

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO E DOUTORADO EM DIREITO**  
**MESTRADO ACADÊMICO**

**ANA PAULA LUCIANO**

**A RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL FRENTE AOS RISCOS SOCIAIS,  
AMBIENTAIS E LABORAIS ASSOCIADOS À NANOTECNOLOGIA**

**CAXIAS DO SUL**

**2020**

**ANA PAULA LUCIANO**

**A RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL FRENTE AOS RISCOS SOCIAIS,  
AMBIENTAIS E LABORAIS ASSOCIADOS À NANOTECNOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eduardo Malinverni da Silveira

**CAXIAS DO SUL**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

L937r Luciano, Ana Paula

A responsabilidade civil ambiental frente aos riscos sociais,  
ambientais e laborais associados à nanotecnologia / Ana Paula Luciano.  
– 2020.

148 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa  
de Pós-Graduação em Direito, 2020.

Orientação: Clóvis Eduardo Malinveni da Silveira.

1. Direito ambiental. 2. Responsabilidade (Direito). 3.  
Nanotecnologia. 4. Prevenção (Direito). 5. Abuso de direito. I. Silveira,  
Clóvis Eduardo Malinveni da, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 349.6

Catálogo na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Michele Fernanda Silveira da Silveira - CRB 10/2334



**“A RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL FRENTE AOS RISCOS SOCIAIS,  
AMBIENTAIS E LABORAIS ASSOCIADOS À NANOTECNOLOGIA”**

**Ana Paula Luciano**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Direito, Área de Concentração: Direito Ambiental e Sociedade.

Caxias do Sul, 13 de abril de 2020.

Prof. Dr. Clóvis Eduardo Malinverni da Silveira (orientador)  
Universidade de Caxias do Sul

Dr. Wilson Engelmann  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Dr. Aírton Guilherme Berger Filho  
Universidade de Caxias do Sul

Dra. Cleide Calgaro  
Universidade de Caxias do Sul

## AGRADECIMENTOS

Quero dizer muito obrigada a Ana Paula por ser perseverante, lutadora sempre buscando conhecimento e aprendizagem.

Ao sol da minha vida, minha força e riqueza, meu filho Arthur, pelo amor incondicional, paciência e incentivo que nos envolve em um laço de amor eterno e verdadeiro.

Ao meu companheiro Mauro, pela atenção, calma, apoio nos momentos mais difíceis, sempre me encorajando a continuar e a não desistir dos meus sonhos, e pelo pai amoroso e atencioso que és.

A minha colega Advogada Doriane Zilio, pela amizade, cumplicidade, compreensão e por estar a frente no escritório APL Advocacia Trabalhista e Previdenciária no momento de minha ausência.

A amiga querida Ioli Lazzari que nos momentos de procrastinação e quando estava sem confiança em mim mesma estava lá para “puxar minhas orelhas”.

Ao Prof. Dr. Clóvis Eduardo Malinverni da Silveira, por ter aceitado o desafio, aos 45min do segundo tempo, da orientação, pela atenção, compreensão, motivação, acreditando no tema do presente trabalho e, claro, pela valiosa amizade que foi evoluindo no decorrer do mestrado. Com sua generosidade, foi possível a conclusão dessa jornada.

A todos os colegas, pelos apoios, debates, que de alguma forma contribuíram com meu crescimento, pelo convívio e não esquecendo das muitas risadas.

Aos funcionários do PPGDIR da UCS, pela atenção, cordialidade e simpatia.

Aos professores do PPGDIR da UCS, por suas disponibilidades, empenhos, incentivos e pela aquisição de experiências na defesa do meio ambiente. Por serem bravos lutadores em um mundo desacreditado.

Aos professores que participaram da minha banca, contribuindo com o enriquecimento do trabalho.

Ao Mauro, pelo apoio, compreensão e companheirismo.  
Ao Arthur por encher minha vida de alegria e amor incondicional.

## RESUMO

O presente estudo traz como objeto central a Nanotecnologia, uma das mais espetaculares possibilidades de aplicação tecnológica do século XXI que, não obstante, traz consigo riscos das mais diversas naturezas, para o meio ambiente de amplitude a flora e fauna, quando há modificação genética, possíveis efeitos tóxicos para o corpo humano, sobre os quais não há certezas científicas. O objetivo da presente Dissertação foi o de investigar se a responsabilidade civil ambiental, no atual estágio de evolução no sistema jurídico brasileiro, atrelada ao princípio da precaução seria capaz de produzir segurança suficiente em face aos riscos inerentes às inovações baseadas em nanotecnologia. Segurança essa no sentido de reparação dos eventuais danos causados ao meio ambiente como foco principal. Todavia, no decorrer da investigação viu-se a necessidade de trazer de forma superficial os impactos que as nanotecnologias poderiam causar nas relações de consumo e aos trabalhadores, pois todas acabam desembocando nas relações ambientais. Na investigação dos impactos dos riscos, nocivos ou não, da nanotecnologia conclui-se que a responsabilidade civil ambiental não é capaz de garantir ao meio ambiente, trabalhadores e nas relações de consumo, reparações dos danos resultantes do manejo dessas tecnologias. A existência de um mecanismo reparatório não tem o condão de responder pela segurança em face da utilização dessas tecnologias, pois a responsabilização somente ocorrerá se houver dano e nexos de causalidade identificáveis. Contudo ajustar o dano e nexos causais, quando tratamos de nanotecnologia, foram dados que a pesquisa se mostrou de difícil ligação. O Princípio da Precaução pode ser utilizado, na esfera administrativa, para o desenvolvimento de métodos mais eficazes de gestão de riscos. Já na esfera judicial, esse princípio poderá auxiliar na flexibilização da prova do dano e do nexos de causalidade. A metodologia utilizada para a presente investigação foi a realização de pesquisa bibliográfica exploratória, de pesquisa de legislação e de dados na literatura especializada. O método adotado foi o analítico, buscando no sistema jurídico as possibilidades de solução para os riscos associados à nanotecnologia.

**Palavra-chave:** Nanotecnologia. Responsabilidade Civil Ambiental. Princípio da Precaução. Direito e Risco. Abuso do Direito.

## ABSTRACT

The present dissertation brings as main objective the nanotechnology, one of the most spectacular possibilities of technological application of the 21st century; which nevertheless carries risks of various kinds, such as possible toxic effects for the human body and for the environment, about which there are no scientific certainties. The objective of this study was to investigate whether environmental civil liability, in the current stage of evolution in the Brazilian legal system, produces sufficient security in spite of the risks inherent to innovations based on nanotechnology, in order to ensure the repair of eventual damages to consumers, workers and to the environment. The methodology used for the present investigation was to carry out exploratory bibliographic research, legislation and data research in the specialized literature. The method adopted was analytical, seeking in the legal system the possibilities of solution to the risks associated with nanotechnology. It is concluded that the environmental liability is not able to guarantee the safety of workers, consumers and of the environment, through the repair of damages resulting from the management of these technologies. The existence of a reparatory mechanism is not capable of being responsible for safety of these technologies, because accountability will only occur if there is identifiable damage and causal link. Precautionary principle can be used, at the administrative level, to develop more effective risk management methods. In the judicial sphere, this principle may assist in making the proof of damage and the causal link more flexible.

**Keywords:** Nanotechnology. Environmental liability. Precautionary principle. Law and Risk. Abuse of Rights.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala comparativa entre o mundo nano e o macro.....	19
Figura 2: Remoção do vírus HIV do DNA de cobaias .....	23
Figura 3: Embalagem ativa e inteligente .....	32
Figura 4: Película de alimento .....	33
Figura 5: Pó de carbono.....	40
Figura 6: Nanopartículas e exposição.....	41
Figura 7: Esquema representativo das várias aplicações da nanotecnologia.....	46
Figura 8: Benefícios e os efeitos nocivos associados às nanotecnologias.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CF	Constituição Federal
CIN	Centro de Informática
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO2	Dióxido de carbono
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPC	Código de Processo Civil
<i>CRISPR</i>	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats</i>
CTNano	Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FDNano	Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia
IBN	Instituto Brasileiro de Neuromarketing
LINDB	Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PIACT5	Programa Internacional para Melhora das Condições e Meio Ambiente do Trabalho
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNN	Programa Nacional de Nanotecnologia
PPGDir	Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de
STF	Supremo Tribunal Federal
UCS	Universidade de Caxias do Sul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>NANOTECNOLOGIAS E RISCO: O DIREITO DIANTE DE UMA TECNOLOGIA REVOLUCIONÁRIA E DESCONHECIDA.....</b>	<b>16</b>
2.2	IMPACTO DA NANOTECNOLOGIA .....	24
2.3	MEIO AMBIENTE DO TRABALHO E A NANOTECNOLOGIA .....	37
2.4	AS VANTAGENS, DESVANTAGENS DA NANOTECNOLOGIA.....	42
2.5	A VISÃO DA SOCIOLOGIA .....	56
2.6	NANOTECNOLOGIA NA ATUAL SOCIEDADE DE RISCO: CONSEQUÊNCIAS DA MODERNIDADE.....	63
2.7	RISCO E MODERNIDADE .....	71
2.8	O ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO FACE AOS RISCOS ASSOCIADOS ÀS NANOTECNOLOGIAS E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO...	81
<b>3</b>	<b>O ALCANCE DA RESPONSABILIDADE CIVIL FACE AOS RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS: ENTRE REPARAR E PRECAVER .....</b>	<b>91</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS EVOLUTIVAS SOBRE O INSTITUTO.....	92
3.2	EVOLUÇÃO DA RESPONSABILIDADE CIVIL E TEORIA DO RISCO.....	96
3.3	RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL.....	107
3.4	DIFICULDADES DO NEXO CAUSAL NA RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL.....	116
3.5	RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL E OS DESAFIOS DA NANOTECNOLOGIA .....	119
3.6	RISCOS ECOLÓGICOS E APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO.....	122
3.7	CRITÉRIOS PARA A APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO MEIO AMBIENTE, NAS RELAÇÕES DE CONSUMO E NO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO.....	128
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>133</b>
	REFERÊNCIAS .....	138

## 1 INTRODUÇÃO

O Meio Ambiente e a Responsabilidade Civil, em sua interação, constituem um campo desafiador à investigação teórica produzindo notáveis reflexos na aplicação do Direito. As transformações são profundas e contribuem para destacar os sinais de mudanças na história, com único fim de proteger o meio ambiente.

Tomando contexto das vantagens e das preocupações vindas do avanço tecnológico frente ao meio ambiente, está sendo proposta uma reflexão sobre a protagonista: a Nanotecnologia. O tema enfrentado, considerando a evolução da sociedade (modernidade) e da tecnológica nas mais diversas áreas, está especificamente, para a presente dissertação, a nanotecnologia, ou seja, tecnologia em escala nanométrica e como precaver os reflexos nocivos, em relação ao meio ambiente e à saúde humana.

Tal como acontece com outras novas tecnologias, a nanotecnologia evoca entusiasmo e grandes expectativas: de um lado, estão previstos o progresso da ciência e tecnologia, novas aplicações produtivas e ganho econômico potencial; por outro lado, existem preocupações sobre os riscos e efeitos colaterais imprevistos. É justamente pelas expectativas de impacto sobre o ser humano, seu corpo, em seu meio e sua sobrevivência que ela é tomada como revolucionária, e é por levantar a questão da condição humana e do meio ambiente que o debate nessa seara adquire tamanha importância.

O desenvolvimento dessa tecnologia deve despertar a atenção dos juristas, pois se refere a um novo tema no Direito que não há regulação específica no Brasil, sendo tratada e apreciada pelos operadores do Direito apenas com analogia de outras legislações existentes. Os efeitos da nanotecnologia são amplos, tanto que não há conhecimento total das suas consequências (positivas ou negativas) nos produtos fabricados como automóveis, vestuário, alimentos, cosméticos, agricultura, medicamentos, celulares, nos seres humanos e nem no meio ambiente.

Com efeito, tendo em conta a falta de legislação, enfrentamos o seguinte problema: a responsabilidade civil ambiental, no seu estágio atual de evolução doutrinária, com aporte do princípio de precaução em sede jurisdicional é capaz de reparar os potenciais danos e, com isso, mitigar os riscos ecológicos e sanitários, ainda pouco conhecidos, que podem ser associados à nanotecnologia?

Nesse sentido para responder ao problema, constrói-se a hipótese principal entrelaçada às hipóteses secundárias desta dissertação nos impondo a dúvida se a responsabilidade civil ambiental seria o instituto jurídico adequado para a proteção aos danos futuros, bem como se

princípio da precaução, aliado à responsabilidade civil objetiva, teria o condão de assegurar um meio ambiente ecologicamente equilibrado e possível de reparação.

A importância de estabelecermos um marco regulatório às nanotecnologias está no instituto da responsabilidade civil moldar-se para essa nova tecnologia buscando uma proteção jurídica ao meio ambiente e à dignidade da pessoa humana frente à presente e às futuras gerações. A evolução da responsabilidade civil em conjunto com o princípio da precaução será justamente para limitar a sua extensão nos efeitos nocivos e do lapso temporal dos danos causados na sociedade.

A questão da responsabilidade civil se estabelece como uma perspectiva de como a sociedade lida com as consequências dos riscos das novas tecnologias. A investigação está baseada no plano legal e se fará dentro das linhas histórico-evolutivas, possibilitando uma compreensão jurídica e política, o que facilitará uma abordagem da matéria.

O presente estudo não leva em consideração somente o instituto da responsabilidade civil como instrumento de tutela, mas, também, o princípio da precaução do meio ambiente e da saúde humana. O princípio da precaução está analisado dentro das fontes do Direito pátrio em uma investigação breve, fazendo uma abordagem dos elementos risco, incerteza científica e dano. A abordagem do princípio da precaução será de forma crítica e focada no plano jurisdicional, com o objetivo de evitar os riscos de dano ao meio ambiente e à saúde humana.

No transcorrer da presente dissertação, viu-se a necessidade de descrever os efeitos da nanotecnologia e o meio ambiente do trabalho com o fim específico de alertar sobre os possíveis malefícios que os funcionários das empresas, primeiros a estarem expostos, e para os quais a comprovação de possível acidente do trabalho, devido à contaminação do corpo, será, atualmente, impossível de detectar e comprovar.

Enfim, para possibilitar a investigação e a construção do presente trabalho, esta dissertação foi dividida em três partes, a seguir descritos:

O Capítulo 1 aborda a nanotecnologia e sua relação com a realidade ao seu redor, tanto no que diz respeito à sua disseminação de uso quanto aos seus riscos e benefícios para o desenvolvimento social e tecnológico. Ainda, traz a relação entre a nanotecnologia e o princípio da precaução em uma sociedade de risco, já que ela também traz a existência de riscos. O objetivo subjacente às seções é compreender e discutir o problema dos riscos derivados da nanotecnologia sob o ponto de vista jurídico, evidenciando o papel do direito face ao desafio de geri-los ou evita-los, conforme o caso.

O Capítulo 2 trata da responsabilidade civil, aludindo seu conceito, histórico evolutivo e como se constituiu a sua compreensão, trazendo também a noção de dano, a relação do

princípio da precaução e o entrelaçamento da relação entre o agente e o nexo de imputação. O objetivo aqui é problematizar se o instituto da responsabilidade civil é o mais adequado para a proteção de eventuais danos causados pelas nanotecnologias ao meio ambiente, à sociedade e para ao meio ambiente do trabalho, discutindo o alcance do instituto face à necessidade de precaver riscos pouco conhecidos.

Por fim, as Considerações Finais apresentam os desafios que a nanotecnologia impõe ao Direito Pátrio observando o cenário atual de globalização e seus riscos, além de evidenciar as evoluções sociais e científicas com base nos estudos doutrinários como o instituto da responsabilidade civil e do princípio da precaução.

## **2 NANOTECNOLOGIAS E RISCO: O DIREITO DIANTE DE UMA TECNOLOGIA REVOLUCIONÁRIA E DESCONHECIDA**

Tendo como tema as nanotecnologias, tecnologias que operam na escala nanométrica, utilizadas em diversas áreas (cosmética, farmacêutica, vestuário, agricultura etc.), podemos afirmar que o futuro é amanhã. Os benefícios que essa recente inovação pode trazer à sociedade global são eminentemente ilimitados, mas é fundamental ter o conhecimento do que essa tecnologia engloba. Para tanto, abordaremos sua evolução histórica e classificação. Embora longe de realizar todo o seu potencial, as nano partículas, em pouco tempo, serão necessárias à aplicação de soluções em diversos campos para nossa sobrevivência. Contudo, essa tecnologia incrível permeia diversas áreas do conhecimento, mas seus efeitos *a posteriori* não são conhecidos e poderão variar de benéficos a nocivos em um piscar de olhos em relação ao ser humano e ao meio ambiente.

