages/Document/DocumentCitation.aspx?UID=29b9f74f-b65a-4b78-9c6b-7584b3cacf1d&DataBase=10351_BIBLIO. Acesso em: 29 mar. 2017. p.10.

⁴²⁰ BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

⁴²¹ BAUMAN, Zygmunt. **Vida para consumo**: a transformação das pessoas em mercadoria. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

lucro.⁴²² Com isso, a aquisição de bens duráveis – próprio da modernidade sólida⁴²³ –, cedeu espaço para a aquisição desenfreada de bens efêmeros e de satisfação imediata – próprios da modernidade líquida⁴²⁴ –, representando um crescimento vertiginoso nas atividades industriais, com base no aumento também vertiginoso da produção e do consumo, refletindo negativamente sobre o meio ambiente e agravando ainda mais a crise ambiental.⁴²⁵

Esse agravamento da crise ambiental conduziu à racionalização das forças produtivas, ante um considerável aumento na produção de bens de consumo, principalmente de matriz nanotecnológica, fazendo emergir novas linhas de produção e reestruturação de um sistema econômico que traz consigo uma alta produtividade tecnocientífica, transcendente ao modelo clássico industrial (primeira modernidade⁴²⁶), perpassando pela Sociedade de Risco (segunda modernidade⁴²⁷) e, por último, inaugurando uma fase catastrófica de risco social e ecológico.⁴²⁸

Tais situações catastróficas evidenciam, a seu turno, a incapacidade do(s) Estado(s) em responder tais questões. Não se pode mais negar os efeitos danosos da ação humana sobre a Natureza e, via de consequência, a exposição aos riscos sentidos em todas as partes (as mudanças climáticas, por exemplo, evidenciam fortemente isso). São fatores que urgenciam a realização de diálogos democráticos globais que

⁴²² SUPIOT, Alain. **O Espírito de Filadélfia: a justiça social diante do mercado total**. Tradução de Tânia do Valle Tschiedel. Porto Alegre: Editora Sulina, 2015. p. 12-14.

⁴²³ BAUMAN, Zygmunt. **Tempos Líquidos**. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

⁴²⁴ BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

⁴²⁵ LEITE, José Rubens Morato; POPE, Kamila. **Sociedade de risco e consumo sustentável**. Disponível em: http://opac.cej.mj.pt/Opac/Pages/Document/DocumentCitation.aspx?UID=29b9f74f-b65a-4b78-9c6b-7584b3cacf1d&DataBase=10351_BIBLIO. Acesso em: 29 mar. 2017. p.10.

⁴²⁶ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

⁴²⁷ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

⁴²⁸ DUPUY, Jean-pierre. **O tempo das Catástrofes: quando o impossível é uma certeza**. Traduzido por Lilian Ledon da Silva. Editora É Realizações: 2011.

envolvam a participação, integração e compreensão destas temáticas cada vez mais complexas e transdisciplinares.⁴²⁹

A seu turno, a função do Direito Ambiental, dada sua sistematicidade e especialidade, visa a proteção jurídica da qualidade do meio ambiente, orientando as atividades humanas na direção de limites e comportamentos que protejam esse bem tão singular, seja através de princípios norteadores⁴³⁰, de mecanismos de intervenção (licenciamento, estudos prévios de impacto ambiental) ou com a própria construção legislativa e jurisprudencial.⁴³¹ Essa política intervencionista é uma característica do Estado moderno (Estado de bem-estar social), cuja centralidade política vem sendo superada pelo fenômeno da dispersão dos centros de tomada de decisões.⁴³² José Rubens Morato Leite e Kamila Pope⁴³³ são enfáticos ao afirmar a deficiência legislativa e o papel figurativo do Direito Ambiental nestas questões:

[...] Essa manifestação representativa do sistema jurídico-ambiental cria uma falsa impressão de que

⁴²⁹ Iniciativas importantes como o Acordo de Paris, que fortalecem “a resposta global à ameaça da mudança do clima” e que reforçam “capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças”, traduzem um importante exemplo do esforço democrático internacional para um diálogo que estabeleça medidas que guarneçam o planeta de um verdadeiro colapso e retrocesso. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 13 abr. 2017.

⁴³⁰ ENGELLMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do direito. **Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano**. Ano XVII, Montevideo, 2011. Disponível em: <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/anuario-derecho-constitucional/article/view/3973/3489>. Acesso em: 28 mar. 2018. p. 393-394.

⁴³¹ TORRES, Leonardo Araújo; TORRES, Rodrigo Araújo. Direito Ambiental Brasileiro: surgimento, conceito e hermenêutica. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 17, n. 3248, mai. 2012. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/21836>. Acesso em: 03 abr. 2017.

⁴³² CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. XII.

⁴³³ LEITE, José Rubens Morato; POPE, Kamila. **Sociedade de risco e consumo sustentável**. Disponível em: http://opac.cej.mj.pt/Opac/Pages/Document/DocumentCitation.aspx?UID=29b9f74f-b65a-4b78-9c6b-7584b3caf1d&DataBase=10351_BIBLIO. Acesso em: 29 mar. 2017. p. 22.

existe uma ativa e completa assistência ecológica por parte do Estado. Com isso, produz-se uma realidade fictícia, na qual a sociedade é mantida confiante e tranqüila em relação aos padrões de segurança e consumo existentes.

A transformação da sociedade marcada pela transposição do modelo clássico industrial para a Sociedade de Risco⁴³⁴, trouxe consigo a inadequação do modelo jurídico na resolução dos conflitos daí oriundos, na qual, a patrimonialização dos danos, no mais das vezes, não recompõem integralmente o patrimônio lesado, neste caso, o meio ambiente, a Natureza. Diante deste fato, cabe ao Direito e, principalmente, ao Direito Ambiental, fortalecer suas armas de combate e encontrar mecanismos de atuação próprios para que, ao lado da técnica – e não subordinado a ela –, possa edificar um caminho de garantias que vislumbrem, em tempos pós-modernos de risco, liquidez e catástrofes, uma efetividade maior na proteção do bem ambiental visível e invisível. Consoante magistério de Délton Winter de Carvalho⁴³⁵:

O aumento significativo da complexidade e incerteza, que engendra as ações em sociedade, demonstra a necessidade da abordagem de uma nova matriz teórica a fim de remediar a racionalidade moderna do direito, diretamente vinculada à ideia de Estado. Consequentemente, as reflexões da teoria jurídica passam a ter uma maior vinculação com uma teoria da sociedade, repercutindo em um aumento da própria abstração, complexidade e radicalização da transdisciplinaridade interna à teoria do direito.

Cada vez mais atrelado ao conhecimento/pensamento cartesiano especializado, que ‘decide’ em seu lugar e dita as regras do ‘dever ser’ do Direito⁴³⁶, percebe-se, também, a necessidade do(s) Estado(s)

⁴³⁴ Primeira e segunda modernidade, respectivamente, de acordo com Ulrich Beck. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

⁴³⁵ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. 24.

⁴³⁶ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia

encontrarem mecanismos de atuação próprios que lhe devolvam a autonomia de decidir e gerir seus assuntos. Assim, é necessária e urgente, uma melhor organização estatal que atenuie as interferências da técnica em sua gestão, facilitando o acesso à todos aos canais de participação e informação, a fim de que sejam minimizados os impactos da exploração econômica, comercial, política e militar dos recursos naturais/ecológicos, principalmente, na atualíssima era das Revoluções Nanotecnológicas. Tal análise, exige um maior aprofundamento das questões que precisam ser enfrentadas pelo Direito na construção de matrizes próprias de avaliação e decisão, conjugados, com o fortalecimento da subpolítica como caminho efetivo de participação democrática em decisões que envolvam (nano)tecnologia e com a incorporação das diretrizes do Estado de Direito Ecológico como fio condutor de um novo caminho para proteção da natureza nanotecnológica, as quais passa-se a estudar a seguir.

3.4.1 Ponderações acerca das matrizes próprias de avaliação e decisão do Direito em cenários nanotecnológicos

A Ciência posicionou-se. Deixou para trás a busca pela verdade/certeza e passou a atribuir como critério balizador a probabilidade. Diante deste cenário, como já estudado, a incumbência de decidir cabe única e exclusivamente ao Direito. A par disso, a enorme vertente de riscos proporcionada pelo uso indiscriminado da nanotecnologia acirra as decisões jurídicas diante da pressão de dois elementos: a) o ritmo desenfreado do desenvolvimento nanotecnológico que continuará produzindo cenários de incerteza, e, b) as dificuldades de um sistema jurídico positivista altamente dependente da técnica.

Esta virada paradigmática proporcionada pela Ciência, expõe as deficiências de um sistema jurídico incapaz de olhar para dentro e se auto (re)construir. A investigação científica, ainda com alto poder de decisão política, decide no lugar daqueles que efetivamente tem o poder de decidir e isso precisa ser mudado. Os espaços marcados pela complexidade técnica condicionam o poder político aos contornos especializados da pesquisa científica, no presente caso, à pesquisa nanotecnológica (organizada e programada dentro de estruturas empresariais de alta tecnologia).

À guisa da construção de uma teoria da decisão judicial na incerteza, José Esteve Pardo chama atenção à necessidade do

estabelecimento de um regime de responsabilidade que se aproxime, inclusive, dos agentes legitimados, a fim de evitar que decisões “às cegas” sejam proferidas. A suscetibilidade ao risco, determinada pela consciência (conhecimento) e inverificabilidade de sua extensão, compõem uma margem de indecidibilidade na qual instrumentos cognitivos não são capazes de responder satisfatoriamente. Não há como auferir (pelo menos a curto prazo e com segurança), até que ponto os compostos nanotecnológicos podem agir à serviço do bem ou da autodestruição (caráter reflexivo), já que a propagação/contaminação se dá livremente, sem qualquer controle (fato que representaria uma verdadeira catástrofe pois estão presentes em toda parte).⁴³⁷

Decisões sobre suscetibilidades, sobre quais ameaças a Natureza está sendo potencialmente exposta, as responsabilidades que isso acarreta, as pessoas afetadas (intertemporalmente e transfronteiriçamente), os efeitos retardados, as demandas de reparação, as medidas a tomar, fazem parte de um quadro que precisa ser melhor depurado pelos agentes legitimados à decidir, a partir de uma ação defensiva e reivindicativa do seu espaço natural, alinhados a parâmetros próprios de ação e controle. Assim, ao lado do fortalecimento do Princípio da Responsabilidade e do Princípio da Precaução (estudados acima), a (re)construção das matrizes próprias de avaliação e decisão do Direito e do Poder Público precisam pautar-se na busca do(a): a) reconhecimento de que o conhecimento científico não detêm valor absoluto⁴³⁸, devendo adequar-se aos pronunciamentos constitucionais⁴³⁹, principalmente diante do respeito ao Princípio supremo da Dignidade Humana⁴⁴⁰, face a diferença prática existente entre o ambiente laboratorial e a realidade social/ambiental experienciada; b) fortalecimento de diretrizes éticas nas pesquisas, a fim de que as “apostas” sejam direcionadas para o bem

⁴³⁷ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 64.

⁴³⁸ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 190-197.

⁴³⁹ FENSTERSEIFER, Tiago. **Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente**: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2008.

⁴⁴⁰ SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

comum, com o máximo controle responsável dos procedimentos e a mínima interferência possível na Natureza (visível e invisível)⁴⁴¹; c) construção de uma nova teoria epistemológica ambiental que se aproxime da Natureza invisível, criando um código deontológico mais aproximado com a realidade inaugurada pela revolução nanotecnológica e sua imprevisibilidade; d) insujeição ao controle efetuado pela Tecnociência, quebrando com a orientação cientificista que afasta o Direito de seus protocolos e modelos de decisão⁴⁴², em prol do fortalecimento dos critérios de legitimidade e segurança jurídica, diminuindo-se as incertezas através da certeza produzida pelo próprio ordenamento jurídico; e) redução das decisões negativas ou de exceção⁴⁴³, excepcionantes do regime jurídico instaurado e fonte de incertezas judiciais face a instabilidade das inovações tecnológicas; f) reinterpretação da complexidade ambiental⁴⁴⁴ a partir de critérios próprios de avaliação jurídica, a fim de estar o mais próximo possível da fonte causadora das ameaças e dos socioambientalmente afetados, afastando-se exigências objetivamente científicas; g) entrega da responsabilidade aos agentes científicos criadores da nova realidade nanotecnológica e não somente ao Direito, restaurando-se os efeitos das funções decisórias que não devem pautar-se unicamente em processos científicos mas, sim, jurídicos; h) reconhecimento de que o Direito é o território no qual as evidências científicas devem ficar em suspenso frente à violação de valores essenciais ao equilíbrio da Natureza (*in dubio pro* Natureza); i) fortalecimento das presunções valorativas⁴⁴⁵ – máximas da experiência,

⁴⁴¹ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

⁴⁴² PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 27-28.

⁴⁴³ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 173-174.

⁴⁴⁴ LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução Sandra Valenzuela. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2006. p. 191-222.

⁴⁴⁵ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã**: política e direito perante as incertezas da ciência. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 180-202.

inversão do ônus da prova, critérios de equidade intergeracional⁴⁴⁶, transparência nos procedimentos –, naturais ao sistema jurídico, capazes de conferir força normativa própria diante dos riscos proporcionados pela utilização da nanotecnologia (vide capítulo 2); j) reconhecimento que o direito de voz, liberdade e investigação científica devem pautar-se, também, pelos poderes investigativos genuínos dos cientistas, distante das interferências econômicas e industriais, evitando-se a primazia/exclusividade dos grandes conglomerados tecnocientíficos na formulação de pareceres jurídico-científicos⁴⁴⁷; k) defesa do direito de ser informado⁴⁴⁸ através da implementação de rotulagem dos produtos nanotecnológicos, cujas informações devem trazer as manipulações efetuadas ou os compostos utilizados com esta tecnologia.

A suposição de causalidade inscrita nos riscos da modernização refletem, por outro lado, uma certa harmonia entre Ciência e Direito. Esta harmonia, segundo Ulrich Beck tem relação estreita com o “princípio de causalção”, no qual há uma consciência inequívoca de que os riscos modernos⁴⁴⁹, em razão de sua própria origem e estrutura, não podem ser suficientemente interpretados a partir da análise estrita causal dos riscos, pois o que existe não é “o” causador, mas a poluição que se propaga ao

⁴⁴⁶ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p. 48-49.

⁴⁴⁷ PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã: política e direito perante as incertezas da ciência**. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015. p. 74-100.

⁴⁴⁸ FLAIN, Valdirene Silveira. A nanotecnologia e o direito do consumidor à informação: perspectivas de proteção na sociedade de risco. **Revista da Faculdade Mineira de Direito**, Belo Horizonte, v. 14, n. 18, dez. 2011. Disponível em:

<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Direito/article/view/P.2318-7999.2011v14n28p31/3900>. Acesso em: 17 jun. 2018. p. 45-46.

⁴⁴⁹ Ulrich Beck conceitua os riscos da modernização como sendo: “[...] o arranjo conceitual, o enquadramento categorial no qual violações e destruições da natureza inerentes à civilização são socialmente concebidas, com base no qual são tomadas decisões a respeito de sua validade e urgência e definida a modalidade de sua eliminação e/ou de seu manejo. Eles são a “moral secundária” cientificizada, por referência à qual as violações à natureza-que-deixou-de-ser, consumida industrialmente, são socialmente negociadas “de forma legítima”, isto é, com a pretensão de ser uma reparação ativa.”. BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 99.

longo de toda cadeia natural, alcançando o ar, as águas, o solo, seres humanos e não-humanos, “[...] correlatos de males inespecíficos, a respeito dos quais se consideram uma multiplicidade de “causas”. [...]”.⁴⁵⁰ Isto acaba abrindo brechas interpretativas que vão desde a maximização da refutação e a minimização do reconhecimento quanto à ocorrência de riscos/ameaças de médio/longo prazo, produtoras de novas contaminações e enfermidades civilizacionais de origem tecnocientífica e nanotecnológica. Este desafio, delineia um caminho inadequado para os riscos da modernização, onde a racionalidade se converte em irracionalidade (face a construção de sua própria autodestruição), exigindo do Direito uma postura que não coadune com o prejuízo de todos diante do “também-não-sei” dito pela Ciência e dos “limites de tolerância” por ela fixados (cujos efeitos são sentidos no mundo real, no dia a dia social/ambiental, longe dos ambientes laboratoriais; limites geradores de um “ônus da prova invertido” que atribuem uma falsa atmosfera de normalidade diante de seu “respeito”), gerando, no dizer de Ulrich Beck, uma verdadeira “falácia tecnocrática”.⁴⁵¹

Em cenários nanotecnológicos, seus incrementos visam um acompanhamento pelo Direito que deve observar os seguintes aspectos: a) a definição científica e política do tempo e do ambiente em que ocorrem; b) o impacto causado no setor industrial e político; c) transformações industriais serão sempre acompanhadas pelo risco; e) as políticas tendem a ser destinadas à confecção de produtos particulares e não a nanotecnologia em si, levando ao incremento da casuística na determinação dos fatos; f) a sociedade será exposta à questões políticas profundas decorrentes de inovações nanotecnológicas inéditas, de qualidade e propriedades diferentes, gerando novas responsabilidades em torno da invisibilidade, poder de locomoção e auto-replicação ; g) o monitoramento, a propriedade e o controle precisam ser legalmente avaliados.⁴⁵²

Por último e não menos importante, é preciso fortalecer a autocrítica da Sociedade de Risco, precisamente sobre as ameaças e riscos

⁴⁵⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 76.

⁴⁵¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 77-80.

⁴⁵² MARTINS, Paulo. **Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável**. Estudos Sociales, México, v. 17, n. 34, jul./dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200012&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 16 jan. 2018. p. 305-306.

que pairam sobre a sociedade global. A decomposição de valores, que trazem as críticas, fazem parte de um seguimento de reinício/reconstrução com o futuro e um afastamento das tradições do passado, haja vista o domínio revolucionário implementado pela tecnologia e suas áreas. Isso leva a crer que, cada vez menos, os axiomas do passado irão influir nos desafios do presente e, principalmente, do futuro, colocando-nos frente a frente a uma nova definição/teoria da empiria⁴⁵³, restabelecendo a força especulativa da racionalidade (conhecimento) com a realidade invisível e os desafios que o Direito precisa enfrentar para se garantir diante deste contexto.

3.4.2 O fortalecimento da subpolítica como caminho de participação democrática na tomada de decisões em (nano)tecnologia

A impossibilidade de imputar a fatores externos as situações de risco, colocou a racionalidade científica em um confronto consigo mesma. A fonte dos perigos e ameaças atuais não são mais auferíveis no desconhecimento ou na dominação deficiente dos processos científicos, muito pelo contrário, encontram-se no conhecimento refinado da técnica e na exploração cada vez mais aperfeiçoada da Natureza.

O sistema de decisões e coerções objetivas estabelecidas com a era industrial, liga-se, na atualidade, à sofisticação dos riscos produzidos na modernidade, convertendo-se na força motriz da autopolitização desta fase social, marcada pelo movimento de inserção e alteração de conceitos, lugares e meios da política.⁴⁵⁴

Se, de um lado, há um esvaziamento político das instituições (que não conseguem acompanhar o progresso científico, rendendo-se a ele), por outro, há um renascimento não institucional do político marcado pelo retorno do indivíduo às instituições de decisão política. Este processo de “individualização” é marcado pela “[...] desintegração das certezas da sociedade industrial, assim como a compulsão para encontrar e inventar novas certezas para si e para os outros que não a possuem. [...]”⁴⁵⁵

⁴⁵³ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 273.

⁴⁵⁴ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 275.

⁴⁵⁵ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva**: política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de

A mudança na visão política alcança a racionalidade científica moderna, tirando-a de seu lugar de exclusividade (pois apesar dos cientistas possuírem conhecimento técnico, o poderio econômico tem ditado as regras do “fazer ciência” e seus interesses não andam ao lado do interesse público), incluindo novas formas de racionalidade social nos processos decisórios que efetivem mecanismos de maior participação democrática. Este movimento, implica na desconstrução/construção do político com vistas a uma nova racionalidade aberta e plural, onde as noções de responsabilidade no desenvolvimento científico e econômico evidenciem uma preocupação ambiental não dissociada dos riscos científicos que ameaçam a Natureza.

De acordo com Ulrich Beck, a subpolítica distingue-se da política

[...] porque se permite que os agentes *externos* ao sistema político ou corporativo apareçam no cenário do planejamento social (este grupo inclui os grupos profissionais e ocupacionais, a *intelligentsia* técnica nas fábricas, as instituições e o gerenciamento de pesquisa, trabalhadores especializados, iniciativas dos cidadãos, a esfera pública e assim por diante), e, em segundo, porque não somente os agentes sociais e coletivos, mas também os indivíduos, competem com este último e um com o outro pelo poder de conformação emergente do político.⁴⁵⁶ [grifo conforme original].

Por isso, é preciso agir em defesa de uma pedagogia da racionalidade científica que coloque os efeitos colaterais imprevisíveis no centro da discussão sobre a atuação científico-tecnológica através de uma nova conformação de sua autoimagem e de sua configuração política, introduzindo um sistema democrático “[...] de freios e contrapesos no “desgoverno” do avanço científico-tecnológico, atualmente em

Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 25-26.

⁴⁵⁶ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna.** Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 34.

desabalada e explosiva carreira. [...]”, contendo a insegurança generalizada atualmente sentida.⁴⁵⁷

Este processo de mudança sistêmica da política, em meio a situações crescentes e agravantes de risco, são percebidas⁴⁵⁸:

a) pela crescente participação popular nas instituições da democracia representativa, cujo poder e dominação apenas é exercido com o consentimento dos governados. Ao passo que as inovações tecnológicas trazem benefícios consideráveis, ao seu lado, os malefícios não podem ser desconsiderados (ameaças, riscos, obsolescência, destruição da Natureza, etc.), mesmo quando seus efeitos sociais gerem algum consenso. Contudo, isso não impede o implemento de renovações técnico-científico-econômicas alinhadas aos interesses sociais e ambientais que, na maioria dos casos, escapam da legitimação política e possuem um poder de realização quase que autoimune à crítica;

b) pelo comprometimento da estagnação política que fica entorpecida por uma crescente transformação no sistema técnico-econômico, ainda que sujeita a iminência de riscos, da destruição do meio ambiente, da intensificação das desigualdades sociais. O desajuste está na inépcia dos poderes concedidos aos governados (desprovidos de escolha) e na mudança transversal da sociedade que sente, na pele, os efeitos nocivos da racionalidade técnica;

c) pelo surgimento, fora do sistema oficial político, de uma nova cultura política de movimentos sociais e iniciativas da sociedade civil em prol do bem comum, diante do esclarecimento democrático quanto aos direitos sociais e civis dispostos como meio de intervenção e controle público e judicial na defesa de direitos individuais e coletivos. Neste contexto, o desenvolvimento e resultados científico-tecnológicos passam a ser passíveis de submissão à questionamentos gerais, ao discurso e à legitimação democrática, adquirindo nova dimensão política e moral;

d) pela migração do sistema político para o sistema subpolítico da modernização científico-técnico-econômica, diante da obrigação das instituições políticas oficiais em responder pelo gerenciamento deste setor. Neste sentido, percebe-se que o Estado é dispensado das decisões que envolvem os avanços tecnológicos (resolvidas por outras áreas do conhecimento), fazendo com que o controle sobre as metas do avanço tecnológico passe a ser secundário (apesar do fomento à pesquisa);

⁴⁵⁷ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 272-273.

⁴⁵⁸ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 276-313.

questões sobre a disseminação técnico-científica não são colocadas sob votação nos parlamentos (o voto tende a ser, no máximo, sobre o seu fomento, na tentativa de assegurar o futuro econômico e postos de trabalho). Como consequência, “[...] as decisões são postas à mesa da política e da esfera pública apenas quando já estão a ponto de serem executadas [...]”, fazendo com que a política se especialize na legitimação de efeitos que não deu causa, mas que não pode evitar.

Assim, a subpolítica molda a sociedade “de baixo para cima” de modo que

[...] Visto de cima, isto resulta na perda do poder de implementação, no recolhimento e na minimização da política. No despertar da subpolítica há oportunidades crescentes de se ter uma voz e uma participação no arranjo da sociedade para grupos que até então não estavam envolvidos na tecnificação essencial e no processo de industrialização: os cidadãos, a esfera pública, os movimentos sociais, os grupos especializados, os trabalhadores no local de trabalho; há até mesmo oportunidades para os indivíduos corajosos “moverem montanhas” nos centros estratégicos de desenvolvimento. Por isso, a politização implica um decréscimo da abordagem da regra central; significa que os processos que anteriormente se desenvolveram sem atrito malograram, resistindo a objetivos contraditórios.⁴⁵⁹

Não existem controvérsias no fato de que o sistema político não decide diretamente sobre o emprego e desenvolvimento de tecnologias; os feitos colaterais sentidos nos riscos criados pela razão humana, não são provocados pelo atuar político. Entretanto, os conglomerados industriais dispõem, em relação ao Estado, das vantagens da autonomia na decisão sobre os investimentos e linhas de pesquisas que precisam ser desenvolvidas e o monopólio do emprego da tecnologia. Por isso, a subpolítica, em seu viés econômico, possui o poder decisivo no comando dos processos de modernização, no sentido da “não política” assumir o

⁴⁵⁹ BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. In: BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna**. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 35-36.

papel de dirigente democrática, abrindo novas opções políticas que fortaleçam o controle democrático-parlamentar destes processos.⁴⁶⁰

A democratização proposta por Ulrich Beck através da subpolítica, tem por objetivo a ampliação instrumental do sistema político a ponto de poder abarcar circunstâncias exteriores a ele, ou seja, o controle parlamentar sobre os processos tecnológicos desenvolvidos pelas empresas, a criação de novas formas intermediárias de controle recíproco que evitem o centralismo parlamentar (iniciativas da sociedade civil, movimentos de protesto, espaços públicos dos meios de comunicação, campanhas de informação, etc.), como também, a criação de “parlamentos da modernização” nos quais “[...] os planos sejam abordados, avaliados e oferecidos por bancadas interdisciplinares de especialistas, até a integração de grupos de cidadãos no planejamento tecnológico e nos processos decisórios da política de pesquisa.”⁴⁶¹

A ausência de marcos regulatórios em matéria de nanotecnologia deixa claro que o debate dominante sobre políticas neste campo exclui as questões dos benefícios e riscos desta nova área técnico-científica, sem qualquer garantia de que irá favorecer um número maior possível de pessoas, reduzindo, com isso, as desigualdades existentes neste campo.⁴⁶² Na linha deste viés argumentativo, Ulrich Beck propõe uma ampliação da garantia jurídica frente as possibilidades específicas de controle da subpolítica. Esta ampliação ocorre na implementação de tribunais fortes e independentes, e na revisitação do papel do Direito em cenários de novos riscos – no caso deste estudo, de riscos nanotecnológicos –, racionalizando-se, em prol da Natureza, as incertezas.⁴⁶³ Há um paradoxo jurídico que precisa ser superado pelo Direito Ambiental pois, na medida em que a comunicação jurídica proporciona a tomada de decisões quanto aos problemas trazidos pela exploração da Natureza, acaba limitando

⁴⁶⁰ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 312-313.

⁴⁶¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 333-335.

⁴⁶² PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 413-414.

⁴⁶³ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 339.

(face ao seu paradigma tradicional) qualquer forma mais audaciosa de proteção ambiental.⁴⁶⁴

Reginaldo Pereira aduz que os limites intrínsecos (marcados por uma luta constante pela igualdade de condições) e extrínsecos (marcados pela influência de campos não políticos no processo político) da democracia moderna relativos aos aspectos nanotecnológicos acentuam a participação do público leigo, legitimando-o, justamente por operarem a partir de juízos pautados na incerteza, sem uma coordenada científica segura quanto aos seus efeitos; por isso, o conhecimento leigo (sem afastar os créditos do saber científico, mas ao lado dele) “[...] tende a ser mais prudente, humilde e responsável para com os efeitos das ações atuais sobre o futuro. [...]”⁴⁶⁵

Diante destas considerações, o fortalecimento da subpolítica vêm ao encontro de um melhor enfrentamento dos riscos e incertezas (nano)tecnológicas, restando improvável que decisões sobre os rumos da racionalidade científica rumem ao fracasso quando pautadas sobre as novas formas regimentais da sociedade e do conhecimento democrático.

3.4.3 Estado de Direito Ecológico: breves reflexões acerca de um novo caminho para proteção da natureza nanotecnológica

Diante de tudo que foi estudado até aqui, percebe-se que o Direito precisa reforçar suas matrizes a partir de um estado que evolua e garanta a proteção da Natureza sob um viés ecológico, afastando-se do inadequado agir antropocêntrico. A revolução nanotecnológica parece apontar neste sentido: é preciso mudar o olhar acerca do natural e realinhar o sistema jurídico quanto a realidade instaurada.

Para Ulrich Beck, a Sociedade de Risco é uma “sociedade catastrófica”⁴⁶⁶ e o avanço das sociedades industrializadas não nega isso. Como se não bastasse, a sede humana por controlar os aspectos infinitos do ser, tem ocasionado uma verdadeira corrida à melhor promessa de

⁴⁶⁴ CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

⁴⁶⁵ PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. p. 424-428.

⁴⁶⁶ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 1. ed. Traduzido por Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 96.

sucesso científica, irrompendo na manipulação/composição atômica sua mais refinada ousadia. Como visto, a nanotecnologia chegou para ficar e com ela, as imprevisibilidades de uma tecnologia altamente especializada, detentora de grandes promessas.