No presente capítulo, propomos a discussão dos impactos da nanotecnologia no meio ambiente, nas relações de consumo e, de forma concisa, sobre o meio ambiente do trabalho. Trataremos das vantagens e desvantagens das nanotecnologias para a humanidade, como a sociedade de risco contribuiu para o surgimento dos riscos, qual a posição do ordenamento jurídico brasileiro face aos riscos, a probabilidade de danos das nanotecnologias e como o princípio da precaução contribuí para a redução ou para o agravamento das circunstâncias pouco conhecidas desse princípio.

### **2.1 HISTÓRIA, CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO**

A evolução industrial que acompanha a História carrega consigo o legado da degradação ambiental. O avanço primou pelo desenvolvimento social e econômico, tratando a tecnologia como uma aliada ao poderio do homem diante da sociedade e da sua posição de destaque frente aos ganhos financeiros.

Uma das inserções do pensamento tecnológico está aliada ao desenvolvimento do meio ambiente buscando a compreensão dos danos causados pelo homem e de como a relação entre ele e o meio poderia ser realizada de forma menos nociva, preservando a integridade e aliando a um desenvolvimento sustentável. A pesquisa pela criação de tecnologias que pudesse favorecer o processo de desenvolvimento sustentável, procurando a redução dos impactos ambientais negativos nos processos de crescimento social do homem, foi fundamental ao longo da história, evidenciando a necessidade de que a natureza seja um alvo

da busca de aprimoramento do homem através da inserção de ferramentas tecnológicas nos meios de produção industrial ou de vivência de forma a diminuir a geração de resíduos e de corrigir o descarte desses no ambiente. Pinelli nos traz um exemplo das necessidades ambientais representadas pelo advento da tecnologia:

#### **Despoluição de águas**

Na área ambiental, destaque para o tratamento de águas por meio da técnica que utiliza bolhas minúsculas, muito menores do que aquelas que conseguimos enxergar em refrigerantes. As chamadas nanobolhas liberam uma corrente estática capaz de atrair bactérias e metais. Radicais livres também são liberados e ajudam a destruir vírus presentes no ambiente. O lago de El Cascajo, no Peru, apresentou melhorias em poucos meses ao combinar o uso de nanobolhas ao de biofiltros, atraindo novamente aves e peixes para a região.

#### **Melhoria na capacidade de conversão do CO<sub>2</sub>**

Estudos para a produção de “plantas biônicas” também têm avançado nos últimos tempos. Além de expandir a capacidade de fotossíntese dos vegetais, permitindo a maior conversão de CO<sub>2</sub> em oxigênio, eles podem ajudar a detectar a presença de gases nocivos e poluentes no ambiente.

#### **Menor uso de pesticidas na agricultura**

“Encapsular os próprios pesticidas em uma escala nano é algo promissor para a agricultura e para a própria natureza. Isso porque uma quantidade diminuta da substância garantirá a mesma funcionalidade, reduzindo o uso de água e oferecendo mais segurança às pessoas que trabalham na sua aplicação”, esclarece Leandro.<sup>1</sup>

A procura por uma evolução tecnológica que contemplasse o desenvolvimento do homem e o cuidado com o meio ambiente do qual ele depende resultou na exploração de diversas formas de meios tecnológicos. Um deles é a busca por tecnologia eficaz aplicada a objetos de pequena escala.

Importante destacar o conceito de nano segundo o relatório de *The Royal Society & The Royal Academy of Engineering*, de julho de 2004.<sup>2</sup> A **Nanociência** é o estudo de fenômenos e a manipulação de materiais em escala atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades nessa dimensão diferem da escala de grandes dimensões. Já quando o termo é nanotecnologia, ela engloba um largo espectro de ferramentas, técnicas e aplicações em potencial, nas mais diferentes áreas (química, física, engenharia, medicina) preferem utilizar o termo **Nanotecnologias**. Entende-se por nanotecnologias o *design*, a caracterização,

<sup>1</sup> PINELLI, Natasha. Seis benefícios que as nanopartículas podem trazer para a humanidade: a tecnologia que chega a trabalhar em dimensões mil vezes menores que a de um glóbulo sanguíneo pode revolucionar o futuro. *Galileu*, [s.l.], p. 1-4, 26 nov. 2016. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Saude/noticia/2016/10/6-beneficios-que-nanoparticulas-podem-trazer-para-humanidade.html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>2</sup> *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, report by The Royal Society Academy of Engineering*. 2004. Disponível em: <http://www.nanotec.org.uk/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

produção e aplicação de estruturas, dispositivos a partir do controle da forma e tamanho em escala manométrica.

De todos os conceitos de nanotecnologia existentes, importante destacar os do Comitê Técnico ISO 229<sup>3</sup>, que a define como: (i) compreensão e controle da matéria e processos em escala nanométrica e (ii) utilização de propriedades dos materiais em nanoescala, a qual difere da escala dos átomos, das moléculas e da matéria a granel, para a criação de melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram estas novas propriedades.

Logo, a nanotecnologia é a capacidade de manipular átomos e moléculas a ponto de construir um determinado material átomo a átomo, dando a esse material as características e propriedades que nos forem convenientes e que não são observadas em escala macro. A respeito do tema, Bastos trouxe o panorama histórico que sustenta o início da descoberta dessa forma de evolução tecnológica:

No dia 29 de Dezembro de 1959, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, o pesquisador Richard P. Feynman deu uma palestra no encontro anual da American Physical Society. Sua apresentação se tornou um artigo científico clássico no século XX, chamado “There’s Plenty of Room at the Bottom”. Ele apresentou uma visão tecnológica de miniaturização extrema vários anos antes da palavra “chip” fazer parte do nosso vocabulário e também falou sobre as dificuldades de se manipular e controlar objetos de pequena escala. Extrapolando as leis físicas conhecidas, Feynman visualizou uma tecnologia capaz de construir nano-objetos átomo por átomo, molécula por molécula. A partir dos anos 80, várias invenções e descobertas na fabricação de nano-objetos provaram que a visão de Feynman fazia algum sentido. Em reconhecimento a essa nova realidade, o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia da Casa Branca criou em 1998 o “Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology”. A partir do ano 2000 ficou mais evidente a importância dada pelo governo norte-americano à pesquisa das nanociências quando foi aprovada para o orçamento de 2001 a ambiciosa quantia de 497 milhões de dólares (Bushan, 2004) para investimentos no “National Nanotechnology Initiative” (NNI), tornando-a prioridade como uma ciência de alta tecnologia. O objetivo desta iniciativa era formar uma coalizão na qual o setor privado e o governo federal trabalhariam juntos no sentido de acelerar o desenvolvimento da nanociência e nanoengenharia para alcançar potenciais benefícios econômicos e sociais.<sup>4</sup>

Segundo Bastos,<sup>5</sup> a inserção de uma tecnologia que investigasse expandir o conhecimento sobre as partículas menores veio como uma forma de aproveitar os benefícios,

---

<sup>3</sup> International Organization for Standardization, ou Organização Internacional para Padronização (ISSO) n° 229. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/381983.html>. Acesso em: 12 jan. 2020.

<sup>4</sup> BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. 35 p. Monografia (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2006. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006\\_1\\_Ricardo.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006_1_Ricardo.pdf?dl=0). Acesso em: 12 jan. 2020.

<sup>5</sup> Idem.

já que é um pensamento revolucionário e uma forma de redução do impacto ambiental, pela escala menor e mais eficaz do objeto do estudo das nanociências.

A concepção de nanotecnologia tem o seu conceito na possibilidade de que a manipulação de moléculas e átomos gera novos materiais. Conforme Bastos,<sup>6</sup> a nanotecnologia tem a habilidade de manipular átomos e moléculas de forma individual produzindo nanoestruturas e micro objetos. A aplicação em sistemas físicos, químicos e biológicos variam de um átomo individual a moléculas de cerca de 100 nanômetros resultando em sistemas mais complexos, as nanoestruturas. Então, um nanômetro vale  $1 \times 10^9$  metros ou um milionésimo de milímetro. Isso equivale a  $1/80000$  do diâmetro do cabelo humano.

O conceito de nanotecnologia, portanto, se refere a uma tecnologia desenvolvida em uma escala de grande proporção e de mínimas medidas, já que é um tipo de tecnologia de evolução que tem o seu desenvolvimento pautado na aplicação em diversas áreas com o fim de trazer os benefícios da formação baseada em nano medidas. A Figura 1, a seguir, apresenta a Escala comparativa entre o mundo nano e o macro, o tamanho do menor átomo, o H, ao tamanho da Terra:

Figura 1: Escala comparativa entre o mundo nano e o macro



Fonte: Nanocell.org.br<sup>7</sup>

Brito<sup>8</sup> apresenta um outro conceito de nanotecnologia pautado no termo usado ao estudo da manipulação da matéria em uma escala atômica e molecular. A ciência, juntamente

<sup>6</sup> Idem.

<sup>7</sup> *Nanocell News*. Disponível em: <https://www.nanocell.org.br/nanotecnologia-a-base-de-micro-organismos-fungo-que-produz-nanomateriais/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>8</sup> BRITO, Edivaldo. Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro. **Techtudo.com.br**, [s.l.], p.

com a tecnologia, mira seu foco nas propriedades especiais dos materiais de tamanho nanométrico, com o principal objetivo de criar novos materiais, novos produtos e processos. Somente após 2000, a nanotecnologia começou a ser testada e desenvolvida em laboratórios equivalente a um bilionésimo de metro, desafiando o trabalho em uma escala tão minúscula. Para o autor, o tamanho mínimo das partículas trabalhadas nesse ramo, que alia projeção extensa à redução do volume, pode trazer inúmeros benefícios e novas inserções no mundo e nas tecnologias em geral ao redor do globo. A utilização da nanotecnologia encontra o seu lugar em diversas aplicações, tornando-a primordial para a criação de novos dispositivos e mecanismos de auxílio ao desenvolvimento social.

A aplicação dos frutos da nanotecnologia tem a sua diversificação de aplicação no meio social de uma forma tão importante quanto o estudo celular e molecular, conforme Bastos nos diz, a seguir:

Espera-se que a nanotecnologia tenha um profundo impacto na economia e na sociedade durante o século 21, talvez comparável à tecnologia da informação ou aos avanços na biologia celular e molecular. Pesquisas científicas e na área de engenharia podem trazer grandes descobertas nas áreas de materiais, manufatura, eletrônicos, medicina, energia, biotecnologia, tecnologia da informação e segurança nacional. O sentimento de alguns pesquisadores é que a nanotecnologia será o propulsor da próxima revolução indústria.<sup>9</sup>

A colocação de Bastos<sup>10</sup> em explicitar que os pesquisadores vislumbram para a nanotecnologia um lugar importantíssimo na evolução industrial do homem vem da aplicabilidade gigantesca dessa tecnologia diminuta. A extensão dessa aplicabilidade vai tanto a questões relativas a sistemas de nano partículas, quanto ao desenvolvimento mecânico de dispositivos que sejam inteiramente guiados por partículas advindas da nanotecnologia, fazendo parte da rotina social de várias formas.

A busca do ser humano por otimizar as dificuldades que encontravam na manutenção da rotina durante a vida trouxe o advento de diversas formas de fabricação de utensílios. A fabricação desses utensílios e das descobertas de novas formas de se conseguir obter desenvolvimento até chegar no aspecto industrial e tecnológico tem como consequência a

---

1-2, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>9</sup> BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. 35 p. Monografia (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2006. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006\\_1\\_Ricardo.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006_1_Ricardo.pdf?dl=0). Acesso em: 12 jan. 2020.

<sup>10</sup> Ibid., acesso em: 12 jan. 2020.

geração de resíduos. Como já visto, os resíduos trazem grandes consequências ambientais, mas, além destas, também se inserem no meio social e formam obstáculos ao desenvolvimento pois, além de lidar com as soluções, o ser humano também precisa lidar com as consequências residuais e sua manipulação. O lixo produzido acaba por ser em maior escala quando as formas de criação e exploração do meio são feitas de forma convencional.

Para gerar uma quantidade grande de produtos, é necessário muita produção de energia que, por mais que resulte em uma quantidade otimizada de produtos que vão trazer inúmeros benefícios e contribuir para o desenvolvimento social e econômico humano, também traz muitos resíduos com os quais o ser humano tem que lidar para não sofrer as consequências do desequilíbrio ambiental quando não são levados em consideração.

A procura de uma forma de aliar a criação de dispositivos, produtos e soluções com a redução de resíduos para o mínimo possível é o que transmite a necessidade de que o pensamento tecnológico e evolutivo não vislumbre o tamanho da estrutura que gera resultado, mas de que o seu alcance seja grande mesmo que constituída de partículas menores. A criação de uma tecnologia de tamanho pequeno que atinja uma larga escala traz consigo o benefício de gerar uma quantidade muito menor de resíduos e de trazer soluções que tenham eficácia sem que, para isso, se produza uma enorme quantidade de lixo.

O alcance das nano partículas e de sua manipulação para efetivar um desenvolvimento tem o seu alcance e projeções de desenvolvimento de acordo com o entendimento da Física que abraça a evolução da nanotecnologia, e se compreende, com a visualização da formação de todos os objetos e do meio em geral, que a formação de todos os seres tem partículas mínimas.

A compreensão de que a formação de tudo o que se vê estão em uma escala de átomos auxilia no entendimento da nanotecnologia como uma ciência que busca a manipulação de partículas para sua evolução. Bastos<sup>11</sup> explica que os átomos são extraordinariamente pequenos em relação a nossa escala e cita, como exemplo, a espessura de uma folha de papel, onde é possível empilhar cerca de 400.000 átomos de metal. Portanto, há muito lugar nessa escala. Para ele, o objetivo da nanotecnologia molecular e das pesquisas, atualmente em andamento, é de controle preciso e individual dos átomos.

---

<sup>11</sup> BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia**: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos. 2006. 35 p. Monografia (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2006. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006\\_1\\_Ricardo.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006_1_Ricardo.pdf?dl=0). Acesso em: 12 jan. 2020.

Para a compreensão do impacto do uso da nanotecnologia, Brito<sup>12</sup> tem como pensamento as aplicações práticas e os efeitos de otimizar remédios levando-os diretamente para onde são necessários dentro do corpo humano. Todavia, muitas das possibilidades da nanotecnologia está no mundo da ficção científica devido às dificuldades em tornar realidade as pesquisas em torno do assunto. Ele reflete sobre os padrões de utilização da nanotecnologia na contemporaneidade, com a inserção no desenvolvimento de processadores com o objetivo de diminuir o tamanho dos equipamentos, o consumo de eletricidade e aumentar o poder computacional. Há outros produtos onde a nanotecnologia está despertando, como os citados a seguir:

Além dos microprocessadores, a nanotecnologia já está presente em alguns tecidos com características especiais, equipamentos médicos como cateteres, válvulas cardíacas, marca-passo, implantes ortopédicos, protetores solar, produtos para limpar materiais tóxicos, sistemas de filtração do ar e da água, vidro autolimpante, coberturas resistente a arranhões, curativos antimicrobiano, limpadores de piscinas, desinfetantes e muitas outras soluções. Na prática, a nanotecnologia hoje abrange várias áreas com suas diversas aplicações.<sup>13</sup>

A utilização da nanotecnologia tem a sua aplicação diversificada e se coloca como uma forma de buscar a inserção desse panorama tecnológico na rotina dos indivíduos, conforme aludiu o autor, sendo importante a visualização de que o impacto social causado é diretamente sentido na evolução de dispositivos eletrônicos, na área referente à biomedicina, na agricultura, na indústria, na fármaco, entre outros. Para exemplificar tal estudo na área da biomédica, a nanotecnologia está sendo utilizada em diferentes campos como no da nanobiotecnologia, que desenvolve áreas como a genômica, a robótica, descoberta de novas drogas, processos químicos e produtos de proteção ambiental. A Figura 2 nos mostra a remoção do vírus HIV do DNA de cobaias com uso do *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR)* e da nanotecnologia:<sup>14</sup>

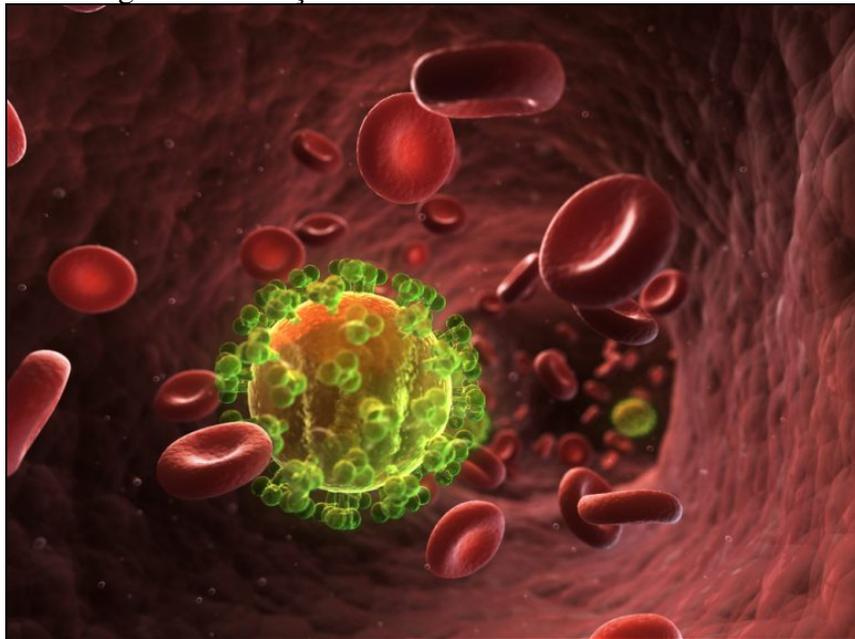
---

<sup>12</sup> BRITO, Edivaldo. Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro. **Techtudo.com.br**, [s.l.], p. 1-2, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>13</sup> BRITO, Edivaldo. Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro. **Techtudo.com.br**, [s.l.], p. 1-2, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>14</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente**: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

Figura 2: Remoção do vírus HIV do DNA de cobaias



Fonte: Revista *Scientific American Brasil*<sup>15</sup>

A compreensão da tecnologia aliada às nano partículas e da inserção das suas versões modificadas na rotina da população é de importante reflexão tanto para os benefícios quanto para as possibilidades de malefícios ambientais. Eis o porquê de haver estudos para a aplicação baseada em princípios de proteção social e ambiental.