Contudo, ao lado das grades promessas, os riscos manifestam-se de igual forma (vide capítulo 2). Esse caráter ambíguo de criar e destruir, é caracterizante de uma nova pauta civilizacional que precisa ser melhor refletida. Os avanços alcançados foram/são inúmeros, mas os retrocessos também foram/são sentidos em um grau nunca antes imaginado (basta lembrar dos acidentes nucleares e dos efeitos novíços já sentidos com a utilização da tecnologia nano nos solos de fábrica). Tal cenário exige reformulações no modelo estatal que atendam, o mais próximo possível, as novas demandas (nano)tecnológicas e suas consequências. Por isso, a necessidade de construir um Estado de Direito Ecológico⁴⁶⁷ que rompa com os abusos e a falta de limites (principalmente éticos) na exploração daquilo que só se consegue ver (e construir) com o uso de máquinas ultra refinadas.

A seu turno, a percepção visível que o Estado de Direito Ambiental⁴⁶⁸ vigente não consegue dar conta das novas exigências tecnocientíficas, denuncia uma inadequação do modelo que não consegue garantir a aplicabilidade de suas leis (nacionais e internacionais) e a eficácia dos seus métodos, mediante o dever de salvaguarda de toda

⁴⁶⁷ ESTEVES, Marcos Guilhen. **Estado ecológico**: conceito, características gerais e compatibilidade com a Constituição Federal brasileira. Conteúdo Jurídico: Brasília-DF, ago. 2016. Disponível em: <http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.56484&seo=1>. Acesso em: 21 fev. 2018.

⁴⁶⁸ Não é demais ressaltar que o Estado de Direito Ambiental para os autores José Rubens Morato Leite, Paula Galbiatti e Belisa Betega, representa: “[...] uma teoria que surgiu como crítica à situação de degradação atual e às teorias tradicionais do Estado moderno, que não se coadunam mais com os novos desafios enfrentados; como uma nova ética institucional, incorporando ao Estado a responsabilidade com o meio ambiente e a proteção do planeta, por meio de deveres específicos; e uma mudança de racionalidade e de atitudes, buscando a conscientização por meio do empoderamento e da institucionalização de políticas de respeito à natureza.”. LEITE, José Rubens Morato; GALBIATTI, Paula; BETTEGA, Belisa. O Estado de Direito para a Natureza: fundamentos e conceitos. *In*: **Estado de Direito Ecológico**: Conceito, Conteúdo e Novas Dimensões para a Proteção da Natureza. LEITE, José Rubens Morato; DINNEBIER, Flávia França (orgs.). São Paulo: O Direito por um Planeta Verde, 2017. p. 68.

Natureza (em que pese ser concebida, na maioria dos textos protetivos, em seu viés substancial, visível, palpável).

Aspectos econômicos e industriais tem ditado as razões de ser do Direito, acarretando um aumento na crise ambiental agravada pelo modelo de consumo capitalista que tudo dilapida em proveito próprio. A irresponsabilidade organizada⁴⁶⁹ é a melhor expressão dessa crise, denunciando a necessidade urgente de novos modelos de proteção ambiental, que busquem o máximo de equilíbrio possível nessa imensa rede de exploração. Pautado nesta necessidade, a preocupação com a redução ou extinção dos riscos civilizacionais na esfera ambiental, fazem-se primordiais em um novo modelo de Estado que visa uma relação sistêmica (integração do todo em prol das partes)⁴⁷⁰, simbiótica (de reciprocidade; valores naturais serão protegidos pela lei na mesma proporção que a lei protege os cidadãos)⁴⁷¹, biocêntrica (contrária aos fundamentos dominantes da superioridade humana)⁴⁷², sustentável (integradora dos sistemas econômico, social e ambiental; integradora das partes com o todo)⁴⁷³, responsável⁴⁷⁴ e de direitos⁴⁷⁵ para com a Natureza (seja ela visível ou não).

⁴⁶⁹ BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995. p. 63-65.

⁴⁷⁰ CAPRA, Fritjof; MATTEI, Ugo. **A revolução ecojurídica: o direito sistêmico em sintonia com a natureza e a comunidade**. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Cutrix, 2018.

⁴⁷¹ SERRES, Michel. **O Contrato Natural**. Tradução de Serafim Ferreira. Lisboa: Instituto Piaget, 1990. p. 65-66.

⁴⁷² STOPPA, Tatiana; VIOTTO, Thaís Boonem. Antropocentrismo x Biocentrismo: um embate importante. *In: Revista Brasileira de Direito Animal*, v. 9, n. 17, 2014. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/RBDA/article/view/12986>. Acesso em: 05 abr. 2017.

⁴⁷³ VOIGT, Christina. Integration and ecological integrity. *In: Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law*. Edited by Christina Voigt. Cambridge University Press, 2013.

⁴⁷⁴ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

⁴⁷⁵ LEITE, José Rubens Morato; GALBIATTI, Paula; BETTEGA, Belisa. O Estado de Direito para a Natureza: fundamentos e conceitos. *In: Estado de Direito Ecológico: Conceito, Conteúdo e Novas Dimensões para a Proteção da Natureza*. LEITE, José Rubens Morato; DINNEBIER, Flávia França (orgs). São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2017.

Assim, o Estado de Direito Ecológico, revisor e complementar do Estado de Direito Ambiental (produtor de um processo de orientação ecológica do sistema político)⁴⁷⁶, busca atender este anseio de melhor equilibrar a Natureza como um todo único, incluindo ações (individuais e estatais) que guarneçam a integridade ecológica, a sustentabilidade entre os ecossistemas, etc., aumentando o espectro normativo do Estado de Direito não só para os seres humanos, mas para toda a Natureza.⁴⁷⁷

Sem desatrelar as responsabilidades pelos efeitos colaterais sentidos com a degradação ambiental das ambições sociais/econômicas de outrora, é chegado o momento de pensar nos riscos incertos de médio e longo prazo, bem como, nas atitudes que podem ser tomadas para garantir a eficácia do que é regulamentado pelo poder público, na tentativa de amenizar e, quiçá, reverter, o avanço do atual cenário catastrófico, contendo, a seu turno, os desafios trazidos pela era nanotecnológica.⁴⁷⁸

Nesta revisão de valores, a Natureza passa de instrumento para constituir um fim em si mesma, obtendo valor intrínseco por compor a estrutura de todos os seres (humanos e não humanos), sem a qual, existir seria uma tarefa impossível. Esta impossibilidade, ao lado do potencial autodestrutivo alcançado pelo ser humano (na modernidade reflexiva), destina à Tecnociência e à nanotecnologia um lugar de destaque na mudança que deve ser implementada no Direito diante dos novos conceitos e modos de vida que este marco civilizacional inaugura.

⁴⁷⁶ CARVALHO, Délton Winter de. Sustentabilidade Democrática e Estado de Juridicidade Ambiental. In: GONÇALVES, Thiago Allison Cardoso de Jesus; COSTA, Yuri (org.). **Biodiversidade, Democracia e Direitos Humanos**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016. p. 77.

⁴⁷⁷ BARBIERI, Isabele Bruna; CARVALHO, Ester de; ALBUQUERQUE, Letícia. Estado de Direito para a Natureza: proteção socioambiental a partir de análises complexas. In: **Congresso Brasileiro de Direito Ambiental 30 anos da Constituição ecológica** [recurso eletrônico]: desafios para a governança ambiental. 23. Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, 13. Congresso de Estudantes de Direito Ambiental. BENJAMIN, Antonio Herman; NUSDEO, Ana Maria. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2018. p. 602.

⁴⁷⁸ BUGGE, Hans Christian. Twelve fundamental challenges in environmental law: An introduction to the concept of rule of law for nature. In: **Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law**. Edited by Christina Voigt. Cambridge University Press, 2013. p. 5.

Hans Christian Bugge⁴⁷⁹ leciona acerca de uma melhor análise das leis ambientais, a fim de entender sua ineficiência frente à resguarda dos interesses ambientais. Para tanto, aduz que as leis e políticas ambientais devem ser implementadas a partir do conhecimento e enfrentamento das seguintes situações:

a) complexidade e a auto regulação são características próprias da Natureza, restando ao ser humano uma incapacidade nata em lidar com as leis da Natureza (por isso o caráter especial conferido ao Direito Ambiental);

b) muitos problemas ambientais são invisíveis e decorrentes de incertezas (fato que gera um incremento ainda maior do Princípio da Precaução, da publicidade do conhecimento e do benefício da dúvida em prol da Natureza);

c) a Natureza não pode agir, legalmente, por si mesma, devendo ter seus valores resguardados juridicamente, mesmo diante de interesses humanos;

d) existe uma gama considerável de serviços ambientais considerados bens públicos em termos econômicos;

e) há uma dificuldade nata na quantificação/valoração do bem ambiental e do dano daí proveniente;

f) aparente eficiência das decisões quando consideradas individualmente e não coletivamente, proporcionando uma falsa impressão casuística do alcance legal, sem qualquer aferição da complexidade dos problemas ambientais, fragmentado por uma metodologia essencialmente cartesiana;

g) aspectos econômicos e sociais, com suas causas e efeitos, constituem problemas ambientais;

h) caráter transfronteiriço e intergeracional dos problemas ambientais;

i) presença/propagação da corrupção;

j) pluralidade de valores na tomada de decisões, gerando confrontos de valores e interesses.

Os problemas acima levantados dificultam a ação do Direito e a aplicação efetiva das leis, causando, inclusive, quadros de injustiça ambiental, pois não são capazes de diminuir ou alterar a situação de vulnerabilidade da Natureza, indo de encontro com as mazelas daqueles

⁴⁷⁹ BUGGE, Hans Christian. Twelve fundamental challenges in environmental law: An introduction to the concept of rule of law for nature. *In: Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law*. Edited by Christina Voigt. Cambridge University Press, 2013.

que arcam com seus efeitos negativos (não é demais lembrar a forte influência do poder – econômico e técnico – dos *experts* da Tecnociência acerca da escolha das principais decisões).⁴⁸⁰ É aqui que reside um dos principais desafios para o Direito: o exercício de balancear os interesses e valores a fim de se obter um equilíbrio que alcance a proteção da Natureza (*lato sensu*) na era nanotecnológica.

3.5 O FUTURO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO: rumo a uma (pós)modernidade?

A racionalidade hegemônica na contemporaneidade – no sentido de ser aquela que domina a forma de pensar –, ainda se mostra atrelada aos ditames da modernidade. Por mais que o trabalho gire em torno do conceito de pós-modernidade, como se tivesse havido um período de superação, não é possível estabelecer uma linha concreta se isso, de fato, ocorreu. Na verdade, é bem provável que o “pós” não signifique somente uma superação, mas também uma continuidade, tendo uma mescla entre a acentuação de atributos modernos com outros opostos a ele.⁴⁸¹

Isso pode ser claramente visualizado quando se têm em pauta a questão da vida e da Natureza, a partir de duas perspectivas notórias: a primeira, se refere ao fato de que a tecnologia passa a ser o paradigma autoritário que pode discursar acerca da conceituação sobre o que é vital e de outros conceitos correlatos, como o bem-estar e o saudável. Tal viés não difere ao que o antigo período afirmava, mas acentua um dos traços de emancipação da criatura humana em relação à divindade imaginada, tornando-se onipotente por si, já que pôde, em certa medida, manipular a vida por meio da Ciência, instrumentalizando ainda mais a Natureza e a si próprio. A mudança nesse ponto centra-se mais no caráter regulador do que na antiga tendência disciplinar de formas autoritárias.⁴⁸² A biopolítica

⁴⁸⁰ BARBIERI, Isabele Bruna; CARVALHO, Ester de; ALBUQUERQUE, Letícia. Estado de Direito para a Natureza: proteção socioambiental a partir de análises complexas. In: **Congresso Brasileiro de Direito Ambiental 30 anos da Constituição ecológica** [recurso eletrônico]: desafios para a governança ambiental. 23. Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, 13. Congresso de Estudantes de Direito Ambiental. BENJAMIN, Antonio Herman; NUSDEO, Ana Maria. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2018. p. 601-602.

⁴⁸¹ ESPERANDIO, Mary Rute Gomes. **Para entender a Pós-modernidade**. São Leopoldo: Sinodal, 2007. p. 9-14.

⁴⁸² NEGRI, Antonio; HARDT, Michael. **Império**. Trad. Berilo Vargas. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

permanece, limitando o ser de produzir a própria subjetividade, visto que as possibilidades de produção, bem como de sua identificação, acabam regulamentadas pelo conjunto de poderes, concentrados na forma de Império⁴⁸³, totalizando e integralizando a cartografia dos sujeitos, rompendo fronteiras, inclusive.

A segunda perspectiva notória, mostra que o pensamento técnico-científico realiza a manutenção da dualidade entre corpo e alma, entre sujeito e objeto, entre matéria e espírito. Essa racionalidade em prol do atributo de razão, própria de uma determinada espécie – a humana –, separou o que é humano daquilo que é da Natureza por meio de uma espécie de cosmologia secularizada. Todo o meio passa a ser utilizado para certos fins determinados ao alvedrio da humanidade, o que causa preocupações tendo em vista as alterações substanciais no meio ambiente responsável por possibilitar e equilibrar as condições de vida.

No período da modernidade⁴⁸⁴, a razão se incorpora ao imaginário coletivo como sendo o atributo responsável por dignificar o ser humano. Não é por menos que, nos dizeres de Immanuel Kant⁴⁸⁵, esse aspecto retira o valor do indivíduo para, com isso, dotá-lo como fim em si mesmo. Desse

⁴⁸³ NEGRI, Antonio; HARDT, Michael. **Império**. Trad. Berilo Vargas. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

⁴⁸⁴ Por mais que a expressão período indique um aspecto temporal, a modernidade se situa além de tal dimensão. Ela é muito mais uma ideia do que um tempo histórico, embora possa ser identificada por sua sublimação a partir do Século XVIII com a Revolução Industrial. No dizer de Edgar Morin e Anne Bridget Kern: “[...] a modernidade era e continua sendo um complexo civilizacional animado por um dinamismo otimista. Ora, a problematização da tríade que anima esse dinamismo problematiza ela própria. A modernidade comportava em seu seio a emancipação individual, a secularização geral dos valores, a diferenciação do verdadeiro, do belo, do bem. Mas doravante o individualismo significa também atomização e anonimato.”. MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. **Terra-Pátria**. Tradução Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 1995. p. 77.