Quando mencionamos as possibilidades nocivas da nanotecnologia, Farias<sup>16</sup> cita Abdala que assevera “os materiais, ao serem manipulados para o uso na nanotecnologia, podem ter suas propriedades físicas alteradas. Isso gera dúvidas sobre os riscos que determinados nanomateriais podem oferecer aos seres humanos e ao meio ambiente.” Porém, diante de possíveis riscos que as substâncias podem oferecer, acredita-se que as nanotecnologias podem trazer muitos benefícios em curto ou longo prazos. Todavia, há a necessidade de tomar cuidado com o uso irresponsável da técnica que deve ser empregada com cautela e aplicada somente quando oferecer segurança aos sistemas empregados.

Tecnologia revolucionária em escala nanométrica deve ser utilizada para favorecer o processo de desenvolvimento sustentável e para buscar a redução dos impactos ambientais negativos nos processos de crescimento social. A tecnologia deve ser aplicada nas mais diversas áreas e mecanismos capazes de auxiliar a humanidade e o meio ambiente. Entretanto,

<sup>15</sup> Revista *Scientific American Brasil*. Nastari Editores. Disponível em: <https://sciam.uol.com.br/cientistas-eliminam-hiv-de-celulas-de-animais-vivos-pela-primeira-vez>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>16</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente**: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

poucas são as informações quanto aos seus impactos no ecossistema. A seguir, trataremos como enfoque o meio ambiente, as relações de consumo e o meio ambiente do trabalho.

## 2.2 IMPACTO DA NANOTECNOLOGIA

A população passa por evoluções e revoluções nas quais as situações habituais são alteradas todos os dias e de forma inesperada, provocando impactos. Por ser oportuno, trataremos as considerações sobre o que é meio ambiente antes de adentrarmos nos impactos que a nanotecnologia poderá provocar.

Com a evolução da humanidade e do conhecimento, se observa que cada nação tem seu próprio conceito de meio ambiente. Alguns são amplos, outros nem tanto. Buscando ter celeridade, optou-se, para este trabalho, o entendimento da Organização das Nações Unidas (ONU)<sup>17</sup> pela agência do meio ambiente:

O meio ambiente é o conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos que podem causar efeitos diretos ou indiretos sobre os seres vivos e as atividades humanas. O meio ambiente é o conjunto de unidades ecológicas que funcionam como um sistema natural. Assim, o meio ambiente é composto por todas a vegetação, animais, micro-organismos, solo, rochas, atmosfera. Também fazem parte do meio ambiente os recursos naturais, como a água e o ar, fenômenos físicos do clima, como energia, radiação, descarga elétrica e magnetismo.

A ideia trazida pela ONU<sup>18</sup> serve como alicerce mundial à humanidade. No Brasil é necessária a análise histórica do meio ambiente como bem jurídico. Segundo Farias,<sup>19</sup> “o conjunto de condições, leis, influências e interações de forma física, química e biológica, que

---

<sup>17</sup> ONU é uma organização internacional com o objetivo de facilitar a cooperação em termos de direito e segurança internacional, desenvolvimento econômico, progresso social, direitos humanos e da paz mundial. Fundada em 1945, logo após a Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de deter as guerras entre os países e para facilitar diálogo entre os mesmos. A ONU é formada por 192 Estados-membros, incluindo quase todos os soberanos do mundo, e está dividida em diversas instâncias administrativas. A ONU Meio Ambiente, principal autoridade global em meio ambiente, é a agência do Sistema das Nações Unidas (ONU) responsável por promover a conservação do meio ambiente e o uso eficiente de recursos no contexto do desenvolvimento sustentável. Estabelecido em 1972, a ONU Meio Ambiente tem entre seus principais objetivos manter o Estado do meio ambiente global sob contínuo monitoramento; alertar povos e nações sobre problemas e ameaças ao meio ambiente e recomendar medidas para melhorar a qualidade de vida da população sem comprometer os recursos e serviços ambientais das gerações futuras. Com sede em Nairóbi, no Quênia, a ONU Meio Ambiente dispõe de uma rede de escritórios regionais para apoiar instituições e processos de governança ambiental e, por intermédio dessa rede, engaja uma ampla gama de parceiros dos setores governamental, não-governamental, acadêmico e privado em torno de acordos ambientais multilaterais e de programas e projetos de sustentabilidade. (Nações Unidas. Disponível em: [www.http://: https://nacoesunidas.org/agencia/oem\\_umeioambiente/](http://www.http://:https://nacoesunidas.org/agencia/oem_umeioambiente/). Acesso em 9 ago. 2019).

<sup>18</sup> Idem.

<sup>19</sup> FARIAS, Paulo José Leite. **Competência federativa e proteção ambiental**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1999, p. 214.

permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” foi a definição de meio ambiente como bem jurídico autônomo dada pelo art. 3º, inc. I, da Lei nº 6.938/1981. Portanto, a partir disso, o meio ambiente deve ser considerado como um bem jurídico autônomo que, diante de uma visão globalizada, abarca os elementos naturais, o ambiente artificial (construído) e o patrimônio histórico-cultural.

A Constituição Federal de 1988 (CF/88) recepcionou o art. 225,<sup>20</sup> que completou a valorização da Lei nº 6.938/1981<sup>21</sup>, pois reconheceu o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental da pessoa humana. Cabe esclarecer que a expressão meio ambiente de que trata esse artigo, para alguns doutrinadores, tem conotação múltipla, ou seja, não deve ser analisada apenas com a concepção de somente proteger a fauna e a flora, mas de interpretada como um conjunto de condições, de leis de ordem física, química e biológica, conforme previsto no conceito de meio ambiente dado pela Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) de nº 6.938/1981<sup>22</sup>. Fruto de uma história de luta social e política, o Direito Ambiental brasileiro é exemplo do que ocorreu em diversos lugares do mundo.

---

<sup>20</sup> Art. 225. 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. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; (Regulamento) II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; (Regulamento) IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; (Regulamento) V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; (Regulamento) VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade. (Regulamento) § 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei. § 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. § 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. § 5º São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais. § 6º As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas. § 7º Para fins do disposto na parte final do inciso VII do § 1º deste artigo, não se consideram cruéis as práticas desportivas que utilizem animais, desde que sejam manifestações culturais, conforme o § 1º do art. 215 desta Constituição Federal, registradas como bem de natureza imaterial integrante do patrimônio cultural brasileiro, devendo ser regulamentadas por lei específica que assegure o bem-estar dos animais envolvidos. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 96, de 2017).

<sup>21</sup> PMNA disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 09 ago. 2019.

<sup>22</sup> Idem.

Com muita propriedade, ensina Custódio<sup>23</sup> que “a noção de meio ambiente é ampla e abrange todos os bens naturais, sociais, artificiais e culturais de valor juridicamente protegido, a pessoa humana, patrimônio histórico, arqueológicos, além de variadas disciplinas hodiernas.”

A partir de 1960, as reivindicações sociais de proteção ambiental e a afirmação dos valores ecológicos de diversos lugares do mundo trouxeram uma relação próxima com o Direito Ambiental. A mobilização social em torno da proteção ecológica surgiu, no Brasil, na década de 1970. Nesse contexto, o movimento ambientalista brasileiro sempre foi protagonista das modificações legislativas tanto no âmbito infraconstitucional quanto no constitucional e, por consequência, houve uma evolução jurídica com o surgimento do Direito Ambiental brasileiro que se conhece até hoje.

Com o passar dos anos, a doutrina tratou de aprimorar constantemente conceitos e instrumentos do Direito Ambiental; por sua natureza dinâmica, acabou por influenciar outras áreas jurídicas. Machado<sup>24</sup> conceitua o Direito Ambiental da seguinte forma:

[...] é um Direito sistematizador, que faz a articulação da legislação, da doutrina e da jurisprudência concernentes aos elementos que integram o ambiente. Procura evitar o isolamento dos temas ambientais e sua abordagem antagônica. Não se trata mais de construir um Direito das águas, um Direito da atmosfera, um Direito do solo, um Direito florestal, um Direito da fauna ou um Direito da biodiversidade. O Direito Ambiental não ignora o que cada matéria tem de específico, mas busca interligar estes temas com a argamassa da identidade dos instrumentos jurídicos de prevenção e de reparação, de informação, de monitoramento e de participação.

Portanto, entende-se que meio ambiente são todos os elementos que proporcionem desenvolvimento equilibrado, patrimônio público a ser assegurado e protegido e de uso coletivo (art. 2º, da Lei nº 6.938/1981)<sup>25</sup>.

Após uma visão geral sobre a história e seus conceitos no Brasil e no mundo, cabe destacar o entendimento do Estado do Rio Grande do Sul (RS), que traz na sua Constituição Estadual (arts. 250<sup>26</sup> e 251,<sup>27</sup> capítulo IV) algo específico sobre o meio ambiente. Uma de suas

<sup>23</sup> CUSTÓDIO, Helita Barreira. **Responsabilidade civil por danos ao meio ambiente**. Tese (livre-docência). São Paulo: Faculdade de Direito da USP, 1983. p. 14.

<sup>24</sup> MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 17. ed. São Paulo: Malheiros, 2009, p. 54-55.

<sup>25</sup> PMNA disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 09 ago. 2019.

<sup>26</sup> Art. 250. O meio ambiente é bem de uso comum do povo, e a manutenção de seu equilíbrio é essencial à sadia qualidade de vida. § 1.º A tutela do meio ambiente é exercida por todos os órgãos do Estado. § 2.º O causador de poluição ou dano ambiental será responsabilizado e deverá assumir ou ressarcir ao Estado, se for o caso, todos os custos financeiros, imediatos ou futuros, decorrentes do saneamento do dano. (Disponível: [http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=9p-X\\_3esaNg%3d&tabid=3683&mid=5358](http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=9p-X_3esaNg%3d&tabid=3683&mid=5358). Acesso em: 9 ago. 2019).

<sup>27</sup> Art. 251. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à

regras é a tutela do meio ambiente que deve ser exercida por todos os órgãos do Estado e, em caso de dano, devendo ser o Estado ressarcido em todos os custos financeiros imediatos e futuros decorrentes.

A busca pelo progresso e por novas tecnologias tem levado o homem a olhar o meio ambiente como fonte de recursos inesgotáveis, sem se preocupar com o retorno ou com a busca de equilíbrio. Viver em um ambiente ecologicamente equilibrado é, por certo, uma das maiores ambições da humanidade, pois uma boa qualidade de vida depende essencialmente do meio ambiente e de sua preservação para as presentes e futuras gerações.

Atualmente convivemos com problemas ambientais de diferentes características e magnitudes, como: poluição da atmosfera, degradação de florestas, danos à camada de ozônio, poluição das águas, perda de biodiversidade, erosão dos solos, acúmulo de lixo tóxico, entre outros. A população passa por evoluções e revoluções, nas quais as situações habituais e tecnológicas são alteradas todos os dias, algumas vezes, de forma drástica e inesperada, provocando impactos.

A compreensão de impacto ambiental tem como fator vital o entendimento de que toda ação humana sobre o ecossistema promove algum tipo de impacto e o modifica de alguma forma, podendo, muitas vezes, ser em comum o benefício percebido pelo homem e pelo meio. Assim, as formas de impacto ambiental sentidas podem ocorrer tanto de maneira positiva quanto negativa.

A respeito do conceito de impacto ambiental, tem-se que, no mesmo sentido do termo, o impacto ambiental é uma ação que colide com o meio ambiente. Benjamin<sup>28</sup> trouxe o que se segue, em conjunto com o que a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente<sup>29</sup> (Conama) também concebe, ou seja, impacto (do latim, *impactu*) que significa *choque* ou *colisão*. Para o Direito Ambiental, a palavra igualmente se refere a choque ou colisão de substâncias ou de formas diversas de energia. Portanto, o impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria direta ou indireta.

Ainda sobre a terminologia ligada ao impacto ambiental, Machado traz a seguinte concepção:

---

coletividade o dever de defendê-lo, preservá-lo e restaurá-lo para as presentes e futuras gerações, cabendo a todos exigir do Poder Público a adoção de medidas nesse sentido. (Disponível em: [http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=9p-X\\_3esaNg%3d&tabid=3683&mid=5358](http://www2.al.rs.gov.br/dal/LinkClick.aspx?fileticket=9p-X_3esaNg%3d&tabid=3683&mid=5358). Acesso em: 9 ago. 2019).

<sup>28</sup> BENJAMIN, Antônio Herman De Vasconcellos. **O impacto ambiental**. **Bdjur.com.br**, [s.l.], p. 1-47, [s.d.]. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/79069093.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>29</sup> CONAMA disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 9 ago. 2019.

O termo “impacto” designa “qualquer efeito de uma atividade proposta sobre o meio ambiente, notadamente sobre a saúde e a segurança, a flora, a fauna, o solo, o ar, a água, o clima, a paisagem e os monumentos históricos ou outras construções ou a interação entre estes fatores” (art. Ia, VII). Impacto transfronteiriço designa qualquer impacto, e não exclusivamente um impacto de caráter mundial, ocorrendo nos limites de uma área que depende da jurisdição de um País, sendo esse impacto oriundo de atividade cuja origem física se situe, no todo ou em parte, em área dependendo da jurisdição de outro País (art. Ia, VIII).<sup>30</sup>

O impacto ambiental, portanto, se configura como uma forma de mudança promovida no meio ambiente que tem a ingerência humana na sua efetivação. O que classifica esse impacto são os efeitos das mudanças promovidas pelo homem, que podem ser positivos, como, por exemplo, a recuperação das matas ciliares, a limpeza de rios, o replantio de árvores, e a criação de espaços verdes em grandes centros urbanos, reconstruindo o meio, para o retorno de espécies nativas e para a melhoria da qualidade de vida de todos os envolvidos, evitando os excessos nas modificações do meio, com a descoberta de soluções para problemas ambientais.<sup>31</sup>

Os efeitos do impacto ambiental também podem ser negativos, como, por exemplo, com o que ocorre com a redução da biodiversidade de plantas e animais no despejo de resíduos nocivos ao meio, compactação, impermeabilização, redução da fertilidade e erosão do solo, esgotamento dos mananciais, contaminação do ar, água fauna e flora, alterações climáticas, destruição da camada de ozônio, entre outros.<sup>32</sup>

Logo, o desenvolvimento das atividades humanas com a substituição da vegetação nativa por construções, que geram muitos resíduos, as atividades da agropecuária realizadas sem consciência ambiental, a exploração intensiva dos recursos de água, o efeito estufa e o aquecimento global do mundo e os gases lançados na atmosfera favorecem a degradação do meio ambiente com riscos de extinção total das formas da natureza.

A visualização dos impactos exclusivamente como negativos vem peculiarmente do contexto social da história da evolução humana, em especial quando se enxerga o caráter

---

<sup>30</sup> MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012. 21. ed. rev. atual. e aum. [s.l.]: Malheiros editores, 2014. 1302 p. (Vol. 1). Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MACHADO-Paulo-Affonso-Leme.-DIREITO-AMBIENTAL-BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

<sup>31</sup> PENSAMENTO VERDE. Entenda a diferença entre o impacto ambiental positivo e negativo. [s.l.], p. 1-3, 26 maio 2014. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/entenda-diferenca-entre-o-impacto-ambiental-positivo-e-negativo/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>32</sup> SILVA, Thamires Olimpia. **O que é impacto ambiental?** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-impacto-ambiental.htm>. Acesso em: 14 jan. 2020.

industrial, que marcou a busca do homem pelo desenvolvimento social e econômico trazendo prejuízos à natureza por não a resguardar ou não haver cuidados com os resíduos.

A visão social de que todo impacto é negativo está, então, da concepção de que a maioria dos impactos que ocorreram ao longo da história foram negativos, trazendo enormes prejuízos ao meio e trazendo a urgência na busca por soluções humanas de reparação.

A verificação de um projeto no sentido da sua adequação e qualificação de instalação no meio que se propõe deve sempre preceder à sua efetivação. Assim, o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA)<sup>33</sup> é fundamental para que ocorra, da melhor forma possível, a “triagem” de projetos pelos órgãos responsáveis. Benjamin trouxe o seguinte a respeito disso:

Qualificar e, quanto possível, quantificar antecipadamente o impacto ambiental é o papel reservado ao EIA, como suporte para um adequado planejamento de obras ou atividades relacionadas com o ambiente. É certo que, muitas vezes, a previsão dos efeitos nefastos de um projeto pode ser muito delicada, pois algumas modificações do equilíbrio ecológico só aparecem muito tarde. Daí a correta consideração do EIA como “procedimento administrativo de prevenção e de monitoramento dos danos ambientais”. O EIA, em síntese, nada mais é que “um estudo das prováveis modificações nas diversas características socioeconômicas e biofísicas do meio ambiente que podem resultar de um projeto proposto.”<sup>34</sup>

A análise proposta pelo EIA, que possui previsão constitucional,<sup>35</sup> vem ao encontro da busca pela preservação ambiental aliada ao desenvolvimento social e econômico que o projeto vislumbra, tendo uma grande importância na organização prioritária e eficiente do desenvolvimento responsável de geradores de impacto ambiental. O estudo do impacto ambiental é motivado pela necessidade de resguardar as projeções de impacto. A avaliação de um projeto que tenha a possibilidade de trazer riscos ao meio ambiente é realizada por meio do EIA na medida em que esse funciona como um filtro para a sua efetivação, sendo necessariamente de uma vertente pública, já que os resultados da permissão ou negativa de um projeto ressoam na própria sociedade.

Além da previsão deste estudo na CF, tem-se que o seu amparo também é feito pelas constituições estaduais,<sup>36</sup> o que configura ainda mais a essencialidade de seu correto

<sup>33</sup> EIA disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/estudos-ambientais>. Acesso em 13 jan. 2020.

<sup>34</sup> BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcellos. **O Impacto Ambiental**. [s.l.], p. 1-47, [s.d.] Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/79069093.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>35</sup> CF, inciso IV, do § 1º, do artigo 225.

<sup>36</sup> “A Constituição do Amazonas diz: O Estudo Prévio de Impacto Ambiental - “será parte integrante e obrigatória do processo de licenciamento, além de outras exigências de ordem normativa ou legal, nos casos ...” (art. 235, cciput); do Ceará exige o Estudo Prévio de Impacto Ambiental “para licitação, - aprovação ou execução de qualquer obra ou atividade pública ou privada notencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, ou que comporte risco para a vida e a qualidade de vida” (art. 264, aput); as Constituições do

funcionamento. Quanto ao panorama internacional, a avaliação de qual será o impacto ambiental de algum projeto encontrou lugar inicialmente na convenção de Espoo,<sup>37</sup> que foi ratificada em 37 países e na comunidade europeia.<sup>38</sup>

Ainda, no contexto nacional, temos a declaração do Rio de Janeiro, no ano de 1992,<sup>39</sup> que abriga o contexto da EIA como uma forma de dirimir os possíveis impactos negativos com o viés público da fiscalização prévia de projetos que tenham como pretensão a instalação de medidas com risco ambiental em potencial.

Portanto, outro aspecto importante para o impacto da nanotecnologia está nas relações de consumo. Cabe destacar que as relações de consumo estão pautadas na ideia de aparente satisfação de necessidade do ser humano que, de certa forma, justifica as necessidades aparentes que o ser humano tem como respostas às frustrações e carências humanas tornando o consumo algo natural às pessoas. De outra forma, não podemos esquecer a voracidade da indústria por parte de seus agentes econômicos com suas estratégias inovadoras na exata medida para influenciar o consumo desnecessário.

Para exemplificarmos, no início do século, quem poluía as cidades eram os cavalos (e não os carros, com suas emissões de CO<sub>2</sub>), devido ao alto custo de fabricação do automóvel, uma vez que as empresas não detinham grande capacidade de produção e, também, não existiam muitas indústrias nesse segmento. Com o passar dos anos, o padrão produtivo industrial foi alterado e evoluiu de forma que o processo de produção em massa de bens fosse mudado. Esse processo resultou no acúmulo de bens, cujo volume, devido à quantidade

---

Rio Grande do Sul e de Rondônia, nos arts. 251, § Ia, V, e 219, VI, incluem as alternativas no conceito; finalmente, a do Paraná diz que será exigido “para a construção, instalação, reforma, recuperação, ampliação e operação de atividades ou áreas potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente, do qual se dará publicidade.” (art. 207, § 1º, V).” (MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012. 21. ed. rev. atual. e aum. [s.l.]: Malheiros editores, 2014. 1302 p. (Vol. 1). Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MACHADO-Paulo-Affonso-Leme.-DIREITO-AMBIENTAL-BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

<sup>37</sup> [...] Trata-se de um ato soberano de cada país signatário, posto que não foi criado nenhum órgão internacional para a realização dos estudos pertinentes. Sendo os efeitos transfronteiriços diagnosticados e analisados no procedimento de EIA serão objeto de negociações bilaterais ou multilaterais. (RODRIGUES, Ana. O Estudo de Impacto Ambiental. Jurisway, [s.l.], p. 1-26, 26 maio 2014. Disponível em: [https://www.jurisway.org.br/v2/cursoonline.asp?id\\_curso=1026&id\\_titulo=12170&pagina=19](https://www.jurisway.org.br/v2/cursoonline.asp?id_curso=1026&id_titulo=12170&pagina=19). Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>38</sup> MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012. 21. ed. rev. atual. e aum. [s.l.]: Malheiros editores, 2014. 1302 p. v. 1. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MACHADO-Paulo-Affonso-Leme.-DIREITO-AMBIENTAL-BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2019.

<sup>39</sup> SENADO, Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. **Senado.gov**, [s.l.], p. 1, [s.d.]. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobr>.

existente, tornou o ar poluído, acarretando em doenças. Portanto, as manifestações negativas das relações de consumo são historicamente datadas ou evolutivas.

Quando as manifestações negativas são evidentes, o comportamento da sociedade exige mudança dos agentes econômicos com possibilidades de trajetórias tecnológicas alternativas no sentido de serem menos poluentes. Nessa situação, o impacto da nanotecnologia nas relações de consumo está na necessidade de conhecermos as restrições existentes tanto do lado da oferta como da demanda por novas tecnologias.

Assim sendo, para se determinar que o progresso tecnológico siga na direção pretendida (com tecnologias limpas ou menos poluentes), devemos levar em conta o pensamento de Almeida<sup>40</sup> quando menciona que, para que a preocupação ambiental se torne um imperativo ao desenvolvimento tecnológico, o meio social é que deve ser capaz de dar o direcionamento. Esse ponto, sem dúvida, merece detalhamento e maior compreensão das ligações entre a economia, a ecologia e a tecnologia. Os instrumentos de política ambiental devem seguir o entendimento do que é uma trajetória de desenvolvimento ecologicamente sustentável, e que devem envolver uma reestruturação econômica baseada na difusão da tecnologia ambiental ampla com variedade de técnicas, processos e produtos, com o fim de ajudar, evitar ou limitar os danos sobre o meio ambiente.

Para Romero e Salles Filho,<sup>41</sup> o cerne da questão está nas considerações de ordem ambiental, ou seja, os agentes econômicos fazem parte das estratégias inovadoras quando, na mesma medida, significarem ganhos e vantagens. A ideia central está no mecanismo de busca e seleção trabalhando com as noções da trajetória tecnológica.

Após referenciados os conceitos de Romero e Salles Filho,<sup>42</sup> deve-se questionar em que medida as demandas do meio ambiente devem mudar a busca por inovações dos agentes econômicos. Respondendo o questionamento e tendo em mente a questão ambiental na atualidade, a abrangência é inédita, não podendo mais se iludir com a degradação ambiental, como já ocorreu em vários momentos da história.

Logo, se a preocupação com o meio ambiente continuar a aumentar, os consumidores exigirão padrões crescentemente mais altos em relação à qualidade ambiental dos produtos

---

<sup>40</sup> ALMEIDA, L. T. **Instrumentos de Política Ambiental: Debate Internacional e Questões para o Brasil.** Campinas, IE/Unicamp, (Dissertação de Mestrado). 1994, p. 55-57. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=2986659&pid=S0188-4557200900020001200002&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2986659&pid=S0188-4557200900020001200002&lng=es). Acesso em: 15 fev. 2020.

<sup>41</sup> ROMERO, A; SALLES, F. S. Dinâmica de Inovações sob Restrições Ambientais. I Seminário de Economia do Meio Ambiente do Instituto de Economia da Unicamp, *Campinas*, 1995, p. 10. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-4557200900020001200013&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-4557200900020001200013&lng=es). Acesso em: 15 fev. 2020.

<sup>42</sup> *Ibid.*, acesso em: 15 fev. 2020.

que compram. Isso poderá se tornar um dos meios principais para pressionar a indústria a estimular a produção mais limpa. Dessa forma, as empresas que causam muita poluição adquirirão uma imagem ruim, comprometendo as suas chances de sobrevivência.<sup>43</sup>

O impacto da nanotecnologia nas relações de consumo estaria na possibilidade de se juntar o orgânico com o inorgânico, onde a parte orgânica passa a ser a fonte de energia para a parte inorgânica. Por exemplo, materiais que naturalmente não são condutores podem passar a ser semicondutores em escala nanométrica ou o desenvolvimento de novos materiais para a embalagem de produtos alimentícios, que indica o grau de maturidade de uma fruta. A Fig. 3 nos mostra uma embalagem ativa e inteligente:

Figura 3: Embalagem ativa e inteligente



Fonte: Nanotecnologia - @alimentus<sup>44</sup>

Outro exemplo de utilização da nanotecnologia, no caso em alimentos é o desenvolvimento de películas que evitariam a senescência de vegetais. A empresa alemã Aqua Nova desenvolveu um processo de solubilização que encapsula as substâncias em nano partículas na forma de micelas, como podemos ver na Figura 4:<sup>45</sup>

<sup>43</sup> CRAMER, J.; Zegveld, W. C. L. The Future Role of Technology in Environment Management. **Future**, v. 23, n. 5, p. 465, 1991. Disponível em:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-557200900020001200013&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-557200900020001200013&lng=es). Acessado em: 15 fev. 2020.

<sup>44</sup> Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/nanotecnologia>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>45</sup> Idem.

Figura 4: Película de alimento



Fonte: Nanotecnologia - @alimentus<sup>46</sup>

Ao proporcionar a capacidade de manipulação de átomos e moléculas, existe o potencial de produzir infinitas novas composições que poderão materializar novos materiais e, além disto, proporcionar a união entre matéria animada e inanimada, desconstruindo a contradição de capital *versus* meio ambiente. Quando mencionamos tal desconstrução buscamos trazer a compreensão de que o meio ambiente não será mais alvo da degradação provocado pela indústria, pois, com a nanotecnologia, a indústria poderá manipular e desenvolver uma enorme gama de produtos para consumo. Contudo, a atenção ficará voltada para as relações de consumo que continuarão, com seus resíduos, a causar danos ao meio ambiente.

Seguindo a linha dos impactos da nanotecnologia relacionados ao meio ambiente e às relações de consumo, também será referido o meio ambiente do trabalho, pois se acredita que não haverá evolução tecnológica sem a produção industrial, ou seja, sem a interferência humana e sem o meio do trabalho para concretizar os bens. Podemos compreender o meio ambiente do trabalho aquilo que engloba todas as ações internas e externas do local de trabalho e a sua relação com a saúde dos trabalhadores. Importante esclarecer que o meio ambiente do trabalho seguro e compatível com a condição humana é um direito fundamental do trabalhador.

Devido ao fato de não haver conhecimento prévio dos impactos da nanotecnologia no meio ambiente do trabalho, deve ser considerada a possibilidade do surgimento de perigo de dano grave e irreversível, pois cabe lembrar que “questões-chaves na área de nanotecnologia

<sup>46</sup> Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/nanotecnologia>. Acesso em: 14 mar. 2020.

incluem a falta de dados sobre os impactos na saúde, o potencial de toxicidade ambiental e uma incapacidade de continuar a monitorar quaisquer efeitos adversos.”<sup>47</sup>

No que tange aos impactos da nanotecnologia no meio ambiente do trabalho, a comunidade científica se movimenta, a pedido da Organização Internacional do Trabalho<sup>48</sup> (OIT), no sentido de identificar os efeitos nocivos. Em 2010 foi publicado o “Relatório Riscos Emergentes e Novos Modelos de Prevenção em um Mundo do Trabalho em Transformação”, que reconhece que riscos novos e emergentes do trabalho podem ser provocados pela inovação tecnológica, e que relata que, em 2020, aproximadamente 20% de todos os produtos manufaturados no mundo se basearão, em certa medida, na utilização da nanotecnologia. Tal documento refere, ainda, aos riscos associados com a fabricação e com a utilização de nanomateriais consideravelmente desconhecidos, o que torna provável que os trabalhadores estarão entre os primeiros a experimentar altas taxas de exposição aos nanomateriais.<sup>49</sup>

Buscando amainar os efeitos nocivos dessa tecnologia no meio ambiente do trabalho, os empregadores deverão adotar abordagens preventivas sempre que uma exposição às nanopartículas puder ocorrer. Eis a grande necessidade de se tomar, de imediato, medidas precaucionais às ameaças dos riscos retardados e irreversíveis em todas as situações incertas e em todas as situações devido ao desconhecimento dos riscos toxicológicos à saúde relacionado à exposição ocupacional às partículas nanométricas.

Segundo Englemann, o que chama a “atenção dos pesquisadores é a potencialidade dos riscos, pois seus efeitos na vida humana sobretudo dos trabalhadores ligados a cadeia produtiva de nanocompósitos, e no ecossistema, de maneira geral, são desconhecidos.”<sup>50</sup> Complementa o autor que o maior desafio ao lado desta tecnologia são os seus riscos, e as respostas jurídicas que atendam às necessidades dos trabalhadores em seu meio ambiente de trabalho, dentro de um quadro de segurança humana e ambiental.<sup>51</sup>

Os estudos dos impactos das nanotecnologias e o meio ambiente de trabalho mostram que se desconhecem os possíveis riscos que elas podem gerar, e que ainda não são solidamente conhecidas as propriedades físico-químicas, seu potencial de degradação e de

---

<sup>47</sup> Cad. IberAmer. Direito. Sanit., Brasília, v. 2, n. 2, jul./dez. 2013. Anais dos III Congresso Iberoamericano de Direito Sanitário / II Congresso Brasileiro de Direito Sanitário. Disponível em: <https://www.cadernos.prodisa.fiocruz.br/index.php/cadernos/article/view/114>. Acesso em: 15 fev. 2020.

<sup>48</sup> OIT disponível em: <http://www.ilo.org/brasil/lang--pt/index.htm>. Acesso em: 15 fev. 2020.

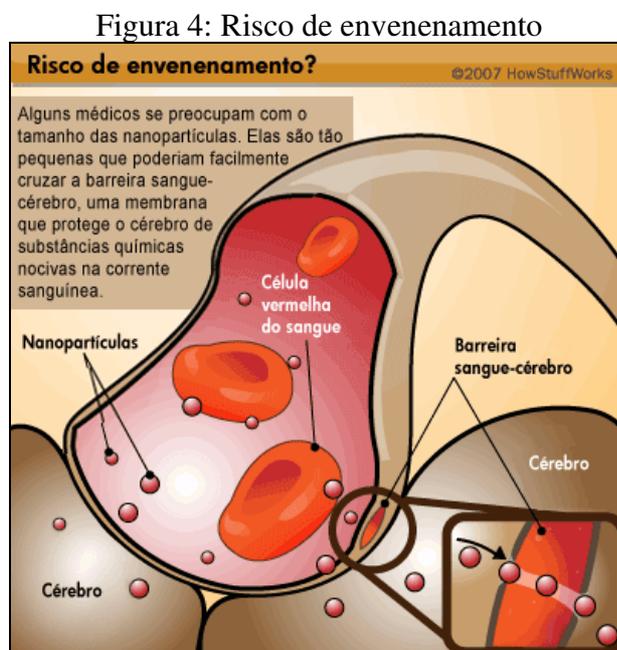
<sup>49</sup> International Labour Organization (ILO). Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación. 2010. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_124341.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf). Acesso em: 14. mar. 2020.

<sup>50</sup> ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; FROHLICH, Afonso. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. In: ENGELMANN, Wilson. **Nanocosméticos e o direito à informação**. Erechim: Devian, 2015, p. 15-76.

<sup>51</sup> Idem.

acumulação no meio ambiente de trabalho e sua toxicidade ambiental, em relação ao trabalhador que tem contato direto com a produção.