⁴⁸⁵ Para este importante filósofo da era moderna: “No reino dos fins tudo tem ou um preço ou uma dignidade. Quando uma coisa tem um preço, pode-se pôr em vez dela qualquer outra como equivalente; mas quando uma coisa está acima de todo o preço, e portanto não permite equivalente, então ela tem dignidade [...] Ora a moralidade é a única condição que pode fazer de um ser racional um fim em si mesmo, pois só por ela lhe é possível ser membro legislador no reino dos fins. Portanto a moralidade, e a humanidade enquanto capaz de moralidade, são as únicas coisas que têm dignidade.”. KANT, Immanuel. **Fundamentação da Metafísica dos Costumes**. Trad. Paulo Quintela. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2007. p. 77-78.

modo, o ser humano, beneficiado de racionalidade plena e capaz de moralidade, corre a senda do aperfeiçoamento constante de seus atos, desenvolvendo suas capacidades individuais e sociais, na medida em que suas ações práticas encontrariam respaldo em ditames universais. Esse pensamento está intrinsecamente relacionado com os avanços tecnológicos ocorridos sobretudo a partir da Segunda Revolução Industrial. Neste viés, Arnold Toynbee⁴⁸⁶ sustenta que o poderio do ser humano sobre a Natureza e outros indivíduos passa a se intensificar por meio de uma combinação complexa entre inovações sociais estimuladas pelo desenvolvimento tecnocientífico, provocando uma verdadeira inversão entre o ser humano e a biosfera que permite, cada vez mais, a consolidação do projeto da modernidade.

A exploração contínua e ilimitada da técnica nanoescalar é fruto da mais recente revolução tecnológica em curso, resultando em medidas de contínua afetação sobre os aspectos vitais dos seres vivos (humanos e não-humanos) e da ordem das coisas (animadas e inanimadas).

No atual contexto civilizatório, em que o global acabou derrubando fronteiras, os direitos ainda seguem vinculados ao paradigma moderno, necessitando de um giro epistemológico para permitir a eficácia normativa acerca dessas questões surgidas na atualidade. Conforme visto, novas demandas emergem rapidamente e, por conseguinte, as soluções não podem ser direcionadas com vistas ao passado, mas sim para o presente e, principalmente, para o futuro.

Ao estudar o desenvolvimento nanotecnológico e, por consequência o científico-tecnológico, torna-se fundamental a busca por alternativas que possibilitem a produção de mecanismos em prol do bem-estar humano, mas que, concomitantemente, não venham a afetar a vida em demasia, sob pena de ingressar num caminho sem volta. Com isso, os possíveis malefícios das novas tecnologias devem, necessariamente, ser levados em conta no cálculo racional final, servindo de fator de condução na averiguação da atuação positiva ou negativa, ou seja, a medida do fazer ou deixar de fazer uso das novas criações. A cognição é parte fundamental do processo de descoberta do próprio ser, enquanto julga a si mesmo e a objetos externos. Invariavelmente, as capacidades atuais abrem um alcance interpretativo dos fatos que, teoricamente, quando postos em prática na forma de avanços científicos e desenvolvimento humano,

⁴⁸⁶ TOYNBEE, Arnold. **A Humanidade e a Mãe Terra**: uma história da narrativa do mundo. Trad. Helena Mara Camacho Martins. 2 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1982. p. 685.

fazem com que grande parte dos indivíduos nem sempre usufruam dos benefícios gerados.

O Direito em seu estado atual, pós-moderno, permanece como fruto da argumentação ocasionada pelo agir comunicativo.⁴⁸⁷ Todavia, mesmo em franco descompasso com o que ocorre no mundo da “verdade” científica (mantida restritivamente ao alcance de poucos), o Direito é o único instituto “normatizador” capaz (leia-se: legítimo) de regulamentar a matéria técnico-científica. Ainda que em um primeiro momento sirva-se dos ensinamentos de *experts*, que apresentam a arte científica complexa para os simplificados vieses de compreensão jurídica – já que o controle normativo tende a chegar atrasado a este encontro –, esta é a verdadeira fonte de fixação de diretrizes e limites ao controle da Natureza.

O pensamento técnico-científico moderno, determinado pela razão cartesiana de fragmentação/compartimentalização dos seres e das coisas, funciona com uma lógica aparentemente desprendida da subjetividade, uma vez que sua força motriz dirige-se a fatos objetivos, sem qualquer interesse imediato. Na verdade, como bem observa Enrique Leff, não é dado às Ciências um vazio ideológico mas sim um processo discursivo dialético entre o conhecimento e o desconhecimento, dos quais derivam “[...] sua capacidade cognoscitiva e seu potencial transformador da realidade [...]”⁴⁸⁸

A partir disso, evidencia-se que o contemporâneo pragmatismo jurídico deixa à margem da discussão medidas éticas, que melhor seriam articuladas com a participação da sociedade civil. Para tanto, a permanência do Direito no paradigma da modernidade – e das instituições de poder –, são insuficientes em aceitar uma amplitude do diálogo. Uma das alternativas é a ratificação do Princípio da Responsabilidade nos moldes da “heurística do temor”⁴⁸⁹, no qual as informações insuficientes levam à necessidade de se conformar com a incapacidade do intelecto de sempre obter respostas racionais, devendo-se, destarte, abrir mão de um pragmatismo irrestrito para se conformar a determinados ditames morais – no caso, a defesa da primazia da vida e da Natureza.

⁴⁸⁷ HABERMAS, Jürgen. **Teoria do Agir Comunicativo**: racionalidade da ação e racionalização social. Tradução Paulo Astor Soethe. v. 1. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

⁴⁸⁸ LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução Sandra Valenzuela. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2006. p. 66.

⁴⁸⁹ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008.

Importante salientar que uma alteração dos fundamentos éticos da sociedade no momento de tomada de decisão exige que o valor dado aos seres e, principalmente, ao meio ambiente, seja analisado conforme a sua consideração ontológica. Foi neste sentido que Hans Jonas⁴⁹⁰ sugeriu uma alteração paradigmática da valoração *a priori* dos imperativos categóricos kantianos⁴⁹¹, de cunho eminentemente antropológico, ainda mais quando é o ser humano o causador de destruição da Natureza, estando si próprio incluído nesse suicídio ocasionado pela sua racionalidade.

A concretude de previsibilidade do futuro é feita em consonância com o conhecimento atual, esclarecido. A mera tentativa de previsão de acordo com o estado atual de uma possível consequência (risco), é, na verdade, falho. O que parece despontar em um horizonte próximo é,

⁴⁹⁰ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

⁴⁹¹ De seu magistério colhe-se que: “O imperativo categórico de Kant era voltado para o indivíduo, e seu critério era momentâneo. Ele exortava cada um de nós a ponderar o que aconteceria se a máxima de sua ação atual fosse transformada em um princípio de legislação geral: a coerência ou incoerência de uma tal generalização hipotética transforma-se na prova da minha escolha privada. Mas em nenhuma parte dessa reflexão racional se admitia qualquer possibilidade de que minha escolha privada fosse de fato geral, ou que pudesse de alguma maneira contribuir para tal generalização. De fato, não estamos considerando em absoluto consequências reais. O princípio não é aquele da responsabilidade objetiva, e sim o da constituição subjetiva de minha autodeterminação. O novo imperativo clama por outra coerência: não a do ato consigo mesmo, mas a dos seus efeitos finais para a continuidade da atividade humana no futuro. E a universalização que ele visualiza não é hipotética, isto é, a transferência meramente lógica do eu individual para um todo imaginário, sem conexão causal com ele (se cada um fizesse assim): ao contrário, as ações subordinadas ao novo imperativo, ou seja, as ações do todo coletivo, assumem a característica de universalidade na medida real de sua eficácia. Elas totalizam a si próprias na progressão de seu impulso, desembocando forçosamente na configuração universal do estado das coisas. Isso acresce ao cálculo moral o horizonte temporal que falta na operação lógica e instantânea do imperativo kantiano: se este último se estende sobre uma ordem sempre atual de compatibilidade abstrata, nosso imperativo se estende em direção a um previsível futuro concreto, que constitui a dimensão acabada de nossa responsabilidade.” JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006. p. 48-49.

também, a certeza do “catastrofismo esclarecido”, conforme alerta Jean Pierre Dupuy.⁴⁹²

Na medida em que se conhece o porvir, meras medidas paliativas sobre os riscos – na presunção de que o conhecimento racional é capaz de sempre se aproximar da verdade (verdade concebida como a capacidade de reduzir as ameaças futuras) –, nada mais é do que uma manutenção daquilo que não serve para o nível de desenvolvimento técnico-científico em que a sociedade está sujeita, sublimada pela racionalidade dualista da Natureza e da vida como meros objetos.

Diante do quadro exposto, com vistas para o futuro, o Direito, garantidor genuíno, herda o risco e a certeza da catástrofe, atuando em decisões complexas na salvaguarda do hoje e do amanhã. As bases científicas de (in)certeza ou de probabilidade⁴⁹³ ao lado da esperança em possíveis soluções, mesmo que possa ser mantido, precisa se assentar em uma ética, segundo o imperativo proposto por Hans Jonas⁴⁹⁴, que possua a vida (e seus limiares tênues) e a Natureza, como centro decisório, em contraposição ao arcabouço antiquado do quadro legislativo atual, que não consegue acompanhar o progresso e não é capaz de perceber a obscuridade de um futuro muito próximo de cada um de nós.

O problema não reside no progresso em si. O outro lado da moeda não está em seus resultados. Parece-nos que o verdadeiro problema sobre o contraponto da Tecnociência é a realização de uma autocrítica reflexiva em torno do raciocínio vigente, herdado do dualismo cartesiano. Na medida em que o ser humano se torna Deus⁴⁹⁵ e a Natureza passa a ser mero objeto⁴⁹⁶, a escassez de dados sobre as consequências derivadas desse novo ‘senhor da Terra’ (ou, na opinião de alguns, a certeza de que a

⁴⁹² DUPUY, Jean Pierre. **O tempo das catástrofes**: quando o impossível é uma certeza. Tradução Lília Ledon da Silva. São Paulo: Editora É realizações, 2011.

⁴⁹³ FIGUEIREDO, Herberth Costa. A verdade no Conhecimento Científico. In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. II. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008. p. 130.

⁴⁹⁴ JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008.

⁴⁹⁵ HARARI, Yuval Noah. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. Tradução de Paulo Geiger. Companhia das Letras: São Paulo, 2015.

⁴⁹⁶ É possível simplificar esse ponto por meio de um raciocínio intuitivo: os objetos são escritos com letra maiúscula ou minúscula? A partir disso, basta ver na prática como estão escritas, nos documentos jurídicos, por exemplo, as palavras natureza, meio ambiente ou qualquer outro ser ou item relacionado àquilo que seja natural.

catástrofe é inevitável⁴⁹⁷), remonta a uma falsa cognição de que tudo está sob controle, mas na verdade, não está. A razão é capaz de permitir a instrumentalização dos fins para o sujeito racional, o qual, em algum momento do futuro poderá (ou não) encontrar soluções que beneficiem os seus anseios e sublima a sua capacidade.

O reconhecimento das incertezas é algo evidente para a própria Ciência. Antes certos da exatidão provocada pelo emprego do método na análise de problemas e objetos, os resultados obtidos passam a ser questionados dentro da própria linguagem do incerto e de quais condições possibilitam alterações substanciais, não obstante a própria escolha do caminho da análise, que inevitavelmente age arbitrariamente naquilo que se obtém ao final da pesquisa. De qualquer modo, mesmo reconhecendo as próprias incapacidades, esse é um campo do saber que lida com o anseio de alcançar a verdade e crê aproximar-se, cada vez mais, daquilo que a razão permitiu ao ser humano sempre buscar: seu aperfeiçoamento.

O pensamento jurídico, por sua vez, segue míope diante da expectativa de que os signos da Sociedade de Risco, ao menos em determinada intensidade, estejam equivocados, na medida em que o ser humano, com o progresso técnico-científico contemporâneo, possa evoluir em sua razão e conhecimento, invertendo sua autodestruição.

As normas jurídicas possuem um papel fundamental na alteração da estrutura social do pensamento, mesmo quando desconfia-se do real objetivo da produção normativa. O que se deve buscar por meio delas, desde uma visão integrada de diálogo entre os saberes, é o fim inicialmente estipulado pela própria Ciência, ou seja, que ela seja realocada em prol do ser humano como pessoa e de outros seres constituintes da biosfera, independentemente de seu valor instrumental à sociedade.

Tudo leva a crer que o otimismo possa ainda ser válido, pois sempre que provocado, o desenvolvimento técnico-científico conseguiu limpar ou ‘maquiar’ as perguntas sem respostas (colocando-as debaixo do debate?). Assim, a Ciência e o Direito andaram e andam de mãos dadas, mesmo quando o Princípio da Precaução surge como uma forma de resistência à transposição de limites aceitáveis por parte dos ditames daquela, sem descuidar da obrigatoriedade em calcular, na medida do possível, os riscos da aplicação técnica.

Obrigatoriedade, contudo, implica em dever. Este é oriundo da Ética, enquanto aquela subjaz de um sistema normativo imposto pelo

⁴⁹⁷ DUPUY, Jean Pierre. **O tempo das catástrofes**: quando o impossível é uma certeza. Tradução Lília Ledon da Silva. São Paulo: Editora É realizações, 2011.

sistema jurídico. A legalidade não é, necessariamente, igual a eticidade. Podem muito bem coincidir – e o correto é que assim o seja –, mas tal sistema mostra-se corrompido e os interesses da população como um todo acabam sendo controlados, na lição de Antonio Negri e Michael Hardt, pela “biopolítica imperial”.⁴⁹⁸ O controle normativo surge como uma suposta resposta aos interesses das grandes corporações financeiras e industriais. Entretanto, o limite imposto está estritamente dentro do controle esperado por tais atores, visto que eles, juntamente com o Estado e o poder militar, por possuírem o monopólio destrutivo, direcionam os seus esforços para interesses próprios de autoconservação, selecionando aquilo que é possível e impossível dentro de jogos de linguagem, cujas regras se alteram ao alvedrio do “dono” do tabuleiro. Na necessidade de (re)existência⁴⁹⁹ frente ao Império, as demandas devem se transformar e se fortalecer como uma autoprodução de subjetividade.⁵⁰⁰

Isso infere em uma mudança radical de racionalidade, o que, por conseguinte, ocasiona em novas maneiras de pensar a relação do ser humano com a Natureza, ainda mais quando as fronteiras (territoriais *lato sensu*) foram derrubadas para se concretizar uma ordem verdadeiramente global, em que o conjunto do todo não é visto como a mera soma de suas partes. Nesse teor, torna-se fundamental um giro epistemológico nos saberes, no intuito de se desprender das amarras dos discursos pseudolibertadores promovidos pelo desenvolvimento científico ou de uma aparente limitação dos riscos pelo Direito, cuja abertura resulta na apropriação ideológica do conceito de desenvolvimento sustentável. O que se deve levar em conta é a certeza (caso a racionalidade não se altere

⁴⁹⁸ NEGRI, Antonio; HARDT, Michael. **Império**. Trad. Berilo Vargas. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001. p. 42.

⁴⁹⁹ A (re)existência, em linhas gerais, seria o estabelecimento de ser como próprio ser, dotado de subjetividade ao mesmo tempo que pode compartilhá-la no coletivo, reconhecendo-se e sendo reconhecido como produtor do ‘eu’ e do ‘nós’.