Conforme estudos realizados, a exposição às nanopartículas poderá se dar nos trabalhadores por três vias principais: por inalação, por ingestão e pela pele. A via mais comum de exposição é a por inalação, mas a ingestão por transferência não intencional de materiais da mão para a boca ou ao ingerir partículas liberadas no trato respiratório merece atenção. Alguns estudos mencionam que, na exposição que ocorre através da pele, as nanopartículas podem penetrar na pele. Como não há conhecimento do potencial nocivo, trouxemos, como exemplo, a Figura 4, que nos apresenta a possibilidade de envenenamento pelas nanopartículas:



Fonte: Nanotecnologia wow<sup>52</sup>

Essas possibilidades estão sendo investigadas, pois diversos fatores contribuem e afetam trabalhadores expostos às nanopartículas, sendo seus efeitos incertos, mas todas as exposições são afetadas pela concentração, duração e frequência, sendo agravados os riscos ainda pela capacidade das nanopartículas em se dispersarem facilmente, como o que ocorre com a poeira ou névoas (partículas líquidas) no ar.<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/nanotecnologia5.htm>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>53</sup> GOMES, Claudino; ENGLEMAN, Wilson. Nanotecnologia e a vulnerabilidade dos trabalhadores em seu ambiente laborativo: os desafios gerados pela in(existência) de normas protetivas trabalhistas. **Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330972477\\_](https://www.researchgate.net/publication/330972477_). Acesso em: 14 mar. 2020.

Portanto, o caráter geral de atuação das nanotecnologias no ecossistema, nas relações de consumo e no meio ambiente do trabalho, o maior objetivo que se vislumbra é o de buscar medidas públicas e sociais que fiscalizem as projeções de grande inserção no meio ambiente. Medidas essas com capacidade de modificações buscando resguardar a estrutura ambiental de forma a não correr riscos capazes de gerar danos pela ação humana. Danos esses que ensejarão na reparação, o que causará transtornos, muitas vezes infrutíferos. Dependendo da amplitude dos danos ambientais causados, poderá não haver solução eficaz, como é o caso do plástico dos oceanos, um problema sem solução definitiva, já que ainda não há meio tecnológico para sua retirada.

A nanotecnologia traz consigo um fator positivo, que é a possibilidade de se explorar ainda mais as formas de combate à degradação ambiental, tanto por produzir menos resíduos e buscar uma formação mais limpa e sustentável, quanto por poder ser utilizada na busca por soluções para inúmeros problemas ambientais. Nesse sentido, podemos citar, como exemplo, o grafeno frente às pesquisas na área por professores e pesquisadores da Universidade de Caxias do Sul (UCS),<sup>54</sup> que visam a obtenção de material para diversos desenvolvimentos nos mais diversos segmentos.

A legislação concernente à nanotecnologia e sua utilização têm como papel a regulação de como essa tecnologia será inserida, e o próprio EIA ocupa um lugar de destaque nessa regulação, uma vez que também é uma forma de controle público e legislativo. A averiguação necessária com o EIA sobre os aspectos da nanotecnologia traz também o conhecimento de que as nanotecnologias trazem impactos ambientais tanto negativos quanto positivos, ainda mais por se tratar de uma ciência de múltiplas inserções, conforme trazem Hohendorff, Coimbra e Engelmann:

Note-se que não se trata de uma tecnologia única, mas um agrupamento multidisciplinar de física, química, engenharia biológica, materiais, aplicações e conceitos em que tamanho é a definição característica (SHULTE; SALAMANCA-BUENTELLO, 2007). Com isso, utilizar o termo no plural (“nanotecnologias”) expressa de maneira mais completa essa tecnologia. Nesse sentido, as nanotecnologias podem ser conceituadas como um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, obtidas em função das especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas.<sup>55</sup>

---

<sup>54</sup> Disponível em: <https://www.ucs.br/site/noticias/universidade-investe-na-producao-de-grafeno/> . Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>55</sup> HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

Assim, pela diversificação da aplicabilidade da nanotecnologia, tem-se que os impactos ambientais devem ser verificados criteriosamente, já que podem ocorrer de diversas formas, tornando necessária a relevância de uma investigação sobre os danos possíveis ao meio ambiente, bem como ao meio social, e ao meio do trabalho. As nanotecnologias inseridas no mercado de trabalho, conforme demonstrado em seus aspectos nos itens anteriores, convergem para estabelecer uma possível relação de vulnerabilidade dos funcionários, que desconhecem e manipulam cada vez mais estas nanopartículas. Dando continuidade aos impactos da nanotecnologia no meio ambiente do trabalho, a seguir, trazemos uma visão mais específica deste tema e o ordenamento jurídico.

### 2.3 MEIO AMBIENTE DO TRABALHO E A NANOTECNOLOGIA

Importante tratar a discussão sobre a proteção ao trabalhador, especificamente em relação ao meio ambiente do trabalho quando em contato com as nanotecnologias. Conforme já exposto anteriormente, o meio ambiente é tudo aquilo ligado à sadia qualidade de vida ao tutelar a existência humana digna, salubre, livre e igual, com o fim de ordenar um meio ambiente como nítida natureza jurídica de bem de interesse público vinculado a um interesse coletivo. Nesse contexto, o meio ambiente do trabalho é apenas uma visão mais específica deste tema, já que aborda as condições de vida e saúde do trabalho, onde o indivíduo alcança o necessário (e digno) para prover a sua subsistência e de sua família.

Sendo objeto de estudo o local em que o trabalhador desenvolve grande parte da sua vida, e relacionando intimamente com sua qualidade de vida, surge um novo ramo de estudo: o Direito Ambiental do Trabalho. Apesar da recente constituição, o viés acadêmico e doutrinário tem relação com o Direito Ambiental. Todavia, a comunicação do Direito do Trabalho e do Direito Ambiental não é atual. Com a Revolução Industrial do século XVIII, a humanidade já experimentava a precarização do ambiente do trabalho, no qual o homem e a máquina coexistiam de forma associada com atendimento de demandas inatingíveis de produtos e serviços. Com jornadas executadas em ambientes insalubres e com riscos graves à saúde e à integridade física, a classe trabalhadora se revoltou, fazendo surgir as primeiras discussões sobre direitos e deveres entre patrão e empregado.

Nas décadas de 1960 e 1970, o Direito Ambiental se consolidou mundialmente, e a Organização Internacional do Trabalho (OIT) trouxe as discussões ambientais doutrinárias e acadêmicas para o ramo trabalhista devido aos grandes índices de mortes e doenças ocupacionais no mundo industrializado. Nesse momento, cientes das necessidades de prevenir

os infortúnios, surgiu, em 1976, o Programa Internacional para Melhora das Condições e Meio Ambiente do Trabalho (PIACT5). Em, 1981, houve a Convenção nº 155 da OIT6, nomeada Convenção Saúde e Segurança dos Trabalhadores. Esse novo ramo ambiental, portanto, visava à valorização do trabalho humano mediante a melhoria das condições de trabalho e à proteção da saúde física e mental do trabalhador.<sup>56</sup>

Além do ordenamento jurídico citado, foi a CF/88 que tratou, de forma expressa, do Direito Ambiental do Trabalho, em seu art. 200, inciso VIII,<sup>57</sup> deixando às claras sua atenção à tutela da saúde do homem trabalhador. No art. 225, da CF/1988, segundo entendimento de Silva e Farias, os

[...] doutrinadores nacionais apressaram-se para apresentar estudos que focassem cada uma das categorias que compõem a integridade do direito ambiental. [...] em meio aos enfoques doutrinários tendentes ao ambiente natural, ao artificial e ao cultural, surge o interesse de estudos jurídicos quanto à tutela do ambiente de trabalho, rumo à concretização da diretriz constitucional relativa ao trabalho salutar e à valorização do trabalho humano.<sup>58</sup>

Silva e Farias,<sup>59</sup> trazendo a amplitude do aspecto objetivo da abrangência do Direito Ambiental do trabalho citam a lição de Francisco Milton Araújo Júnior acerca da adaptação da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) às inovações na organização do trabalho:

[...] a nova redação do art. 6º da CLT, estabelecida pela Lei n.º 12.551/2011, ao reconhecer o trabalho realizado a distância mediante a utilização de “meios telemáticos e informatizados de comando”, demonstra que a norma avança para o reconhecimento da concepção dinâmica de meio ambiente do trabalho, ou seja, para o reconhecimento de que o meio ambiente do trabalho, quanto ao aspecto espacial, consiste em todo e qualquer local, natural e/ou artificial (inclusive o ciberespaço), em que o trabalhador desenvolve suas atividades laborais.<sup>60</sup>

---

<sup>56</sup> SILVA, Antônio Braga da; FARIAS, Paulo José Leite. **O meio ambiente do trabalho como nova diretriz constitucional da tutela ambiental:** o contraste entre o ideal constitucional e a realidade brasileira. Revista do Direito Público, Londrina, v. 12, n. 1, p. 144-174, abr. 2017, p. 154-156. Disponível em: [http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao\\_e\\_divulgacao/doc\\_biblioteca/bibli\\_servicos\\_produtos/bibli\\_informativo/bibli\\_inf\\_2006/Rev-Dir-Pub\\_v.12\\_n.1.05.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-Dir-Pub_v.12_n.1.05.pdf). Acesso em: 19 fev. 2020.

<sup>57</sup> Art. 200. Ao sistema único de saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei: VIII - colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho.” (Disponível em: [https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_12.11.2019/art\\_200\\_.asp](https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_12.11.2019/art_200_.asp). Acesso em: 19 fev. 2020).

<sup>58</sup> SILVA; FARIAS, op. cit., acesso em: 19 fev. 2020.

<sup>59</sup> Idem.

<sup>60</sup> Idem.

Consoante as definições doutrinárias, portanto, é fundamental trazer o foco ao tema central da presente dissertação, ou seja, as nanotecnologias. A preocupação do meio ambiente do trabalho se materializa pela legislação infraconstitucional por meio de um sistema de proteção à saúde, à higiene e à segurança do trabalho. De forma geral, as normas se direcionam para o objetivo específico: a prevenção. O sistema jurídico do meio ambiente do trabalho está vinculado à ideia e ao escopo de uma prevenção de riscos conhecidos.<sup>61</sup> A lei define quais os riscos que podem gerar efeitos nocivos (acidente do trabalho e doença ocupacional).

Contudo em se tratando de nanotecnologia e do trabalho, o alcance existente à segurança e à saúde do trabalhador diante dos riscos desconhecidos está pautado na prevenção de forma geral. No entanto, o problema reside particularmente na característica das nanotecnologias, em suas nanopartículas de alta reatividade e alta mobilidade, pois há imprevisibilidade das transformações geradas pelas nanopartículas quando ingressam no meio ambiente. Englemann<sup>62</sup> esclarece que “elas [as partículas] poderão ser encontradas com alterações em seu revestimento, elas poderão depositar-se na superfície de outros materiais, a degradação poderá ser a nanopartícula ou apenas do seu revestimento.”

O fato é que a incerteza que gira em torno da nocividade das nanopartículas refletiria na capacidade ou não de proteger o trabalhador dos efeitos nocivos eventualmente produzidos, mesmo que os equipamentos de proteção fossem fornecidos aos empregados. Ainda, o efeito nebuloso estaria no contexto das nanopartículas estarem no meio ambiente do trabalho, pondo em dúvida o equilíbrio e a saúde do local. Desse modo, reafirma Góes e Englemann o seguinte: “em se tratando de meio ambiente de trabalho, o progresso tecnológico gera riscos que ameaçam a saúde e a segurança do trabalhador e que gravitam na seara do acidente do trabalho e na doença ocupacional.” A Figura 5 nos mostra a dissipação do pó de carbono:

---

<sup>61</sup> GÓES, Maurício de Carvalho; ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, Editora 2015, p. 153.

<sup>62</sup> Ibid., p. 156.

Figura 5: Pó de carbono



Fonte: <http://nanopedia.case.edu/NWPage.php?page=nanomaterial.safety>

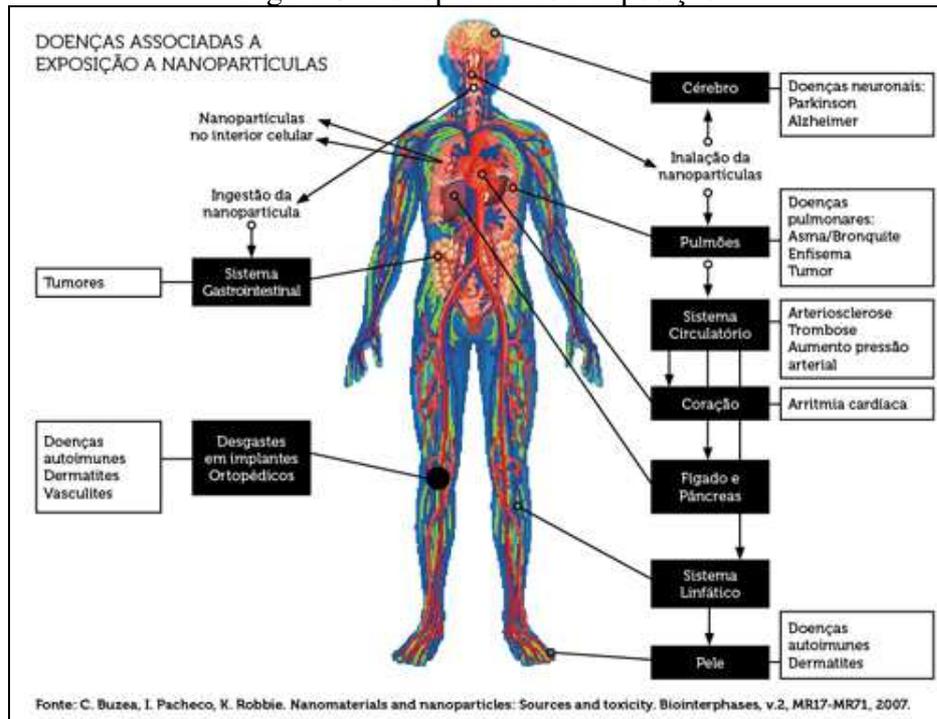
Quando é realizada a avaliação da dispersão de materiais particulados (nanotubos de carbono) durante etapa de transferência e manuseio,<sup>63</sup> a dissipação do pó de carbono no ar, em nanopartículas, por não ser visível, poderá ser aspirada e entrar na corrente sanguínea do funcionário e poderá ou não causar uma patologia.

Deve-se ressaltar que, no ambiente de trabalho, os meios de contaminação pelas vias respiratórias (inalação) e a absorção pela pele são respectivamente os dois principais fatores de risco de contaminação dos trabalhadores em contato com a síntese, manuseio, estocagem, estabilização, incorporação e o processamento de materiais contendo nanopartículas. A Figura 6 apresenta, após a inalação ou ingestão das nanopartículas, as doenças que podem ser associadas à exposição das nanopartículas:

---

<sup>63</sup> MAYNARD, Andrew. **Nanotechnology and occupational health**. Disponível em: [http://es.epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard\\_06\\_13\\_05\\_presentation.pdf](http://es.epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard_06_13_05_presentation.pdf). Acesso em: 14 mar. 2020.

Figura 6: Nanopartículas e exposição



Fonte: Researchgate. net<sup>64</sup>

Após a contaminação do organismo pelas nanopartículas, uma série de interações e reações complexas e fatoriais, bio-físico-químicas pode acontecer. Isto desencadeia um variado processo de defesa celular que, muitas vezes, é específico, dependendo do tipo de nanopartícula (composição química, distribuição de tamanho de partículas, morfologia, densidade, homogeneidade, tamanho médio, reatividade, mineralogia, estrutura cristalina, solubilidade, poder catalítico, modificação superficial, número de partículas, hidrofobicidade, potencial zeta, relação entre comprimento e espessura, biopersistência, etc.) e das células ou dos tecidos atingidos e seus mecanismos de defesa.<sup>65</sup>

Portanto, importante asseverar que toda a preocupação com os efeitos nocivos que as nanotecnologias podem oferecer aos trabalhadores em um contexto de riscos desconhecidos está vinculada à ideia de um meio ambiente equilibrado e sadio. Discutir o problema ambiental seja no ecossistema, no meio social, ou no meio do trabalho da nanotecnologia é demonstrar a necessidade de existir respostas às demandas imbricadas à saúde e à segurança

64

Disponível

em:

[https://www.researchgate.net/publication/318461383\\_Silver\\_nanoparticles\\_Biomedical\\_applications\\_toxicity\\_and\\_safety\\_issues](https://www.researchgate.net/publication/318461383_Silver_nanoparticles_Biomedical_applications_toxicity_and_safety_issues). Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>65</sup> LENZ E SILVA, Guilherme Frederico Bernardo. **Nanotecnologia:** avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Escola de Engenharia da UFMG. 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/ea000445.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

da humanidade, tendo em vista os aspectos observados a pouco. Assim, mais adiante examinaremos os riscos da nanotecnologia, que não estão adstritos às limitações de fronteiras ou ao tempo, e as vantagens e desvantagens no raio de sua aplicação.

#### 2.4 AS VANTAGENS, DESVANTAGENS DA NANOTECNOLOGIA

A ciência ligada à nanotecnologia carrega consigo um contexto social e ambiental que evidencia a necessidade de que os riscos sejam prevenidos e evitados. A aplicação da nanotecnologia recai a inúmeros campos e, como visto, a sua inserção é de múltiplas formas.

O presente estudo abordou a nanotecnologia segundo a sua origem e perspectiva de desenvolvimento e, na mesma linha, entende-se que a matéria e a estruturação na qual ela se desenvolve são de tamanho diminuto, porém, buscam atingir uma grande gama de funções ao mesmo tempo em que geram resíduos tão pequenos quanto suas partículas.

As aplicações da nanotecnologia podem ocorrer em diversos setores da sociedade, trazendo a possibilidade de promover alterações na estrutura molecular de um objeto, promovendo mudanças favoráveis à redução no impacto ambiental que essas matérias poderiam ter. A respeito disso, Farias afirma o seguinte:

As partículas nanométricas, embora sendo do mesmo elemento químico, podem se comportar de forma distinta em relação às partículas maiores. O tamanho da partícula é de suma importância porque muda a natureza das interações das forças entre as moléculas do material e assim, muda os impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos tem, junto ao meio ambiente, à saúde humana e à sociedade como um todo.<sup>66</sup>

A utilização da nanotecnologia está em constante aprimoramento, com a realização de diversos estudos que buscam conseguir compreender a extensão desse instituto de caráter evolutivo e como as modificações promovidas por ele podem ser realizadas de forma benéfica para a humanidade, trazendo bem-estar social e cuidados com o meio, com a proteção da natureza com prioridade no desenvolvimento.

Grande questão levantada por muitos repousa acerca das consequências da utilização da nanotecnologia no que diz respeito aos problemas que podem causar, já que a inovação está em permanente descoberta. O impacto ambiental que sofremos hoje, muitas vezes, não foi sentido ou pode ser mensurado apenas com a concepção ideológica e análise de risco, já

---

<sup>66</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente**: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

que uma nova tecnologia também precisa ter seu mapa de riscos traçado, o que se faz na maior parte através do conhecimento já adquirido sobre o tema.

A gestão desses riscos envolve a precaução e a prevenção. Cabe esclarecer que a prevenção que lida com a previsão e a precaução está em situações de riscos sem base comprobatória segura, no presente trabalho, as nanotecnologias. Acerca das incertezas das consequências de determinada atividade ou tecnologia, a cautela deverá ser direcionada à conduta.

Farias<sup>67</sup> refletiu sobre a relação entre segurança e toxicidade para a nanotecnologia, fazendo necessário um levantamento sobre a confiança de produtos e procedimentos de investigação, principalmente quando da sua manipulação para a veiculação em ser humano. Inúmeros trabalhos foram publicados considerando os riscos para a saúde humana e ambiental advindos das nanotecnologias. A correta análise, em especial quanto à utilização de EIA e das questões que envolvem o uso da nanotecnologia, é fundamental para que, de acordo com o princípio da precaução, não haja prejuízos sociais e de desenvolvimento com a proibição de um projeto de nanotecnologia afirmada, e nem danos ambientais com a permissão desenfreada.

Embora os benefícios das nanotecnologias se sobreponham aos riscos conhecidos, os resultados, em potencial, dessa tecnologia para o meio ambiente não devem ser menosprezados. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar e de absorção é um risco eminente. A noção de risco está na incerteza, componente fundamental, como forma de correção das externalidades da atividade econômica e do Direito,<sup>68</sup> como veremos mais adiante e com mais detalhes neste trabalho.

Contudo a nanotecnologia, como visto, abrange diversas áreas em seu raio de aplicação, já que é uma tecnologia que busca se inserir no contexto social e de desenvolvimento para realizar mudanças e aplicações que otimizem a realidade que encontra para aperfeiçoar efeitos ou reduzir resíduos.

Uma das maiores vantagens que se pode averiguar junto à nanotecnologia é a sua aplicação no campo da saúde, já que a busca pela promoção de melhorias na vida humana.

---

<sup>67</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente:** um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

<sup>68</sup> SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo:** a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável. Caxias do Sul: Educs, 2014, p. 245.

Nessa área, encontra-se um de seus maiores desafios nas questões que envolvem o corpo humano. Exemplo disso é o estudo que está sendo realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com células tronco para doenças como câncer ou lesões na medula.<sup>69</sup>

Uma tecnologia de olhar molecular analisa o corpo humano sob uma ótica mais profunda, podendo trazer soluções inéditas a problemas há tempos sem remédio. A inserção do olhar da nanotecnologia no campo da saúde é tanto para os tratamentos, quanto para o diagnóstico de doenças, seja no âmbito de análise de sintomas, seja no âmbito da pesquisa genética de problemas que ainda não refletiram seus males na vida dos indivíduos. Esse pensamento faz com que as soluções trazidas pela nanotecnologia sejam mais eficazes que o mero diagnóstico de um problema já instalado, e revoluciona a luta contra doenças devastadoras como o câncer.

Entre alguns exemplos em que a nanotecnologia está surpreendendo e ajudando na área da saúde estão: a pele do tubarão, que impede o crescimento de bactérias, foi a inspiração de um hospital norte americano que criou um adesivo com propriedades similares para evitar a proliferação de bactérias em pontos comuns, como maçanetas de banheiros e elevadores; medicamentos aprimorados, com menores efeitos secundários, devido ao aumento de compreensão da eficácia de substâncias humanas naturais, tais como insulina e hormônios; partículas magnéticas como opção para tratamento de doenças; redução de custos da medicina preventiva através de nanossensores capazes de detectar doenças em fases iniciais; e nanomáquinas que poderão ser colocadas na corrente sanguínea para detectar vírus, combater doenças e reparar células.

O início da relação da ciência das nanopartículas com a saúde já data de mais de 40 anos, já que, na década de 1940, moléculas Dendrimers<sup>70</sup> eram utilizadas para auxiliar no diagnóstico de diversas doenças, como traz Alves:

As terapias de manipulação de DNA podem enfrentar avanços promissores com a ajuda da nanotecnologia na saúde. A ideia é que nano robôs possam examinar sessões de DNA, trabalhar neles e até se movimentar por elas e reparar células danificadas. Cientistas da *Australian National University* já conseguiram juntar contos de látex revestidas nas pontas de um DNA modificado e depois usar uma armadilha ótica que compreende um feixe de

---

<sup>69</sup> Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/05/ufrgs-desenvolve-estudo-inedito-com-nanotecnologia-e-celulas-tronco.html>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>70</sup> Os primeiros rastros da ciência são datados de 40 anos atrás. Os Dendrimers, idealizados na década de 1970, são moléculas furtivas que têm muita utilidade na área da saúde, como por exemplo auxiliar nos tratamentos e diagnósticos de doenças. As moléculas têm a capacidade de se mover por membranas biológicas, potencializando os cuidados médicos.

luz focalizado para manter as contas no lugar e assim estender a cadeia de DNA. O estudo foi feito com o objetivo de estudar as interações de proteínas com ligações específicas.<sup>71</sup>

As vantagens da utilização das nanotecnologias são pautadas especialmente no contexto da inovação da abordagem, já que as limitações tecnológicas comuns são ultrapassadas quando se consegue adentrar nas moléculas menores e promover mudanças mais efetivas e localizadas.

Em comento o meio ambiente, as nanotecnologias eximem muitas possibilidades. Além de influenciar na econômica, traz melhorias da qualidade de vida. Uma das principais áreas em que podemos esperar benefícios de grande escala da nanotecnologia está na preservação da poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente, no tratamento, remediação e detecção da poluição do ar. O mesmo ocorre com a poluição da água.<sup>72</sup>

Na área de prevenção aos danos indiretos ao meio ambiente, destaca-se o uso de nanomateriais catalíticos, que são utilizados para maximizar a eficiência e a seletividade dos processos industriais, promovendo o aproveitamento de materiais ou de matérias-primas com menor produção de resíduos e de desperdício de energia.<sup>73</sup> Além disso, a nanotecnologia vem contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético.

Outro segmento que a nanotecnologia proporciona vantagens está nas aplicações da nanomedicina que são tanto com relação à biotecnologia, quanto à nanotecnologia e ciências biomédicas, conforme esquema citado pelos autores em adaptação ao que trouxe Sahoo (Fig. 7):

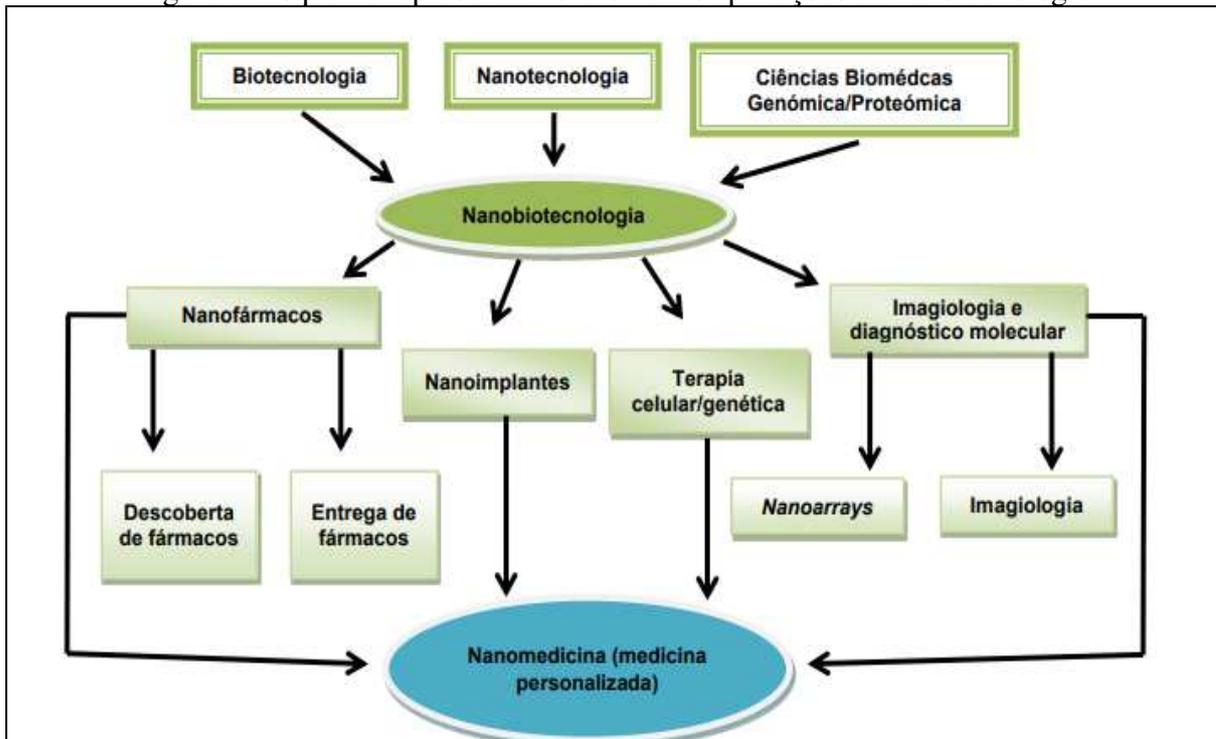
---

<sup>71</sup> ALVES, Camila. Quais os Benefícios e Riscos da Nanotecnologia na Saúde? **Saudebusiness.com.br**, [S. l.], p. 1-3, 12 jun. 2014. Disponível em: <https://saudebusiness.com/hospital/quais-os-beneficios-e-riscos-da-nanotecnologia-na-saude/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>72</sup> QUINA, F. H. Nanotecnologia e o Meio Ambiente: perspectivas e riscos. **Quím. Nova**, v. 27, n. 6, p. 1028-1029, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600031>. Acesso em: 15 fev. 2020.

<sup>73</sup> BATISTA, Rodrigo Siqueira *et al.* Nanotecnologia e Ensino de Ciências à Luz do Enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. **Revista Ciências&Ideias**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, out./mar. 2009-2010, p. 82. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/27-442-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

Figura 7: Esquema representativo das várias aplicações da nanotecnologia



Fonte: Figueiras, Coimbra e Veiga (2014), adaptada de Sahoo (2010)

A condição da nanotecnologia, como se percebe, mesmo sob uma área específica, como a medicina, busca adaptação com outras matérias, para efetivar o objetivo de buscar soluções e adentrar de um modo mais específico e molecular das matérias, para trazer uma nova visão sobre essas. Bastos,<sup>74</sup> quando fala sobre a nanotecnologia aplicada à medicina, acredita que ela seja menos tóxica que a medicina atual. “Já existem projetos de nano-robôs que poderiam penetrar ou ‘operar’ cada célula individualmente, existindo a possibilidade de destruir células cancerígenas.” Para ele, o desenvolvimento de moléculas fluorescentes, capazes de medir centenas de átomos, quando expostas à luz, apresentam funções biológicas de forma segura, para o diagnóstico preciso e, em consequência, há um aumento significativo da longevidade.

Outro ramo que também vislumbra as vantagens da nanotecnologia em sua constituição é o setor alimentício que forma os nano alimentos, que sofrem a interferência da tecnologia nano molecular na sua formação, seja na fase de embalagem ou até mesmo na nutrição do cultivo. Sobre as melhorias que a nanotecnologia realiza aliada à nutrição, Martins *et al.* disseram:

<sup>74</sup> BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia**: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos. 2006. 35 p. Monografia (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2006. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006\\_1\\_Ricardo.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006_1_Ricardo.pdf?dl=0). Acesso em: 12 jan. 2020.

O impacto da nanotecnologia na indústria de alimentos se tornou mais aparente nos últimos anos com a organização de conferências dedicadas a esse tópico, iniciando uma combinação entre alimentos melhores e seguros. Essas aplicações incluem: alimentos por demanda, e alimentos interativos e embalagens inteligentes. As nanotecnologias podem ser aplicadas em alimentos funcionais, os quais respondem às demandas do corpo e podem distribuir nutrientes de modo mais eficiente. Um elemento chave neste setor é o desenvolvimento de nanocápsulas que podem ser incorporadas aos alimentos para distribuírem nutrientes, tais como os nutracêuticos que incluem o licopeno, beta-caroteno, luteína, fitoesteróis e outros.<sup>75</sup>

Entende-se, então, que a união da nanotecnologia com a indústria de alimentos pode promover benefícios nutritivos na medida em que podem ser produzidos alimentos com um teor nutritivo maior e que promovam mais qualidade para os consumidores. Há também formas de melhorar a qualidade dos alimentos industrializados com alto teor de sódio e gordura, não somente aprimorando o teor nutricional, mas também reduzindo as substâncias malélicas da sua composição. Como exemplo, temos a experimentos realizados na Universidade de Rutgers, nos Estados Unidos, onde os especialistas estão criando alimentos com qualidades medicinais, chamados de nutracêuticos.

A evolução industrial e tecnológica do homem trouxe junto consigo inúmeros problemas e desastres ambientais, pelo fato da grande massa de resíduos que as tecnologias e metodologias de desenvolvimento industrial convencionais deixam. O crescimento e desenvolvimento sustentáveis que agredem menos o meio na produção de energia tem grandes possibilidades de sucesso. A visualização do meio através de suas partículas diminutas causa uma forma de ação cuja eficácia é prezada junto com a proteção da natureza que, por estar lidando com mudanças em nano partículas, recebe menos resíduos e consequências negativas.

Ainda há a vantagem que se tem na busca por soluções para os problemas ambientais já instalados no meio ambiente, já que a nanotecnologia se alia ao meio em que está para solucionar seus problemas por meio da inserção nas partículas e moléculas, e fim de promover mudanças consideráveis em nível molecular com o fim de recuperar o meio. A vantagem na aplicação de nanomateriais está na descontaminação ambiental decorrente da reatividade química apresentada por esses materiais. Nas perspectivas, a nanotecnologia se posiciona de maneira prioritária para a revitalização e reabilitação do meio ambiente.

---

<sup>75</sup> MARTINS, Paulo Roberto *et al.* Nanotecnologias na indústria de alimentos. **Pucsp**, [s. l.], p. 1-15, 2007. Disponível em: [https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eitt/vi\\_ciclo\\_paulomartins\\_marisabarbosa\\_nano\\_puc.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eitt/vi_ciclo_paulomartins_marisabarbosa_nano_puc.pdf). Acesso em: 13 jan. 2020.

Foram publicadas por Toma,<sup>76</sup> em 2005, aplicações importantes da nanotecnologia na área do meio ambiente a saber: “1) Produção, armazenagem e conversão de energia; 2) Aumento da produtividade agrícola; 3) Remediação e tratamento da água; 4) Mapeamento e diagnóstico de doenças; 5) Sistemas para liberação de moléculas ativas; 6) Armazenagem e processamento de alimentos; 7) Controle e remediação dos efeitos da poluição do ar; 8) Construção; 9) Monitoração da saúde e 10) Detecção e controle de pragas e seus vetores.”