⁵⁰⁰ NEGRI, Antonio; HARDT, Michael. **Império**. Trad. Berilo Vargas. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001. p. 42.

bruscamente): do risco⁵⁰¹, da catástrofe⁵⁰² e da hipereconomização do mundo⁵⁰³.

A criatividade oriunda do diálogo dos saberes talvez seja um caminho real de superação da(s) crise(s) em que a humanidade está inserida. Um conhecimento amplo, gnosiológico⁵⁰⁴ e sistêmico⁵⁰⁵, pode vir à tona, fazendo com que a virada epistemológica se direcione para algo além do conhecimento científico. E, em um mundo globalizado, a colonização desses saberes deve dar margem à pós-colonialidade (ou descolonialidade): o sul global pode, enfim, desvelar a sua singularidade.⁵⁰⁶ Esse é o fundamento ético a pautar qualquer decisão em torno do domínio técnico-científico, de maneira a complementar ao Princípio da Responsabilidade.⁵⁰⁷ Permanecer no paradigma da esperança, contudo, não evitará o colapso. Pelo contrário, é bem possível que ele acentue a corrida rumo ao abismo, conforme os efeitos físicos causados pela interferência humana na dinâmica natural, cuja comprovação pelos próprios métodos científicos denunciam um fim pré-determinado, prestes a eclodir.

⁵⁰¹ BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

⁵⁰² SANTOS, Robinson dos. **O problema da técnica e a crítica à tradição na ética de Hans Jonas**. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/dissertatio/article/viewFile/8804/5813>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018. p. 279-284.

⁵⁰³ LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução Sandra Valenzuela. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

⁵⁰⁴ MIGNOLO, Walter. **Históricas Locais, Projetos Globais**: colonialidade, saberes subalternos e pensamento liminar. Tradução Solange Ribeiro de Oliveira. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

⁵⁰⁵ CAPRA, Frijof; LUISI, Pier Luigi. **A visão sistêmica da vida**: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas. Tradução Mayra Teruya Eichemberg e Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2014.

⁵⁰⁶ SANTOS, Boaventura de Sousa. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. São Paulo: Cortez, 2006.

⁵⁰⁷ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

CONCLUSÃO

Tem sido cada vez mais frequente para o Direito, principalmente no despertar deste século, a necessidade de enfrentar situações inusitadas derivadas dos avanços científicos. A evolução foi tamanha que, hoje, não são mais encarados com estranheza fatos que há certo tempo, seriam inimagináveis. Presenciam-se não apenas surpreendentes revelações a respeito do conhecimento teórico sobre a intimidade dos mecanismos de criação e reprodução da matéria humana, como também uma rápida transformação destes conhecimentos em arrojadas inovações tecnocientíficas diretamente aplicáveis ao melhoramento das condições humanas e ambientais chegando-se a pensar, como almejam os mais entusiastas, na criação artificial da própria vida, da própria existência.

Com isso, percebeu-se que foi percorrido um grande caminho evolutivo onde o conhecimento empírico catalogado (de observação), ditou as regras da Ciência clássica, cujos parâmetros continuam sendo aprimorados desde então. A incansável busca pelo conhecimento e entendimento do processamento da vida no planeta, fez com que genuínos cientistas se debruçassem e dedicassem suas vidas ao progresso científico. Tamanha dedicação, traçou os ditames do atual desenvolvimento científico, mesmo quando realizado em um tempo onde a tecnologia ainda não se fazia presente e as dificuldades eram consideráveis.

A partir desta base e ao lado do atualíssimo emprego da tecnologia no preparo e desenvolvimento das pesquisas, evidenciou-se um incremento e uma maior variabilidade de possibilidades e resultados. Em um grande salto, conseguiu-se conhecer e decodificar a estrutura atômica, individualizando suas estruturas, conhecendo suas funções, combinando-as e recombinando-as em uma infinidade de procedimentos e técnicas. Em pouco tempo, passou-se da observação (empirismo) para a criação.

Diante deste cenário, o conhecimento científico incrementou suas bases ao trazer a melhor compreensão dos conceitos relativos à matéria atômica, preparando o caminho para a revolução nanotecnológica amplamente vivida por nós atualmente. Novos conceitos, áreas de estudo e possibilidades foram criados (a exemplo dos nanomateriais e da nanotoxicologia), fazendo com que as pesquisas neste seguimento ganhassem ainda mais relevo.

A revolução nanotecnológica coloca-nos diante de um “novo mundo”, não no sentido de começo e fim, mas sim de uma continuidade evolutiva que rompe com o previamente concebido, quebrando paradigmas científicos, cujos alcances e previsões ainda são impossíveis de mensurar.

Diante da relação simbiótica existente entre a tecnologia e a nanotecnologia, o convite que nos chega é o de (re) pensar e ponderar acerca do tipo de “criadores” que nós somos e que tipo de “criaturas” nos tornaremos.

Nunca foi tão urgente trazer à pauta a necessidade do conhecimento. Conhecimento que busca agregar as gerações a um fim comum de respeito e continuidade. E nesta busca pelo conhecimento integrado, passamos pelo desafio premente de integrar as Ciências em um comando único e não mais individual como fomos cartesianamente acostumados. Integralização que busca nas razões epistemológicas e no debate interdisciplinar sua força, a fim de preparar os caminhos para aquilo que realmente queremos nos tornar e ser.

A partir do momento que conseguimos trabalhar em escala nano, alterando estruturas atômicas, é chegada a hora de (re)pensarmos para onde vamos e o que queremos com isso. A tarefa é complexa, cheia de indagações, e os prognósticos, em que pese em sua grande maioria prometerem ótimos resultados, apresentam um alcance incerto fazendo com que o controle destas técnicas, a médio e longo prazo, sejam mais incertos ainda.

Assim sendo, entender os liames desta Ciência que cria conceitos e novas concepções de matéria e materiais compoz uma das vertentes principais estudadas neste trabalho, na tentativa de formar as bases para a reflexão essencial, e não menos importante, do papel do Direito em tempos de (in)certeza científico-nanotecnológica.

Ressalta-se que a Tecnociência, ao lado da nanotecnologia, quando aplicadas, inauguram novos padrões de comportamento e arranjos orgânicos que vão sendo incorporados, no dia a dia das pessoas, alterando as sociedades e a maneira de conceber a vida (como exemplo, a aplicação terapêutica de nanosensores e nanofármacos).

Ao lado destes padrões ou da promessa de novos padrões, surgem as preocupações com o homem, com a sociedade e com a Natureza, já que são estes institutos os atores imediatos e sobre os quais os resultados se mostrarão.

A reflexão acerca do desenvolvimento humano e seu grau de interferência na Natureza (humana e não humana), ganhou contornos sem precedentes com o advento da modernidade. Com ela, novas formas de percepção do humano, do ambiental, do econômico e do político são incorporadas e passam, junto com o alcance tecnológico, a moldar uma nova etapa da atualidade, também conhecida como segunda modernidade, modernidade avançada ou sociedade de risco. Seu contraponto diz respeito à (in)controlabilidade e (in)comensurabilidade dos riscos

criados, cujo alcance transgeracional e transfronteiriço denunciam a chegada de uma grande era de (in)certezas.

A visibilidade e controle dos riscos produzidos nas sociedades pré-modernas são deixados para trás na exata velocidade com que os avanços técnico-científicos tomam as rédeas de um futuro delineado, principalmente, pela força/poder da alta tecnologia. Com isso, riscos e ameaças são os constituintes principais de uma “promessa de sucesso” científica que pode apresentar um grau de nocividade considerável, face às imprevisibilidades nela contida.

A magnitude existente na produção e ameaça do risco invisível suscita mudanças comportamentais estruturantes, que desafiam a própria concepção de “conhecimento” frente a criação de novos riscos concretos e abstratos. Isso conduz ao atrofiamento das situações de certeza e à complexidade/aumento exponencial dos contextos de incerteza, desafiando as Ciências naturais, sociais, jurídicas e políticas a encontrarem caminhos viáveis de proximidade, conhecimento e controle das novas ameaças, principalmente, as de matriz nanotecnológica.

E é justamente neste contexto, que os delineamentos éticos tornam-se primordiais, destacando-se a necessidade do resgate e implementação do Princípio da Responsabilidade como fio condutor das condutas humanas em contextos nanotecnológicos, que não mais se diferenciam em relação ao tempo, ao espaço e ao lugar em que são efetivadas. Ao lado disso, e não menos importante, é preciso fortalecer a aplicação do Princípio da Precaução a fim de que os riscos ambientais sejam o máximo possível evitados/reduzidos, conferindo força ao ordenamento jurídico para colocar em primazia os interesses da Natureza (*in dubio pro Natureza*), da qual todos fazemos parte.

Por sua vez, evidenciou-se que ao Direito é dada a principal tarefa: a de decidir e resolver conflitos, apesar de manter-se aprisionado em seu eixo antropocêntrico positivista de certeza e segurança.

O surgimento e a propagação das técnicas nanotecnológicas expuseram o fio mais frágil do Direito ante a expansão da incerteza nas sociedades contemporâneas. Esta exposição trouxe a necessidade de (re)formular e (re)criar os parâmetros próprios de decisão, tendo em vista que os atuais não são suficientes diante desta nova empreitada.

O reconhecimento científico atual reconhece sua fragilidade na criação de certezas e, na tentativa de minimizar os riscos, atua através de probabilidades. Tal fato não reduz e não exime o dever das instancias públicas de tomarem decisões quando são chamadas a decidir em ambientes de incerteza. Por isso, o fortalecimento dos princípios éticos, jurídicos e constitucionais que cuidam da pessoa humana e da Natureza

ganham relevo e devem orientar toda a órbita jurídica, a fim de que possamos criar mecanismos de decisão próprios, que resolvam, pelas vias legítimas (e não pelos *experts* da técnica), os desafios impostos.

É preciso romper com as amarras científicas no sentido de encontrar uma razão e um método legítimo de enfrentamento das questões em situações de incerteza. Ao Direito não é mais dada a possibilidade de manter-se como mero expectador das razões científicas e pautar-se por elas (como única fonte legitimadora), pois a ele é dado o poder de decidir, não com base em probabilidades, mas criando, gerando e mantendo certezas.

Não se está a afirmar, com isso, que o progresso científico é indesejado ou que devemos criar limites legislativos que impeçam o andamento das pesquisas. Ao contrário. É preciso dar o mesmo poder científico ao Direito e às instâncias públicas encarregadas de efetivar seu comando decisório, criando bases sólidas que, ao lado das científicas, possam resguardar a Natureza inclusive, e primordialmente, em situações de incerteza.

A par do estudo realizado nesta pesquisa, conclui-se que os desafios trazidos pela era nanotecnológica são sim capazes de influenciar o Direito como razão de decidir. Como decorrência, a hipótese inicialmente levantada se confirma, desde que haja uma (re)estruturação do Direito baseada em uma Ética da responsabilidade reivindicadora da criação de matrizes próprias de avaliação e decisão nos assuntos que envolvam a exploração científica do mundo nano. Ao lado disso, a incorporação da subpolítica como caminho válido de participação democrática em decisões sobre nanotecnologia e o fortalecimento do Estado de Direito Ecológico como nova orientação jurídica de proteção da natureza nanotecnológica, são caminhos necessários quanto ao controle dos riscos e minimização dos impactos negativos daí provenientes.

Longe de esgotar a temática, que carece de novos estudos e aprofundamentos, resta evidente que é preciso ter em mente a figura do ser humano como sujeito incluso e responsável pelas suas ações, incorporado à Natureza e dela fazendo parte, em uma relação de simbiose constante. Esta visão é adequada em qualquer segmento científico e jurídico que prime por razões que visem, de fato, o bem comum, o bem social, o respeito com o meio ambiente (visível ou invisível) e o progresso da humanidade.

Por isso e por fim, mesmo em tempos de incerteza e sem saber, ao certo, para onde vamos, é preciso conhecer para decidir. É preciso conhecer as novas (nano)tecnologias para que se possam criar parâmetros

legais efetivos de controle que, além de não obstaculizar as pesquisas e o avanço humano, estejam ao lado deles visando à prosperidade de todos, indistintamente e universalmente.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, Érico, **Pontos Quânticos**: entenda como funciona essa tecnologia. Showmetech. out. 2016. Disponível em: <https://www.showmetech.com.br/pontos-quanticos-entenda-como-funciona-essa-tecnologia/>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- ABRAMOVAY, Ricardo. **A heurística do medo, muito além da precaução**. Estudos Avançados. São Paulo, v. 30, n. 86, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100167&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2018.
- ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. In: HESS, Sonia Corina (Org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018.
- ADAMS, Jonh. **Risco**. Tradução de Lenita Rimole Esteves. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2009.
- ABDI. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010.
- ALMEIDA, Paulo Roberto de. **O Brasil e a nanotecnologia**: rumo à quarta revolução industrial. **Revista Espaço Acadêmico**, ano VI, n. 52, set. 2005. Disponível em: <http://www.espacoacademico.com.br/052/52almeida.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- ALTHAUS, Catherine E.. A Disciplinary Perspective on the Epistemological Status of Risk. **Risk Analysis**, vol. 25, n. 3, jul. 2005. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f07c/89438c8c07e82e7a3e18c3fdf3219b983a9d.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- AMORIM, Tade-Anne de. **Nanotecnologia e constituição de riscos**: uma análise dos nanotubos de carbono a partir da sociologia da ciência. 2011. Tese (Doutorado em Sociologia Política). Programa de Pós-

graduação em Sociologia Política. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

ANDRADE, Luís Renato B.. **Nanotecnologias e os seus impactos na segurança e saúde no trabalho**: Sistemática de segurança e saúde no trabalho para laboratórios com atividades de nanotecnologia “S-SST/LabNano”. Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2014. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/palestra%20nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2018.

ANNA, José P. Sant. **Nanotecnologia** – Revolução tecnológica progride sem alarme. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/nanotecnologia-revolucao-tecnologica-progride-sem-alarde/>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ARAGÃO, Maria Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. **RevCEDOUA - Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente**, ano XI, v. 11, n. 22, 2008. Disponível em: <https://digitalisdsp.uc.pt/bitstream/10316.2/8833/10/1-Princípio%20da%20precaução.pdf?ln=pt-pt>. Acesso em: 25 jan. 2019.

ARAGÃO, Maria Alexandra de Sousa. **Direito Comunitário do Ambiente**. Cadernos CEDOUA. Edições Almedina. abr. 2002. Disponível em: https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/15282/1/cadernos%20CEDOUA%20direito%20comunitario%20_Parte%20I.pdf. Acesso em: 24 mar. 2017.

ARAGUAIA, Mariana. Escherichia coli. Biologia. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/escherichia-coli.htm>. Acesso em: 03 mai. 2018.

ARCURI, Arline Sydneia Abel; PONTES, Jorge Marques. Nanotecnologia e seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho. In: HESS, Sonia Corina (org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018.