Além do auxílio ao meio ambiente, a nanotecnologia socorre, também no meio industrial, diretamente ligado ao maquinário e à produção em si. Farias<sup>77</sup> afirma que “a nanotecnologia pode ainda auxiliar no controle de processos industriais e permitir maior eficiência dos sistemas de observação gerados pelas tecnologias de informação, tratamento de resíduos ou restauração de meios degradados através da biotecnologia.” Seguindo esse pensamento, há empresas que trabalham com perspectivas de, nos próximos anos, reduzir a produção de artefatos para os mais diversos campos de aplicação.

A identificação da nanotecnologia como um mecanismo de auxílio ao meio ambiente, por si só, torna indispensável uma regulação que dê a essa área da ciência a possibilidade de vivenciar o seu potencial benéfico na sociedade de forma responsável, primando pelos benefícios à saúde e bem-estar do meio ambiente e da população.

Embora traga inúmeras vantagens, a utilização da nanotecnologia também pode resultar em diversos problemas, já que a metodologia de aplicação está em constante mudança e evolução, exigindo que sejam considerados os parâmetros de regulamentação de forma a auxiliar na aplicação segura dos inventos que tem por base a nanotecnologia. Os riscos que a nanotecnologia carrega são relativos à sua própria natureza, já que as partículas que sofrem as alterações para que se efetivem os inventos são diminutas, e tem uma reatividade naturalmente inerente. “Devido a essa reatividade das nanopartículas, considera-se que as enzimas naturais presentes no meio ambiente podem mudar as propriedades da superfície das mesmas e convertê-las em colóides.”<sup>78</sup> A autora, ainda, reflete sobre as partículas com características coloidais, que tem um potencial toxicológico devido a sua formação:

---

<sup>76</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente**: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/6324/1/PDF%20-%20Edinete%20Maria%20de%20Farias.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>77</sup> Idem.

<sup>78</sup> Idem.

De acordo com um informe da seguradora Swiss Re, nanopartículas com características coloidais poderiam ser ideais para transporte a longa distância (diga-se aquíferos) de materiais tóxicos como contaminantes hidrofóbicos e metais pesados. Essas nanopartículas tem como atributo principal a facilidade de dispersão, dificultando sua remoção por técnicas habituais de filtração. Além disso, o tempo de residência das nanopartículas e seus agregados no ar pode ser diferente do de partículas maiores e as taxas de oxidação e dissolução, que são altamente dependentes da área de superfície, podem aumentar dramaticamente à medida que diminui o tamanho da partícula.<sup>79</sup>

O que se compreende da preocupação quanto a essas partículas é que, da mesma forma que elas representam uma porta para benefícios, também podem sobrecarregar a natureza de nano partículas que precisa de tempo e pesquisa para compreender o quanto podem afetar o equilíbrio local e as pessoas que convivem com essas partículas. A respeito dos riscos, Hohendorff, Coimbra e Engelmann<sup>80</sup> disseram que o tamanho das partículas é uma questão muito importante, pois implica no impacto dos processos ou produtos que tem com o meio ambiente, na saúde humana e na sociedade. A realidade das nanotecnologias caracteriza-se pelas incertezas mais do que pelas respostas. Não se tem muito conhecimento acerca dos possíveis riscos e impactos e, a avaliação desses aspectos são importantes para desenvolver pesquisas que combatam o potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente e sua toxicidade.

A contemporaneidade está lidando com partículas de nanotecnologia pela primeira vez, e as suas consequências em longo prazo não foram percebidas e averiguadas ainda, o que preocupa a sobrecarga o meio. A grande questão repousa na larga escala que a utilização de mecanismos com nanopartículas pode trazer resultados inesperados com o tempo.

No que diz respeito à saúde dos indivíduos, importante lembrar que, assim como a nanotecnologia tem o potencial de promover grandes melhorias na medicina, especialmente ligadas ao diagnóstico de doenças, também há uma preocupação em relação às suas partículas e à toxicidade a à absorção em contato com o organismo humano.<sup>81</sup>

---

<sup>79</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual.** 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/6324/1/PDF%20-%20Edinete%20Maria%20de%20Farias.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>80</sup> HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

<sup>81</sup> ALVES, Camila. Quais os Benefícios e Riscos da Nanotecnologia na Saúde? **Saudebusiness.com.br**, [S. l.], p. 1-3, 12 jun. 2014. Disponível em: <https://saudebusiness.com/hospital/quais-os-beneficios-e-riscos-da->

A grande preocupação da nanotecnologia aplicada às indústrias, como a de cosméticos e farmacêutica, é que as partículas são mínimas e entram em contato direto com o organismo humano, sendo ingeridas ou absorvidas. Assim, a averiguação da qualidade e do embasamento científico das indústrias que se valem da utilização da nanotecnologia é vital para a diminuição das consequências negativas possíveis. Cabe, aqui, uma pausa para referir sobre as inquietações do mundo do Direito do Trabalho quando declinamos sobre o tema. O princípio vinculado à dignidade da pessoa humana, considerado um dos alicerces fundamentais para se suscitar a proteção do trabalho humano é decorrente do contato, manuseio e exposição com as nanotecnologias.

Seguindo o pensamento, a CF/88 serve de baliza para a interpretação das normas inerentes a todos os ramos do Direito, e o Direito do Trabalho realiza e enseja a existência formalizada ao direito do trabalho digno. Portanto, a preocupação do contato do trabalhador com a nanotecnologia e a ausência de regulação nos obriga a buscar formas de resguardar e atender às demandas envoltas no panorama de risco desconhecido e futuro com o fim de garantir a dignidade do trabalhador. Não menos importante, o art. 7º, inciso XXII,<sup>82</sup> da CF/88 tem previsão sobre as normas de meio ambiente laboral e sobre a forma como a legislação trata a matéria de saúde e segurança do trabalhador.

Portanto, identificar os efeitos da nanotecnologia no trabalhador é uma tarefa árdua e ingrata, pois seus efeitos e seus desdobramentos estão muito aquém dos limites de alcance da humanidade. Identificar os efeitos do invisível é a principal inquietude a ser explorada pelo Direito do Trabalho. Toma-se, como exemplo o manuseio de forma direta e permanente do trabalhador e a exposição do meio ambiente do trabalho a nanotecnologia, sendo que essa tecnologia pode traspor qualquer barreira natural, em razão do seu tamanho, entrando com facilidade no núcleo celular, podendo gerar níveis toxicológicos desconhecidos.

Nos contextos mencionados, o alerta sobre a precaução ao utilizar a nanotecnologia vem da geração de novos riscos que essa ciência representa. Como veremos adiante neste estudo, a formação de uma sociedade de risco coloca em questão a necessidade de que haja uma fiscalização e uma busca por pesquisas que auxiliem o homem no seu desenvolvimento tecnológico e industrial de forma que ele não seja impedido de crescer, mas que cresça com responsabilidade e agindo com prevenção contra os danos sociais, ambientais e trabalhistas.

---

nanotecnologia-na-saude/. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>82</sup> Art. 7º - São direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, além de outros que visem à melhoria de sua condição social: [...] XXII - redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança; (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 15 fev. 2020).

As nanopartículas representam uma forma de exposição do meio e dos seres humanos a riscos biológicos e, portanto, devem ser regidos por um mecanismo de responsabilização e prevenção à efetivação de dano à natureza e à sociedade. A respeito do risco das nanopartículas e do correto manejo durante os procedimentos, Quina trouxe a seguinte reflexão:

Não obstante estas perspectivas animadoras dos benefícios da nanotecnologia para a melhoria do meio ambiente, não se deve subestimar o potencial para danos ao meio ambiente<sup>2-10</sup>. As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com consequente interferência em processos biológicos *in vivo*; em uma maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente.<sup>83</sup>

Quina<sup>84</sup> afirma que o equilíbrio e a busca por um mecanismo de prevenção e manipulação responsável são o caminho para a nanotecnologia não resultar em danos ambientais. A crescente preocupação com a potencialidade dos efeitos nocivos das nanotecnologias para o meio ambiente ou para a saúde humana não enfrenta nenhuma oposição tecnofóbica sistemática. Todos os estudos avaliam os riscos e os tratam com equilíbrio em termos predominantemente científicos. Há estudos que merecem destaque segundo Quina: “A. H. Arnall, *‘Future Technologies, Today's Choices: Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies’*, de 2003, da conhecida organização ecológica *Greenpeace Environmental Trust*, que trata de forma bastante equilibrada a questão;”

---

<sup>83</sup> QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos: a editoria de Química Nova recebeu esta carta do Prof. Frank Quina, um dos diretores do CEPEMA (USP), onde é exposta uma reflexão sobre o desenvolvimento da nanotecnologia e seu impacto sobre o meio ambiente. A matéria é considerada de alta prioridade científica e merece a análise e reflexão de toda a comunidade Química. *Quím. Nova*, [s. l.], v. 27, ed. 6, p. 1028-1029, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>84</sup> *Ibid.*, p. 1028-1029.

A avaliação dos nanomateriais evidencia que o conhecimento, de fato, sobre os seus efeitos em longo prazo, são escassos, o que torna a sua utilização passível de um regramento mais criterioso para a autorização de indústrias a se valer da nanotecnologia no desenvolvimento de seus produtos, em especial quando os riscos em potencial atingem diretamente a vida humana e o meio. Sobre os riscos, Barros trouxe:

Devido às condições ambientais como temperatura e salinidade, condições biológicas e presença de co-contaminantes, nanomateriais liberados no ambiente podem sofrer transformações, contaminando o solo, o ar e a água. Trabalhadores que manuseiam, fabricam, empacotam ou transportam mercadorias, alimentos ou insumos contendo nanomateriais estão mais expostos e, conseqüentemente, correm mais riscos.<sup>85</sup>

Assim como as grandes indústrias e metodologias tecnológicas, os padrões existentes produzem uma quantidade de resíduos excessivos, que são jogados no meio ambiente, já que não há mecanismos totalmente eficientes para seu manejo cuidadoso, e a nanotecnologia igualmente lida com seus resíduos que, por mais que sejam por meio de pequenas partículas, também podem ser nocivos pela quantidade em que se depositam no meio.

Hohendorff, Coimbra, Engelmann<sup>86</sup> afirmam que os exames toxicológicos disponíveis no Brasil, atualmente, não são suficientes para avaliar as conseqüências das nanotecnologias no corpo humano, muito menos no meio ambiente. A preocupação principal está para o descarte desses produtos, quando se refere ao processo de bioacumulação. A probabilidade de os contaminantes estarem no solo, na água, no ar e nos alimentos faz com que o homem os absorvam de diferentes formas e os acumulem no organismo.

O conhecimento científico atual não fornece meios de vigilância médica e, por conseqüência, não será possível buscar evidências aos humanos expostos a nanopartículas. O que, então, dizer dos trabalhadores? Faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas capazes de avaliar os efeitos em curto e longo prazos dos nanomateriais sobre a saúde dos seres humanos e do meio ambiente. Diante de tal problema, indagações relativas às nanotecnologias assolam o meio ambiente do trabalho, como: Qual é a toxicidade desses

---

<sup>85</sup> BARROS, Rosa Maria da Silva. **Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos: riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente.** Orientador: William Waissmann. 2011. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

<sup>86</sup> HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

materiais, que apresentam características tão diferentes quando em nano escala? Quais são os métodos apropriados para testes de toxicidade? Quais os impactos para a saúde daqueles que eventualmente manipularão uma nano partícula? Qual a extensão da translocação dessas partículas no organismo? Qual o efeito dos produtos e seus dejetos em contato com o meio ambiente? Quais testes devem ser efetuados para a avaliação da saúde de quem manipula esses materiais? Os atuais equipamentos de proteção individual e coletiva são suficientes? Existem níveis seguros de exposição? Como fazer, de modo seguro, o manuseio, transporte, armazenamento e descarte dos nanomateriais?<sup>87</sup>

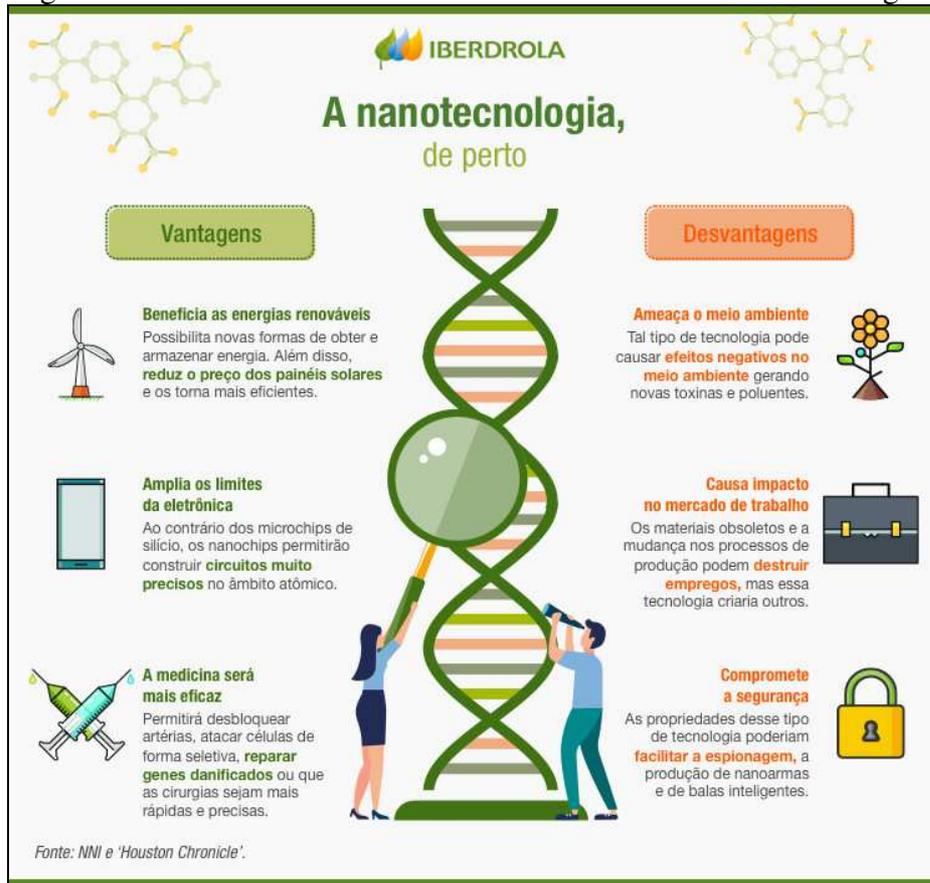
A escassez de pesquisas que trazem à tona a ligação entre a nanotecnologia e a natureza, e como estão conectadas pelo despejo de resíduos e utilização de energia, evidenciam que muitos riscos podem se efetivar em danos, que podem atingir a fauna e flora, trazendo inúmeros prejuízos ambientais.<sup>88</sup> Buscando sintetizar as informações trazidas ao presente trabalho, iremos apresentar a Figura 8, abaixo, que traz os benefícios e os efeitos nocivos associados as nanotecnologias:

---

<sup>87</sup> HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ri\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ri_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

<sup>88</sup> Alguns testes com animais demonstraram danos cerebrais, relacionados à coagulação sanguínea, danos em trato respiratório e também alterações na embriogênese (GRUPO ETC, 2005). Em estudo realizado com peixes *Cyprinus carpio* (Cyprinidae), no âmbito do projeto de pesquisa intitulado “Nanotoxicologia ocupacional e ambiental: subsídios científicos para estabelecer marcos regulatórios e avaliação de riscos” (MCTI/CNPq, processo 55.2131/2011- 3), que faz parte do projeto “A rede de nanotoxicologia brasileira” (o que demonstra uma preocupação, ainda que incipiente, com a constatação de riscos), há a comprovação de evidências de que os nanotubos de carbono são potencialmente perigosos em ambientes aquáticos, e que o mecanismo de toxicidade é complexo e insuficientemente compreendido até o momento (BRITTO, 2012). Outro estudo relacionado ao mencionado projeto mostra possíveis efeitos tóxicos no cérebro (neurotoxicidade) dos peixes Zebrafish (*Danio rerio*) expostos aos nanotubos de carbono (OGLIARI DAL FORNO, 2013). HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ri\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ri_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

Figura 8: Benefícios e os efeitos nocivos associados às nanotecnologias



Fonte: Iberdrola.com<sup>89</sup>

Há uma grande necessidade de que a ciência das nanotecnologias seja mais contundente em estabelecer investigações sobre não somente como as partículas atingem o objetivo, mas como elas reagem ao longo do tempo no meio, já que elas são de tamanhos tão diminutos que o seu acúmulo pode demorar muito tempo para ser notado, sendo apenas percebido pelas consequências que pode causar com algum malefício pelo teor de toxicidade.