ARRUDA, Domingos de Sávio de Barros. **Responsabilidade ambiental no direito brasileiro: categorias – reparatória e acautelatória**. 2005. Tese (Mestrado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

AYALA, Patryck de Araújo. **Direito e incerteza: a proteção jurídica das futuras gerações no estado de direito ambiental**. 2002. Dissertação (Mestrado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

BAHIA, Carolina Medeiros. **Nexo de causalidade em face do risco e do dano ao meio ambiente: elementos para um novo tratamento da causalidade no sistema brasileiro de responsabilidade civil ambiental**. 2012. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

BARBIERI, Isabele Bruna; CARVALHO, Ester de; ALBUQUERQUE, Letícia. Estado de Direito para a Natureza: proteção socioambiental a partir de análises complexas. *In: Congresso Brasileiro de Direito Ambiental 30 anos da Constituição ecológica* [recurso eletrônico]: desafios para a governança ambiental. 23. Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, 13. Congresso de Estudantes de Direito Ambiental. BENJAMIN, Antonio Herman; NUSDEO, Ana Maria. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2018.

BARRETO, Vivente de Paulo. **O Fetiche dos Direitos Humanos e outros Temas**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2013.

BAUDRILLARD, Jean. **A sociedade de consumo**. Portugal: Edições 70. 2008.

BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

BAUMAN, Zygmunt. **Tempos Líquidos**. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

BAUMAN, Zygmunt. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

BEATAEQ. **Nanotecnologia aplicada a engenharia química.**

Disponível em:

<https://betaeq.com.br/index.php/2015/10/31/nanotecnologia-aplicada-a-engenharia-quimica/>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BECK, Ulrich. **A metamorfose do mundo:** como as alterações climáticas estão a transformar a sociedade. Tradução de Pedro Elói Duarte. Portugal: Editora 70, 2017.

BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria a modernização reflexiva. *In:* BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva:** política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997.

BECK, Ulrich. **Ecological Politics in an Age of Risk.** Translated by Amos Weisz. Cambridge: Polity Press, 1995.

BECK, Ulrich. Incalculable futures: World risk society and its social and political implications. *In:* BECK, Ulrich (org.). **Ulrich Beck:** Pioneer in cosmopolitan sociology and risk society. 1. ed. Heidelberg: Springer, 2014.

BECK, Ulrich. **La sociedad del riesgo global.** Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores S.A., 2002.

BECK, Ulrich. Risk Society and the Provident State. *In:* LASH, Scott; SZERSZYNSKI, Bronislaw; WYNNE, Brian (org.). **Risks, environment & modernity:** towards a new ecology. Londres: Sage Publications, 1998.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco:** rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. **Modernização reflexiva:** política, tradição e estética na ordem social moderna. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997.

BERGER FILHO, Airton Guilherme. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco. **Âmbito Jurídico.com.br**. Rio Grande, v. 13, n. 72, jan. 2010. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084. Acesso em: 01 set. 2017.

BERGER, Michael. Toxicology – from coal mines to nanotechnology. Nanowerk. Disponível em: <https://www.nanowerk.com/spotligh/spitid=1382.php>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BRAGATO, Fernanda Frizzo. Os direitos do humano em risco na sociedade tecnocientífica. In: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 01 mai. 2017.

BRASIL. FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Fulerenos**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/fulerenos>. Acesso em: 15 nov.2017.

BRASIL. FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Nanopartículas de ouro**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/nanoparticulas-de-ouro>. Acesso em: 15 nov. 2017.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **AgRg no Recurso Especial n. 1.139.791 - SE (2009/0089818-2)**. Agravante: Maxitel S/A. Agravado: Ministério Público Federal. Relator: Ministro Napoleão Nunes Maia Filho. DJe: 26/10/2016. Disponível em: https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=1547256&num_registro=200900898182&data=20161026&formato=PDF. Acesso em: 14 mar. 2019.

BRITO, Daniel Chaves de; RIBEIRO, Tânia Guimarães. **A modernização na era das incertezas: crise e desafios da teoria social.** Ambiente e sociedade. Campinas, v. 6, n. 1, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v5n2/a09v5n2.pdf> Acesso em: 28 set. 2017.

BRITO, Edivaldo. **Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro.** Techtudo, 2013. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BRÛSEKE, Franz Josef. **A técnica e os riscos da modernidade.** Florianópolis: UFSC, 2001.

BUGGE, Hans Christian. Twelve fundamental challenges in environmental law: An introduction to the concept of rule of law for nature. *In: Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law.* Edited by Christina Voigt. Cambridge University Press, 2013.

BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I.; ROBBIE, Kevin. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. **Biointerphases**, vol. 2, n. 4, december 2007. Disponível em: <https://avs.scitation.org/doi/pdf/10.1116/1.2815690>. Acesso em: mar. 2018.

BUZZI, Arcângelo R. **Introdução ao Pensar.** Rio de Janeiro: Vozes, 1992.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Direito constitucional ambiental português: tentativa de compreensão dos 30 anos das gerações ambientais no direito constitucional português. *In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (orgs.). Direito constitucional ambiental brasileiro.* Rio de Janeiro: Saraiva, 2007.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** Tradução de Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cutrix, 2006.

CAPRA, Frijof; LUISI, Pier Luigi. **A visão sistêmica da vida**: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas. Tradução Mayra Teruya Eichemberg e Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2014.

CAPRA, Frijof; MATTEI, Ugo. **A revolução ecojurídica**: o direito sistêmico em sintonia com a natureza e a comunidade. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Cutrix, 2018.

CARVALHO, Carlos Gomes de. **O que é Direito Ambiental**. Florianópolis: Habitus, 2003.

CARVALHO, Délton Winter de. A construção probatória para a declaração jurisdicional da ilicitude dos riscos ambientais. **Revista da AJURIS**, a. XXXVIII, n. 123, set. 2011.

CARVALHO, Délton Winter de. As novas tecnologias e os riscos ambientais. *In*: Leite, José Rubens Morato; Fagúndez, Paulo Roney Ávila (org.). **Biossegurança e Novas Tecnologias na Sociedade de Risco**: aspectos jurídicos, técnicos e sociais. Florianópolis: Conceito, 2007.

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

CARVALHO, Délton Winter de. Sustentabilidade Democrática e Estado de Juridicidade Ambiental. *In*: GONÇALVES, Cláudia Maria da Costa; JESUS, Allisson Cardoso de; COSTA, Yuri (org.). **Biodiversidade, Democracia e Direitos Humanos**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.

CASABONA, Carlos María Romeo. Genética e Direito. *In*: CASABONA, Carlos María Romeo (org.). **Biotecnologia, Direito e Bioética**: Perspectivas em Direito Comparado. Belo Horizonte: Del Rey e PUC Minas, 2002.

CHARRIÈRE, Alin; DUNNING, Beth. **Timeline**: Nanotechnology Policy and Regulation in Canada, Australia, the European Union, the United Kingdom, and the United States. Institute for Science, Society and Policy. University of Ottawa, 2014. Disponível em:

<http://issp.uottawa.ca/sites/issp.uottawa.ca/files/issp2014-nanotechnologytimeline.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

CONJUR. Supremo proíbe produção e venda do amianto no Brasil. **Revista Consultor Jurídico**, nov. 2017. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2017-nov-29/supremo-proibe-producao-venda-amianto-brasil> Acesso em: 07 mar. 2018.

COSTA, Ana Paula Dias. **A Nanotecnologia aplicada no dia a dia**. Portal Educação. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/a-nanotecnologia-aplicada-no-dia-a-dia/19524>. Acesso em: 13 abr. 2017.

COSTA, Poliana Emanuela da. Diferença ontológica e técnica moderna em Heidegger. **Saberes: Revista interdisciplinar de Filosofia e Educação**, v. 1, n. esp., jan. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/saberes/article/view/6423/5133>. Acesso em: 02 abr. 2018.

CUPANI, Alberto. **Filosofia da tecnologia: um convite**. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

CUPANI, Alberto. **Sobre a ciência: estudos de filosofia da ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2018.

DECLARAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 6, n. 15, ago. 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141992000200013&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13 mai. 2017.

DE GIORGI, Raffaele. O risco na sociedade contemporânea. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**. Florianópolis, jan. 1994. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/15873/14362> . Acesso em: 12 out. 2017.

DEGRAVE, Wim. O poder e as responsabilidades do conhecimento científico. *In*: CARNEIRO, Fernanda. EMERICK, Maria Celeste. **Limites: a ética e o debate jurídico sobre o acesso e o uso do genoma humano**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000.

DESCARTES, René. **Discurso do Método**. Tradução de Maria Ermantina Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

DORST, Jean. **A força do ser vivo**. São Paulo: Editora Melhoramentos Edusp, 1981.

DREXLER, Kim Eric. **Engines of Creation**. The coming era of nanotechnology. Anchor Books: New York, 1986.

DREXLER, Kim Eric. **Radical Abundance**: how a revolution in nanotechnology will change civilization. PublicAffairs: New York, 2013. Versão digital.

DREXLER, Kim Eric. PETERSON, Chris; PERGAMIT, Gayle. **Unbounding the future**: the nanotechnology revolution. Morrow, 1991. Versão digital.

DUBOIS-MAURY, Jocelyne. Avant-propos. *In*: DUBOIS-MAURY, Jocelyne (Org). **Problèmes Politiques et Sociaux**. Les risques naturels et technologiques. n. 908. Paris: jan. 2005.

DUPAS, Gilberto. Nanotecnologias: mais um mito do progresso. *In*.: NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Org.). **Uma sociedade pós-humana**: possibilidades e limites das nanotecnologias. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

DUPAS, Gilberto. **Os riscos das nanotecnologias**. O Estado de São Paulo. ago. 2008. Disponível em: http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20080816/not_imp224980,0.php. Acesso em: 10 mar. 2017.

DUPUY, Jean-pierre. **O tempo das Catástrofes**: quando o impossível é uma certeza. Traduzido por Lilian Ledon da Silva. Editora É Realizações: 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Espaço temático**: Nanotecnologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-nanotecnologia/nota-tecnica>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ENGELHARDT JR, H. Tristam. **Fundamentos da Bioética**. Tradução de José A. Ceschin. São Paulo: Edições Loyola Jesuítas, 1998.

ENGELMANN, Wilson. A nanotecnologia como uma revolução científica: os direitos humanos e uma (nova) filosofia da ciência. *In*: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, José Luís Bolzan de (org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica**. Anuário do Programa de Pós Graduação em Direito da Unisinos: Mestrado e Doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.

ENGELLMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do direito. **Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano**. Ano XVII, Montevideo, 2011. Disponível em: <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/anuario-derecho-constitucional/article/view/3973/3489>. Acesso em: 28 mar. 2018.

ENGELMANN, Wilson. Direitos Bio-Humano-Éticos: Os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias. *In*: **CONPEDI – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito**. XIX Encontro Nacional, 2010, Fortaleza-CE. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

ENGELMANN, Wilson. O princípio da precaução como um direito fundamental: os desafios humanos das pesquisas com o emprego da nanotecnologia. *In*: SOUZA, Ismael Francisco de; VIEIRA, Reginaldo de Souza (org.). **Direitos fundamentais e Estado**. Criciúma: Ed. UNESC, 2011.

ENGELMANN, Wilson; CARDOSO, Tatiana de Almeida Freitas Rodrigues. Os novos poderes e a necessidade de uma regulação mundial para as nanotecnologias. **Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito**, v. 2, ano 2010. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/343/2057>. Acesso em: 25 ago. 2018.

ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMULLER, André Rafael. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von; FRÖHLICH, Afonso Vinício Kirschner. Das nanotechnologias aos Nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala nanométrica. *In*: ENGELMANN, Wilson (org.). **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. Erechim: Deviant, 2015.

ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Saraiva Viviane. Do princípio da precaução à precaução como princípio. Construindo as bases para as nanotechnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, ano 17, jan./mar. 2013.

ENGELMANN, Wilson; MARTINS, Patrícia Santos. Como as possibilidades trazidas pelas nanotechnologias afetam a sociedade e a (des) necessidade de imediata regulação. *In*: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **Impactos sociais e jurídicos das nanotechnologias**. Universidade do vale do Rio dos Sinos. Sao Leopoldo: Casa Leiria, 2017. Versão digital.

ENGELMANN, Wilson; PULZ, Ronei Leonardo. As nanotechnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de harmonização regulatória não estatal. **Revista Araucária**, v. 17, n. 33, ano 2015. Disponível em: <https://revistascientificas.us.es/index.php/araucaria/article/view/716/682>. Acesso em: 03 mai. 2018.

ENGELMANN, Wilson; SILVA, Daniele Weber da. A destinação final dos nanomateriais: o princípio da precaução como fundamento para a normatização das nanotechnologias e seus resíduos finais. **CONPEDI – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito**. XXV Encontro Nacional, 2016, Brasília-DF. Disponível em: <https://www.conpedi.org.br/publicacoes/y0ii48h0/q923c0e2/eW2u7WV6kSygr378.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2018.

ESPERANDIO, Mary Rute Gomes. **Para entender a Pós-modernidade**. São Leopoldo: Sinodal, 2007.

ESTADÃO. **Estudo chinês documenta mortes por nanotechnologia**: sete mulheres ficaram doentes, e duas morreram, depois de inalar partículas de 30 nanômetros. ago. 2009. Disponível em: <https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudo-chines-documenta-mortes-por-nanotechnologia,421451>. Acesso em: 13 jun. 2017.

ESTADÃO. **Gases de bovinos causam mais efeito estufa que os automóveis.** Portal do Estado de São Paulo. jan. 2014. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,gases-de-bovinos-causam-mais-efeito-estufa-que-os-automoveis,174754e>. Acesso em: 17 out. 2017.

ESTEVES, Marcos Guilhen. **Estado ecológico:** conceito, características gerais e compatibilidade com a Constituição Federal brasileira. Conteúdo Jurídico: Brasília-DF, ago. 2016. Disponível em: <http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.56484&seo=1>. Acesso em: 21 fev. 2018.

EU-OSHA. European Agency for Safety and Health at Work. **Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace.** Disponível em: http://www.osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/risk-perception-and-risk-communication-with-regard-to-nanomaterials-in-the-workplace. Acesso em: 02 ago. 2017.

EUROPEAN COMMISSION RESEARCH. **Converging Technologies:** Shaping the Future of European Societies, 2004. Disponível em: http://www.ntnu.no/2020/pdf/final_report_en.pdf. Acesso em: 07 fev. 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **JRC Scientific and Policy Report Towards a review of the EC Recommendation for a definition of the term "nanomaterial.** Part 1: Compilation of information concerning the experience with the definition, 2014. Disponível em: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC89369/lbna26567enn.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FENSTERSEIFER, Tiago. **Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente:** a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2008.

FERREIRA, A.J.; JONES, J.Cemlyn; CORDEIRO, C. Robalo. Nanoparticles, nanotechnology and pulmonary nanotoxicology. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 19, january/february 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0873215912001316?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2018.

FERRER, Gabriel Real. **La sostenibilidad tecnológica y sus desafíos frente al Derecho**. Disponível em: http://www.academia.edu/29211132/LA_SOSTENIBILIDAD_TECNOLOGICA. Acesso em: 13 mai. 2018.

FERREIRA, Helene Sivini. **A sociedade de risco e o princípio da precaução no direito ambiental brasileiro**. 2003. Dissertação (Mestrado em Direito). Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. p. 31.

FERREIRA, Helene Sivini. **Desvendando os organismos transgênicos: as inferências da Sociedade de Risco no Estado de Direito Ambiental Brasileiro**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

FÉRRIZ, José Luis; FÉRRIZ, Adriana Pereira; RIBEIRO, Luziana Ramalho. **A Transmutação do “homo sapiens em homo faber” a ética da responsabilidade em Hans Jonas**. 2008. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC0999_01_O.pdf. Acesso em: 05 out. 2018.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. Lisboa: Relógio D'água, 1993.

FIGUEIREDO, Herberth Costa. A verdade no Conhecimento Científico. *In*: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. II. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008.

FLAIN, Valdirene Silveira. A nanotecnologia e o direito do consumidor à informação: perspectivas de proteção na sociedade de risco. **Revista da Faculdade Mineira de Direito**, Belo Horizonte, v. 14, n. 18, dez. 2011. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Direito/article/view/P.2318-7999.2011v14n28p31/3900>. Acesso em: 17 jun. 2018.

FONSECA, Flaviano Oliveira. **Hans Jonas: ética para a civilização tecnológica**. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/cadernosdeciencias/article/viewFile/852/859>. Acesso em: 05 out. 2018.

FRAGOSO, Alex. Nanotecnologia e meio ambiente. Disciplina especial e ciências ambientais. Mestrado em Ciências Ambientais. Unochapecó. 2010. apud PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

FRAGOSO, Fernando. O conceito existencial de ciência: Heidegger e a circularidade do conhecimento. **Ekstasis: Revista de fenomenologia e hermenêutica**, v. 1, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/Ekstasis/article/viewFile/4273/3816> Acesso em: 18 ago. 2017.

FRANCO, Alberto Silva. Genética Humana e Direito. *In*: Bioética. **Revista do Conselho Federal de Medicina**, v. 4, n. 1, 1996.

FULEKAR, M. H.; PATHAK, Bhawana. **Environmental nanotechnology**. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018.

GALIMBERTI, Umberto. **Psiche e techne**: o homem na idade da técnica. São Paulo: Paulus, 2006.

GATTI, Antonieta M.; MONTANARI, Stefano. **Nanopathology**: the health impact of nanoparticles. Pan Stanford Publishing: Singapura, 2008.

GIDDENS, Antony. **As conseqüências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

GIDDENS, Antony. **Modernidade e Identidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 4. ed. rev. e atual. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

GLOBO CIÊNCIA. **Microscópio de tunelamento permite observação e manipulação atômica**. Criado no início dos anos 80, aparelho rendeu Prêmio Nobel aos inventores. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/02/microscopio-de-tunelamento-permite-observacao-e-manipulacao-atomica.htm>. Acesso em: 28 dez. 2017.

GOLDBLATT, David. **Teoria social e Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

GOMES, Carla Amado. **Risco e modificação do acto autorizativo concretizador de deveres de protecção do ambiente**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Jurídico-Políticas). Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa. Lisboa, 2007. Disponível em: https://www.fd.unl.pt/docentes_docs/ma/cg_MA_17157.pdf Acesso em: 26 mai. 2017.

GUAZZELLI, Maria José; PEREZ, Julian (orgs.). Nanotecnologia. **A manipulação do invisível**. Novas Tecnologias: Centro Ecológico, 2009.

GUIVANT, Julia Silvia. A Trajetória das Análises de Risco: Da Periferia ao Centro da Teoria Social. *In: Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciência Social – BIB*, Rio de Janeiro: ANPOCS, n. 46, 1998.

HABERMAS, Jürgen. **Técnica e ciência como “ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 1968.

HABERMAS, Jürgen. **Teoria do Agir Comunicativo**: racionalidade da ação e racionalização social. Tradução Paulo Astor Soethe. v. 1. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

HARARI, Yuval Noah. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. Tradução de Paulo Geiger. Companhia das Letras: São Paulo, 2015.

HIRONAKA, Giselda Maria Fernandes Novaes. **Responsabilidade pressuposta**. Belo Horizonte: Del Rey, 2005.

HORGAN, John. **O fim da ciência**: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. Tradução de Rosaura Eichemberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

HOHENDORFF, Raquel Von; WUNSCH, Guilherme. **As nanotecnologias e os seus impactos na sociedade e no mundo do trabalho**. Disponível em: <http://emporiododireito.com.br/as-nanotecnologias-e-os-seus-impactos-na-sociedade-e-no-mundo-do-trabalho-por-guilherme-wunsch-e-raquel-von-hohendorff/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

HOHENDORFF, Raquel von. Revolução nanotecnológica, riscos e reflexos no Direito: os aportes necessários da Transdisciplinaridade. *In: Direitos Humanos e Novas Tecnologias*. ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). Direitos Humanos e Novas tecnologias. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015.

IIIUC. Instituto de Investigação Interdisciplinar. **Investigadores da UC desenvolvem estudo para a Força Aérea Americana sobre o impacto da exposição a nanopartículas de prata na saúde humana.**

Universidade de Coimbra. set. 2013. Disponível em:

https://www.uc.pt/iii/novidades/20130102/20130102/17-09-2013_2.

Acesso em: 23 mai. 2017.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Nanopartículas presentes em produtos causam danos ao meio ambiente. abr. 2009. Disponível em:

<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanopartículas-presentes-em-produtos-causam-danos-ao-meio-ambiente&id=010125090403#.XFYNgYfQjIU>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ISO – International Organization for Standardization. ISO/TC 229.

Nanotechnologies. Disponível em:

<https://www.iso.org/committee/381983.html>. Acesso em: 10 ago. 2017.

JACOBI, Marly Maldaner. El Admirable mundo Nano: Nanociencia y Nanotecnología. **Revista SLT Caucho: Industria y Tecnología en América Latina**, n. 4, ano 2014. Disponível em:

<https://issuu.com/sltc/docs/revista-sltcaucho-noviembre-2014?e=11688195/10108505>. Acesso em: 25 mai. 2017. p. 13.

JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC – Rio, 2006.

JONAS, Hans. **El principio de responsabilidad**: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Traducción Javier M^a Fernandez Retenaga. Herder Editorial: Barcelona, 2008.

JONAS, Hans. **Técnica, medicina e ética**: sobre a prática do princípio responsabilidade. São Paulo: Paulus Editora, 2013.

JONAS, Hans. **The Imperative of Responsibility**: in Search of an Ethics for the Tecnological Age. Translated by Hans Jonas with the collaboration of David Herr. The University of Chicado Press: United States of America, 1984.

KANT, Immanuel. **Fundamentação da metafísica dos costumes**. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

KANT, Immanuel. **Fundamentação da Metafísica dos Costumes**. Trad. Paulo Quintela. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2007.

KAINE, Stephen J.; KOELMANS, Albert A.; HORNE, Nina Horne; CARLEY, Stephen; HANDY, Richard D.; KAPUSTKA, Larry; NOWACK, Bernd; KAMMER, Frank von der. **Paradigms to Assess the Environmental Impact of Manufactured Nanomaterials**. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 31, n. 1, jan. 2012. Disponível em: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.733>. Acesso em: 04 abr. 2018.

KEITEL, Liane; PEREIRA, Reginaldo; BERTICELLI, Ireno Antônio. Paradigmas emergentes, conhecimento e meio ambiente. **Revista Ensino Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 1, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172012000100131&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 dez. 2017.

KÖLER, Graziela de Oliveira. As nanotecnologias e a responsabilidade civil prospectiva diante da temporalidade complexa. *In*: ENGELLMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (org.). **Direitos Humanos e Novas Tecnologias**. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

KUHN, Thomas S. **Qué son las revoluciones científicas?** y otros ensayos. Tradução de Antonio Beltrán. Barcelona: Paidós, 1989.

LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE PROCESSOS QUÍMICOS. **Portal**. Coimbra, 2007. Disponível em:

http://labvirtuaal.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2. Acesso em: 02 out. 2017.

LECLERQ, Jeanne-Becquart. Conflits pour l'environnement et decision collective. *In*: GOUZIEN, Annie; LOUARN, Patrick (Orgs).

Environnement et Politique. Constructions juridico-politiques et usages sociaux. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 1996.

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução Sandra Valenzuela. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

LEFF, Henrique. **Racionalidad Ambiental**: la reapropiación social de la naturaleza. Sigilo Veintiuno Editores: Mexico, 2004.

LEIPERT, Stefanie. **1931**: Físico alemão cria o microscópio eletrônico. Disponível em: <http://www.dw.com/pt-br/1931-físico-alemão-cria-microscópio-eletrônico/a-1136122>. Acesso em: 28 dez. 2017.

LEITE, Eduardo de Oliveira. O direito, a ciência e as leis bioéticas. *In*: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito**: Ciência da vida, os novos desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na sociedade de risco**. 2. ed. rev. atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2004.

LEITE, José Rubens Morato; GALBIATTI, Paula; BETTEGA, Belisa. O Estado de Direito para a Natureza: fundamentos e conceitos. *In*: **Estado de Direito Ecológico**: Conceito, Conteúdo e Novas Dimensões para a Proteção da Natureza. LEITE, José Rubens Morato; DINNEBIER, Flávia França (orgs.). São Paulo: O Direito por um Planeta Verde, 2017.

LEITE, José Rubens Morato; POPE, Kamila. **Sociedade de risco e consumo sustentável**. Disponível em: http://opac.cej.mj.pt/Opac/Pages/Document/DocumentCitation.aspx?UID=29b9f74f-b65a-4b78-9c6b-7584b3cacfd&DataBase=10351_BIBLIO. Acesso em: 29 mar. 2017.

LENZI, Cristiano Luis. **A sociologia sob o signo ecológico**: um estudo sobre modernização ecológica, desenvolvimento sustentável e a teoria

da sociedade de risco. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. p. 193-194. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/279919> Acesso em: 25 nov. 2017.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

LIPOVETSKY, Gilles. **O Império do efêmero**: a moda e seu destino nas sociedades modernas. Tradução Maria Lúcia Machado. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

LOPEZ, Teresa Ancona. Responsabilidade Civil na Sociedade de Risco. *In: Sociedade de Risco e Direito Privado*: desafios normativos, consumeristas e ambientais. São Paulo: Atlas, 2013.

LOURO, Henriqueta; BORGES, Tereza; SILVA, Maria João. Nanomateriais manufacturados: novos desafios para a saúde pública. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 31, jul./dez. 2013. Disponível em: https://ac.els-cdn.com/S0870902512000399/1-s2.0-S0870902512000399-main.pdf?_tid=8017860a-9fb6-4f97-8b92-d0b9f67e3f28&acdnat=1541291882_4cbe94d9ca7959f54249b5b062cbb927. Acesso em: 21 ago. 2018.

LUPTON, Deborah. **Risk**. Oxon: Routledge, 1999.

MACHADO, Jonathan D. **Cinco nanotecnologias que vão dominar o mundo**. Tecmundo, ago. 2011. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/12904-cinco-nanotecnologias-que-vao-dominar-o-mundo.htm>. Acesso em: 25 ago. 2017.

MACHADO, Jonathan D. **9 objetos cotidianos que usam nanotecnologia**. Tecmundo, mai. 2012. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/23661-9-objetos-cotidianos-que-usam-nanotecnologia.htm#ixzz2JHW9wVmx>. Acesso em: 23 jan. 2018.

MAMEDE, Juliana Maria Borges. Conhecimento Científico: Do Fenômeno à Essência. *In: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.)*.

CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008.

MANSOORI, G. Ali. **Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems**. New York: World Scientific. 2005.

MARIANI, Carolina F. **Ecotoxicologia**. Portal de Ecologia Aquática. Departamento de Ecologia – USP. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=419. Acesso em: 13 mai. 2018.

MARQUES, Fabrício. **Requisitos para a sobrevivência da indústria**. Pesquisa FAPESP. ed. 264, fev. 2018. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2018/02/030-035_industria_264.pdf. Acesso em: 03 abr. 2018.

MARQUES, José Roberto. **Lições preliminares de direito ambiental**. São Paulo: Editora Verbatim, 2010.

MARTINS, Patricia Santos; ENGELMANN, Wilson. Hans Jonas: o princípio responsabilidade, os limites da pesquisa (?) e as nanotecnologias. **Revista de Biodireito e Direitos dos Animais. Minas Gerais**, v. 1, n. 2, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://indexlaw.org/index.php/revistarbda/article/view/30>. Acesso em: 01 ago. 2018.

MARTINS, Paulo. **Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável**. Estudos Sociales, México, v. 17, n. 34, jul./dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000200012&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 16 jan. 2018.

MELO JR., Maurício Alves; SANTOS, Lucas Samuel Soares; GONÇALVES, Maria do Carmo; NOGUEIRA, Ana Flávia Nogueira. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química Nova** (online), vol. 35, n. 9, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n9/v35n9a30.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

METCALFE, C.; BENNETT, E.; CHAPPELL, M.; STEEVENS, J.; DEPLEDGE, M.; GOSS, G.; GOUDEY, S.; KACZMAR, S.; O'BRIEN, N.; PICADO, A.; RAMADAN, A.B.. Smarten: Strategic management and assessment of risks and toxicity of engineered nanomaterials. *In*: LINKOV, Igor; STEEVENS, Jeffery. **Nanomaterials: risks and benefits**. NATO Science for Peace and Security Series – C: Environmental Security. Dordrecht: Springer, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4020-9491-0.pdf>. Acesso em: mar. 2018.

MIGNOLO, Walter. **Históricas Locais, Projetos Globais**: colonialidade, saberes subalternos e pensamento liminar. Tradução Solange Ribeiro de Oliveira. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. **Nanotecnologia aplicada ao agronegócio**, 2018. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2018/04/16/NanotecnologiaNoAgronegocio.PDF>. Acesso em: 20 abr. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/convencao-da-diversidade-biologica.html>. Acesso em: 13 mai. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 13 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Princípio da Precaução**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/protexao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 13 mai. 2017.

MIRANDA, José Eduardo de; LIMA, Andréa Corrêa. 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. *In*: ENGELMANN, Wilson; HUPFFER, Haide Maria. **Impactos sociais e jurídicos das nanotecnologias**. Universidade do vale do Rio dos Sinos. Sao Leopoldo: Casa Leiria, 2017. Versão digital.

MIRRA, Álvaro Luiz Valery. Direito ambiental: o princípio da precaução e sua aplicação judicial. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 21, jan. 2001.

MORAES, Kamila Guimarães de; FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti; FERREIRA, Vanessa Rodrigues. A sociedade contemporânea: uma sociedade de risco. *In*: ARAGÃO, Maria Alexandra; LEITE, José Rubens Morato; FERREIRA, Jovino dos Santos; FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti. **Agrotóxicos**. A nossa saúde e o meio ambiente em questão – aspectos técnicos, jurídicos e éticos. Florianópolis, FUNJAB, 2012. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/23005/3736418_218117.pdf. Acesso em: 14 nov. 2017.

MORIN, Egdar. **Ciência com Consciência**. 13 ed. rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MORIN, Edgar. **O método 5: a humanidade da humanidade**. Porto Alegre: Sulina/Meridional, 2007.

MORIN, Edgar; HERN, Anne-Brigitte. **Terra-Pátria**. Traduzido por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 1995.

NANOWERK. **What are quantum dots?** Disponível em: https://www.nanowerk.com/what_are_quantum_dots.ph. Acesso em: 17 jun. 2018.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology**. 2001. Disponível em: <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

NEGRI, Antonio; HARTD, Michael. **Império**. Trad. Berilo Vargas. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

NODARI, Paulo César; PACHECO, Luiza de Azevedo. Responsabilidade e heurística do temor em Hans Jonas. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 19, n. 3, set./dez., 2014. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/2852>. Acesso em: 02 ago. 2018.

OECD. **Nanomaterials in Waste Streams: Current Knowledge on Risks and Impacts**. OEDC Publishing: Paris. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/nanomaterials-in-waste-streams_9789264249752-en#page5. Acesso em: 26 mar. 2018.

OECD Observer. **Growing green agriculture**. Disponível em: http://oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/4293/Growing_green_agriculture.html. Acesso em: 15 mar. 2018.

OLHARNANO. **Entenda a microscopia de força atômica**. O universo ao seu alcance (AFM). Disponível em: [http://www.olharnano.com/artigos/4001/191001/Entenda-a-microscopia-de-força-atômica-\(AFM\)](http://www.olharnano.com/artigos/4001/191001/Entenda-a-microscopia-de-força-atômica-(AFM)). Acesso em: 11 jan. 2018.

OLIVEIRA, Cauê Ribeiro de; *et al.* Relatório de Atividades do Grupo de Trabalho em Mercado. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia organizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2010. apud ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e a gestão interdisciplinar da inovação. *In: Direitos Humanos e Novas Tecnologias*. ENGELMANN, Wilson; WITTMANN, Cristian (orgs.). Direitos Humanos e Novas tecnologias. Jundiaí: Pacto Editorial, 2015.

OZIN, Geoffrey A.; ARSENAULT, André C. **Nanochemistry: a chemical approach to nanomaterials**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005.

PARDO, José Esteve. **O desconcerto do Leviatã: política e direito perante as incertezas da ciência**. LEITE, José Rubens Morato (coord.). Traduzido por Flávia França Dinnebier, Giorgia Sena Martins. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2015.

PASSOS, José Joaquim Calmon de. **O risco na sociedade moderna e seus reflexos na teoria da responsabilidade civil e na natureza jurídica do contrato de seguro**. Jus Navigandi, Teresina, ano 7, n. 57, jul. 2002. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/2988/o-risco-na-sociedade-moderna-e-seus-reflexos-na-teoria-da-responsabilidade-civil-e-na-natureza-juridica-do-contrato-de-seguro> Acesso em: 05 nov. 2017.

PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, v.

33, n. 2, 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n2/33.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.

PAZZINI, Bianca; SPAREMBERGER, Raquel Fabiana Lopes. O ambiente na Sociedade do Risco: possibilidades e limites do surgimento de uma nova cultura ecológica. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Belo Horizonte, v. 8, n. 16, abr. 2011. Disponível em:

<http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/214/189>. Acesso em: 20 jan. 2018.

PEREIRA, Marcos Roberto. A possibilidade e a necessidade de resgate da perspectiva ético- científica. *In*: SANTOS, Maria Celeste Cordeiro Leite (org.). **Biodireito: Ciência da vida, os novos desafios**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001.

PEREIRA, Marlene de Paula. Direito ambiental e nanotecnologia: implicações éticas, sociais e jurídicas. **Revista jurídica Unijus**, vol. 11, n. 14. Uberaba: Uniube, 2008.

PEREIRA, Reginaldo. **A democracia e sua reinvenção para processos decisórios sobre os riscos da nanotecnologia**. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Programa de Pós-graduação em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

PICOU, Steven j.; GILL, Duane A. The Exxon Valdez Disaster as Localizes Environmental Catastrophe: Dissimilarities to Risk Society Theory. *In*: COHEN, Maurie J. **Risk in the Modern Age**. Social Theory, Science and Environmental Decision-Making. New York: Oxford University, 2000.

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M.. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 7, 2015. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000700957&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 nov.2017.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

PUC-RIO. **Nanotecnologia**. Introdução. Disponível em: http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_introducao.asp. Acesso em: 12 nov. 2017.

PUC-RIO. **Nanotecnologia**. Curiosidades. Disponível em: http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_curiosidades.asp. Acesso em: 12 nov. 2017.

PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. **Nanotecnociência e Humanidade**. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2016.

QUARESMA, Alexandre. **Nanotecnologias: Zênite ou Nadir?** Rio de Janeiro: Editora Escriba, 2010.

QUINA, Frank H.. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000600031&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 nov. 2017.

RATNER, Mark; RATNER, Daniel. **Nanotechnology: a gentle introduction to the next big area**. Disponível em: http://materialrulz.weebly.com/uploads/7/9/5/1/795167/nanotechnology_a_gentle_introduction_to_the_next_big_idea.pdf. Acesso em: mar. 2018.

REALE JR., Miguel. **Teoria do Delito**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

RIFKLIN, Jeremy. **O século da biotecnologia: a valorização dos genes e a reconstrução do mundo**. São Paulo: Makron Book, 1999.

ROCHA, Leonel Severo; CARVALHO, Délton Winter de. Policontextualidade e direito ambiental reflexivo. *In: Revista Sequência: estudos jurídicos e políticos*, n. 53. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2006.

ROCHA, Leonel Severo. Transdisciplinaridade e Direito. *In: SOUZA, Ielbo Marcus Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. Transdisciplinaridade e Universalidade uma proposta em construção*. São Leopoldo: Unisinos, 2003.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. São Paulo: Cortez, 2006.

SANTOS, Laymert Garcia dos. **Politizar as novas tecnologias**: o impacto sociotécnico da informação digital e genética. São Paulo: Editora 34, 2003.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista da Faculdade de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais**, n. 69, jul./dez., 2016, Belo Horizonte.

Disponível em:

<https://www.direito.ufmg.br/revista/index.php/revista/article/view/1798/1708>. Acesso em: 03 mai. 2018.

SANTOS, Robinson dos. **O problema da técnica e a crítica à tradição na ética de Hans Jonas**. Disponível em:

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/dissertatio/article/viewFile/8804/5813>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

SANTOS, Robinson dos. Responsabilidade e consequencialismo na ética de Hans Jonas. **Revista de Filosofia Aurora**, v. 24, n. 35, jul./dez., 2012. Disponível em:

http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/filosofia_artigos/robinson_responsabilidadehansjonas.pdf. Acesso em: 15 abr. 2018.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

SARTORI, Ivan Ricardo Garisio. Células Tronco. O direito. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 10, n. 781, ago. 2005. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/7186/celula-tronco-o-direito>. Acesso em: 21 mar. 2017.

SCAVOLINI, Francisco. Dolly e os embriões humanos. **Revista Jurídica Consulex**, ano VIII, n. 180, jul. 2004.

SERRES, Michel. **O Contrato Natural**. Tradução de Serafim Ferreira. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

SGANZERLA, Anor. O sujeito ético em Hans Jonas: os fundamentos de uma ética para a civilização tecnológica. *In*: SANTOS, Robinson dos; OLIVEIRA, Jelson; ZANCANARO, Lourenço (org.). **Ética para a civilização tecnológica**: em diálogo com Hans Jonas. São Paulo: São Camilo, 2011.

SGANZERLA, Anor. Responsabilidade. *In*: OLIVEIRA, Jelson; MORETTO, Geovani; SGANZERLA, Anor. **Vida, Técnica e Responsabilidade**: Três Ensaios Sobre a Filosofia de Hans Jonas. São Paulo: Paulus Editora, 2015.

SGANZERLA, Anor; VALVERDE, Antonio José Romera; FALABRETTI, Ericson. **Natureza humana em movimento**: ensaios de antropologia filosófica. São Paulo: Paulus Editora, 2012.

SHULTE, Paul A.; SALAMANCA-BUENTELHO, Fabio. Ethical and scientific issues of nanotechnology in the workplace. **Ciência Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 5, set./out., 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000500030>. Acesso em: 01 set. 2017.

SHVEDOVA, Anna; CASTRANOVA, Vincent; KISIN, Elena; SCHWEGLER-BERRY, Diane; MURRAY, Ashley; GANDELSMAN, Vadim; MAYNARD, Andrew; BARON, Paul. Exposure to Carbon Nanotube Material: Assessment of Nanotube Cytotoxicity using Human Keratinocyte Cells. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, part A, vol. 66, ano 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713853956>. Acesso em: 12 mai. 2017.

SILVA, Cylon Gonçalves da. **O que é nanotecnologia?** Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SILVA, De Plácido e. **Vocabulário jurídico**. 28. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2010.

SILVA, José Antônio Parente da. A Ciência do Direito: Uma Visão Epistemológica. *In*: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008.

SILVA, Marise Borba da. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. **Revista Impulso**, Piracicaba, v.14, n.35, set. 2003.

SILVA, Reinaldo Pereira e. **Biodireito**: a nova fronteira dos direitos humanos. São Paulo: LTr, 2003.

SOARES, Edmilson R. **Nanotecnologia e impactos à saúde humana**. Disponível em:
<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA7yUAF/nanotecnologia-impactos-a-saude-humana?part=4>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SOCIAALECONOMISCHE RAAD. **Nanoparticles in the Workplace: Health and Safety Precautions**. Haia, 2009. Disponível em:
https://www.ser.nl/~media/Files/Internet/Talen/Engels/2009/2009_01/2009_01.ashx. Acesso em: 15 nov. 2017.

STEINMETZ, Maiquel. **Nanotecnologia**. Disponível em:
www.unibratec.com.br/jornadacientifica/diretorio/FEEVALEMS.pdf. Acesso em: 16 abr. 2017.

STOPPA, Tatiana; VIOTTO, Thaís Boonem. Antropocentrismo x Biocentrismo: um embate importante. *In*: **Revista Brasileira de Direito Animal**, v. 9, n. 17, 2014. Disponível em:
<<https://portalseer.ufba.br/index.php/RBDA/article/view/12986>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

SUPIOT, Alain. **O Espírito de Filadélfia: a justiça social diante do mercado total**. Tradução de Tânia do Valle Tschiedel. Porto Alegre: Editora Sulina, 2015.

TAMBOSI, Orlando. **A cruzada contra as ciências: quem tem medo do conhecimento?** Florianópolis: Editora da UFSC, 2010.

TELLES, José Luiz. Bioética, Biotecnologias e Biossegurança: Desafios para o século XXI. *In*: VALLE, Silvio; TELLES, José Luiz. **Bioética e biorrisco**: abordagem transdisciplinar. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

TERZANO, C.; DI STEFANO, F.; CONTI, V.; GRAZIANI, E.; PETROIANNI, A. Air pollution ultrafine particles: toxicity beyond the lung. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, v. 14, 2010. Disponível em: <https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/824.pdf>. Acesso em: fev. 2018.

TORRES, Leonardo Araújo; TORRES, Rodrigo Araújo. Direito Ambiental Brasileiro: surgimento, conceito e hermenêutica. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 17, n. 3248, mai. 2012. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/21836>. Acesso em: 03 abr. 2017.

TOYNBEE, Arnold. **A Humanidade e a Mãe Terra**: uma história da narrativa do mundo. Trad. Helena Mara Camacho Martins. 2 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

THE ROYAL SOCIETY. **Nanoscience and nanotechnologies**: opportunities and uncertainties, jul. 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 15 nov. 2017.

TROCHE, Karla S. **Estudo estrutural e eletrônico de fulerenos e diamantóides encapsulados em nanotubos de carbono**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin. Campinas, 2007.

VANCE, Marina. E.; KUIKEN, Todd, VEJERANO, Eric. P., MCGINNIS, Sean P.; HOCELLA JR., Michael F.; REJESKI, David; HULL, Matthew S. **Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory**. Beilstein Journal of Nanotechnology, v. 6, aug. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3762/bjnano.6.181>. Acesso em: 25 nov. 2017.

VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinete de. O Risco, os riscos. *In*: VEYRET, Yvette (org.). **Os riscos**: o homem como agressor

e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.

UMWELT BUNDES AMT – UBA. Germany Federal Environment Agency. **Nanotechnology**: opportunities and risks for humans and the environment. Background Paper. 2006. Disponível em: www.technologylawsources.com/files/2009/10/Nanotechnology-Opportunities-and-Risks-for-Humans.pdf. Acesso em: 23 fev. 2018.

VIEIRA, Tereza Rodrigues. **Bioética e Direito**. São Paulo: Jurídica Brasileira, 1999.

VOIGT, Christina. Integration and ecological integrity. *In*: **Rule of Law for Nature: New Dimensions and Ideas in Environmental Law**. Edited by Christina Voigt. Cambridge University Press, 2013.

WIKIPEDIA. **Unidades de comprimento**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_comprimento. Acesso em: 20 nov. 2017.

WOLKMER, Antônio Carlos. Introdução aos Fundamentos de uma Teoria Geral dos “Novos” Direitos. *In*: WOLKMER, Antônio Carlos; LEITE, José Rubens Morato (org.). **Os “novos” direitos no Brasil**. Natureza e perspectivas – uma visão básica das novas conflituosidades jurídicas. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

XIMENES FILHO, Élder. A cientificidade do Direito. *In*: VASCONCELOS, Arnaldo (coord.). CAMPOS, Maria Neves Feitosa; LIBERATO, Gustavo Tavares C. **Temas de epistemologia jurídica**. vol. I. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2008.

ZANCANARO, Lourenço. A ética da responsabilidade com o futuro: uma dimensão pedagógica. *In*: BARCELOS, Valdo; NOAL, Fernando Oliveira (orgs.). **Educação ambiental e cidadania** – cenários brasileiros. Santa Cruz do Sul: Editora Edunisc, 2003.

ZANELLA, Ivana; FAGAN, Solange B. Nanotecnologia: a escala nanométrica e a interdisciplinaridade. *In*: ENGELMANN, Wilson. **Seminário nanotecnologias**: um desafio para o Século XXI. São Leopoldo: Casa Leira, 2010.

ZURER, R.A. **Nanoparticles accumulate in the food chain**. Chemical & Engineering News, december 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/cen/news/88/i51/8851news.html>. Acesso em: 17 jan. 2018.