A grande questão que se compreende ao analisar a inserção da nanotecnologia no meio ambiente e na sociedade é que os benefícios, por mais imediatos que possam ser, precisam ser pesados junto aos riscos em potencial. Ulrich Beck<sup>90</sup> formulou o conceito de sociedade de risco se baseando justamente no crescimento do desenvolvimento econômico e social em paralelo ao aumento do risco, e é necessário que sejam evitados os danos que vem junto aos riscos, advindos com a nanotecnologia, com a utilização do princípio da precaução.

<sup>89</sup> Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/aplicacoes-da-nanotecnologia>. Acesso em: 27 dez. 2019.

<sup>90</sup> MENDES, José Manuel. **Ulrich Beck**: a imanência do social e a sociedade do risco. Scielo Portugal, Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra, p. 1-2, 1º mar. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0003-25732015000100012](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0003-25732015000100012). Acesso em: 13 jan. 2020.

Na Teoria de Ulrich Beck,<sup>91</sup> o ponto de partida é a modernização reflexiva. Por contrariedade utópica, característica das diferenças de teorias da modernização, o autor defende uma visão mais sombria, a qual chamou de “vulcão da civilização”. Em seu entendimento, o desenvolvimento científico e industrial é um conjunto de riscos que não podem ser contidos de modo espacial ou temporal e, ainda, ninguém poderá ser responsabilizado pelos danos causados por esses riscos. Os afetados não podem ser compensados, pois haverá dificuldade de mensurar tais riscos e danos. Além disso, dos riscos ecológicos minimentes, há uma precarização crescente e massiva da existência, com uma individualização da desigualdade social e incerteza da utilização, tornando a exposição generalizada. “Risco é um estágio intermediário entre a segurança e a destruição,”<sup>92</sup> e a percepção das ameaças dos riscos determina o pensamento para a ação. “No risco, o passado perde o seu poder de determinar o presente. É o futuro, algo que é construído, não existente, que constrói o presente, e os riscos são sempre locais e globais, assumindo uma dimensão transescalar.”<sup>93</sup> A diferença entre risco e classe está que nos riscos de estamos perante a distribuição de “males”, não de bens materiais. E aqui reside uma das teses mais controversas de Beck, quando argumenta, a partir da própria noção, de que os riscos são transescalares, que a distribuição desses riscos é transversal a todas as classes sociais.

A complexidade do tema na questão ambiental, enfrentada com o advento da nanotecnologia, encontra lugar também na geração de novos produtos, conforme traz Farias, ao dizer:

Esses novos produtos e tecnologia ainda não possuem uma acumulação histórica de informações que assegurem, claramente, em relação ao conhecimento de um determinado tempo as consequências que poderão advir de sua liberação no ambiente. É verdade que já existem em numerosos produtos e partículas em circulação, sem que tenha havido uma avaliação de seus riscos. É importante evidenciar que no Brasil ainda não existem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova revolução tecnológica.<sup>94</sup>

---

<sup>91</sup> MENDES, José Manuel. **Ulrich Beck: a imanência do social e a sociedade do risco**. Scielo Portugal, Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra, p. 1-2, 1º mar. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0003-25732015000100012](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0003-25732015000100012). Acesso em: 13 jan. 2020.

<sup>92</sup> Idem.

<sup>93</sup> Idem.

<sup>94</sup> FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual**. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

Entende-se, então, que a carência de regulamentação explícita ainda mais como o risco vem junto com a nanotecnologia, já que essa tem um potencial de causar diversos danos ambientais e sociais mesmo que tenha micro partículas, uma vez que a quantidade tem um grande peso na reação e, ao longo do tempo, se torna uma grande quantidade de resíduos jogados no meio ambiente.

Portanto, o progresso tecnológico possui um caráter paradoxal; se por um lado gera benefícios, por outro, produz externalidades negativas. As consequências da modernidade na sociedade de risco atual nos trazem à reflexão que é propícia uma ponderação entre as vantagens e os inconvenientes da nanotecnologia de modo que não ameace a qualidade de vida humana e todo o ecossistema. Contudo, no próximo título, será possível trazer a visão da sociologia quando tratamos de risco, suas consequências, sobre o lugar do homem no mundo e como a natureza reage, ou seja, o pensamento do mundo trazido nas proporções que ele mesmo carrega.

## 2.5 A VISÃO DA SOCIOLOGIA

A nanotecnologia costuma ser descrita como o resultado da capacidade de intervenção científica e tecnológica nas propriedades da matéria em dimensões nanométricas. Esse potencial vem convertendo a nanotecnologia em um dos principais vetores de desenvolvimento das atividades de pesquisa e inovação tecnológica nos países industrializados. Para além dos efeitos pontuais que as inovações tecnológicas podem produzir, o interesse do estudo do desenvolvimento da nanotecnologia, do ponto de vista das ciências sociais e da sociologia, parece concentrar-se nos seus efeitos políticos e sociais; mais precisamente, trata-se de examinar que tipo de sociedade começa a emergir da definição desta opção tecnológica.

A sociologia tem o seu surgimento atrelado ao mundo moderno,<sup>95</sup> e se desenvolve tratando de cultivar entre seus temas tanto a história em si como o que se compreende como uma visão de futuro, especialmente aliando o homem, a natureza e o desenvolvimento industrial, que muda padrões de consumo, transforma vivências, cria novas jornadas de

---

<sup>95</sup> “[...] a sociologia não nasce no-nada. Surge em um dado momento da história do Mundo Moderno. Mais precisamente, em meados do século XIX, quando ele está em franco desenvolvimento, realizando-se. Essa é uma época em que já se revelam mais abertamente as forças sociais, as configurações de vida, as originalidades e os impasses da sociedade civil, urbano-industrial, burguesa ou capitalista. Os personagens mais característicos estão ganhando seus perfis e movimentos: grupos, classes, movimentos sociais e partidos políticos; burgueses, operários, camponeses, intelectuais, artistas e políticos; mercado, mercadoria, capital, tecnologia, força de trabalho, lucro, acumulação de capital e mais-valia; sociedade, Estado e nação; divisão internacional do trabalho e colonialismo; revolução e contrarrevolução.” (IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989).

trabalho e traz, com todos esses fatores, a necessidade de um pensamento que é produzido pela sociologia.

A sociologia, de campo amplo e diverso, destaca três concepções amplamente defendidas e derivadas do prolongado impacto da teoria social clássica inibindo uma análise satisfatória das instituições modernas. As teorias mais proeminentes da sociologia derivam dos escritos de Marx,<sup>96</sup> Durkheim<sup>97</sup> e Weber,<sup>98</sup> que têm a tendência de cuidar da transformação da natureza e da modernidade. Para os seguidores de Marx, a forma transformadora principal é o modelo do mundo moderno, o capitalismo. O caráter móvel e inquieto da modernidade é explicado como resultado do ciclo do investimento-lucro-investimento que, combinado com tendências gerais, ocasiona a expansão constante do sistema.<sup>99</sup>

---

<sup>96</sup> Karl Marx (1818–1883) foi um filósofo e revolucionário socialista alemão. Criou as bases da doutrina comunista, onde criticou o capitalismo. Sua filosofia exerceu influência em várias áreas do conhecimento, tais como Sociologia, Política, Direito e Economia. Para Marx, as condições econômicas e a luta de classes são agentes transformadores da sociedade. A classe dominante nunca deseja que a situação mude, pois se encontra em uma situação muito confortável. Já os desfavorecidos têm que lutar pelos seus direitos e esta luta é que moveria a História, segundo Marx. Marx pensava que o triunfo do proletariado faria surgir uma sociedade sem classes. Isto seria alcançado pela união da classe trabalhadora organizada em torno de um partido revolucionário. Também defende a “mais valia” quando explica que o lucro do patrão é obtido a partir da exploração da mão de obra do trabalhador. Ao elaborar uma teoria sobre as desigualdades sociais e propor uma forma para superá-las, Marx criou o que se denominou: “socialismo científico”. Contra a ordem capitalista e a sociedade burguesa, Marx considerava inevitável a ação política do operariado, a revolução socialista, que faria surgir uma nova sociedade. (EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/karl\\_marx/](https://www.ebiografia.com/karl_marx/). Acesso em: 13 jan. 2020).

<sup>97</sup> Émile Durkheim (1858-1917) foi um sociólogo francês. É considerado o pai da Sociologia Moderna e chefe da chamada Escola Sociológica Francesa. É o criador da teoria da coesão social. Junto com Karl Marx e Max Weber, formam um dos pilares dos estudos sociológicos. No âmbito das investigações, Émile Durkheim deixou um dos principais trabalhos de contribuição à sociologia, com a publicação da obra “Divisão do Trabalho Social” (1893), onde analisa as funções sociais do trabalho e procura mostrar a excessiva especialização e a desumanização do trabalho, que ascendeu com a Revolução Industrial. Durkheim sublinhava, em seus estudos, os grandes riscos que tal evolução significava para o bem e o interesse comum da sociedade. Método Sociológico - Em 1895, Émile Durkheim publicou sua obra fundamental, “As Regras do Método Sociológico”, que constitui uma síntese da Sociologia como uma nova ciência social. Nele, Durkheim delimita o campo da nova ciência e propõe uma metodologia de estudo, condição indispensável ao estabelecimento da legitimidade de qualquer ciência. Para ele, o objetivo do estudo da Sociologia não pode ser baseado em uma soma de indivíduos e sim em um fato social. Dentro de sua perspectiva, os fatos sociais devem ser considerados como “coisas”, com existência própria, exteriores às consciências individuais. É necessário respeitar e aplicar um método científico, aproximado, dentro do possível, das outras ciências exatas. Devendo-se evitar preconceitos e julgamentos subjetivos. (EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/emile\\_durkheim/](https://www.ebiografia.com/emile_durkheim/). Acesso em: 13 jan. 2020).

<sup>98</sup> Max Weber (1864-1920) foi um importante sociólogo e destacado economista alemão. Suas grandes obras são, “A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo” e “Economia e Sociedade”. Dedicou sua vida ao trabalho acadêmico, escrevendo sobre assuntos variados como o espírito do capitalismo e as religiões chinesas. Em termos gerais, Max Weber procurou compreender a inter-relação de todos os fatores que influíam para a construção de uma estrutura social, e em particular reivindicou a importância dos elementos culturais e a mentalidade coletiva na evolução histórica, contestando a exclusiva determinação econômica defendida por Marx e Engels. Frente à prioridade da luta de classe como motor da história no pensamento marxista, Weber prestou mais atenção à racionalização como chave do desenvolvimento da civilização ocidental, um processo guiado pela racionalidade baseada na burocracia. Todas essas ideias aparecem na sua obra-prima “Economia e Sociedade.” (1922). (EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/max\\_weber/](https://www.ebiografia.com/max_weber/). Acesso em: 13 jan. 2020).

<sup>99</sup> GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991, p. 20.

O ponto de vista de Marx foi duramente criticado por Durkheim e por Weber, que influenciaram a análise sociológica ulterior. Durkheim investigou a natureza das instituições modernas até o impacto do industrialismo. Para ele a competição capitalista não deve ser o elemento central da ordem industrial emergente, mas o caráter da vida social moderna deriva, além do capitalismo, do impulso da produção para as necessidades humanas através da exploração industrial da natureza. Já para Weber, a existência do capitalismo racional que compreende mecanismos econômicos especificados por Marx, incluindo a transformação das necessidades humanas em mercadorias de Durkheim, a racionalização expressa na tecnologia e na organização das atividades humanas, na forma de burocracia, é a chave.<sup>100</sup>

A modernidade é multidimensional no âmbito das instituições, e cada um dos elementos especificados por estas várias tradições representam algum papel. Sob outros aspectos, a sociologia tem sido compreendida como geradora de conhecimento sobre a vida social moderna, pois proporciona informação semelhantes àquela das ciências físicas no domínio da natureza. O conhecimento sociológico mantém uma relação instrumental com o mundo social de tal maneira a ser aplicado de forma tecnológica para intervir na vida social.

A compreensão de que a sociologia se compõe dos elementos que a própria história do mundo traz, e da visão de que o homem pode se levar para lugares a partir do reflexo de suas ações com o meio, é que fazem com que se entenda que a visão do risco sob o seu olhar é muito mais uma visão sobre consequências e sobre o lugar do homem no mundo do que sobre o risco em si. A visão e o desenvolvimento sociológico quanto aos riscos em que o próprio ser humano se coloca, e como a natureza reage às ações promovidas pelo homem, são partes fundamentais da sociologia, que compreende o pensamento do mundo traduzido nas proporções que ele mesmo carrega.

Compreender o risco sobre o panorama da sociologia faz necessário entender a visão da modernidade, segundo os primeiros sociólogos, pois todo o entendimento de risco se deu com o surgimento de mecanismos humanos que impactaram profundamente a natureza e tornaram necessária a compreensão de como as reações do meio ambiente eram negativas quando encaradas segundo as inserções exploradoras e centradas no poderio econômico e social do homem.

O olhar da sociologia paira sobre o desenvolvimento humano, com o homem à frente do seu próprio potencial de crescimento, de transformações no meio social, na forma de

---

<sup>100</sup> GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991, p. 21.

trabalho, na compreensão do dinheiro, e em como a distribuição de renda ocorre, como são refletidas as ações laborais na era industrial e de produção desenfreada.

No entanto, essa imagem sociológica não trouxe consigo reflexões sobre como a natureza responderia às ações humanas de crescimento. Voltando-se ao humano, a sociologia instigou o pensamento racional sobre ele como centro e modificador do ambiente, transformando a sociedade e sendo transformado por ela, com os estabelecimentos de vivências nunca antes imaginadas.

As consequências de um crescimento desenfreado, no entanto, somente são notadas quando iniciam o processo de sinalização de que o infinito de recursos não é sustentável, já que a natureza não mantém um fluxo eterno de renovação e, passando por explorações incontáveis e incontroláveis, perde o seu potencial de geração e começa a dar sinais de que não sustenta um sistema que a envenena. A visão sociológica, portanto, não alcançou o entendimento de que o homem deveria se aliar ao meio ambiente e utilizar os recursos como uma forma de sobreviver e cultivá-los, e não utilizá-los até a última fonte para depois enxergar a sua finitude. A visão da sociologia é sucintamente explicada por Ianni, que disse:

Estes são os princípios explicativos para os quais tendem as contribuições da maioria dos sociólogos nos séculos XIX e XX: causalção funcional, conexão de sentido e contradição. Através deles a sociologia tem dado conta dos movimentos e impasses, das épocas e transformações característicos das sociedades formadas com o Mundo Moderno. Pode-se dizer que esses princípios compreendem diferentes estilos de pensamento, distintas visões da sociedade, do mundo. Cada um a seu modo, segundo as suas possibilidades descritivas e interpretativas, segundo a sua sensibilidade quanto a uns e outros momentos lógicos da reflexão, apanha os movimentos e as modulações da sociedade moderna. São formas de explicação e fabulação sobre essa sociedade. Entendendo-se que a fabulação também pode ser um modo de apanhar o espírito do tempo.<sup>101</sup>

Compreende-se, das palavras de Ianni,<sup>102</sup> que a visão dos princípios que embasam grande parte dos sociólogos dos séculos XIX e XX é sempre relacionada ao homem, ao meio, e como cada pensador, com sua visão particular, acompanha a modernidade e o desenvolvimento do homem em sociedade, tratando, em suma, das relações humanas e como cresce o pensamento junto ao potencial financeiro e laboral. A visão industrial toma conta do cenário da vida do homem como se a produção e a tecnologia, aliadas ao maquinário, suprisse

---

<sup>101</sup> IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989.

<sup>102</sup> Ibid., p. 25-26.

as necessidades humanas que, por mais avanços que faça, sempre necessita do solo para se alimentar, e para nutrir uma vida no meio ambiente.

O aspecto perdurou no período industrial e trouxe o entendimento de que a capacidade de evolução do homem dava ao homem certo domínio sobre a natureza, e os reflexos negativos sentidos pelo meio não entraram na equação do pensamento sociológico até que as consequências começaram a aparecer, com a evidencia da reação natural e com a noção do que os riscos realmente representavam. Ianni trouxe o que se segue:

As transformações e crises provocadas pela emergência e o desenvolvimento da sociedade civil, urbano-industrial, burguesa ou capitalista, constituem outra matriz da sociologia. O modo de vida e o trabalho na comunidade feudal vem abaixo com a formação da sociedade civil, a organização do Estado nacional. Há uma vasta, complexa e contraditória revolução social na Europa, transbordando para outros continentes. O mercantilismo, ou a acumulação originária, iniciava um amplo processo de europeização do mundo. Simultaneamente, a Europa sentia que se transformava, em sua fisionomia social, econômica, política e cultural. Estava em marcha a revolução burguesa, atravessando países e continentes, sempre acompanhada de surtos de contrarrevolução. No meio da revolução e contrarrevolução, combinando e opondo diferentes setores sociais, grupos e classes, províncias e regiões, interesses emergentes e estabelecidos, emergiam burgueses, trabalhadores assalariados diversos, camponeses, setores médios urbanos, intelectuais, burocracia pública e privada.<sup>103</sup>

A compreensão sociológica traz uma abordagem que se mistura a diversos temas relacionados ao homem frente às mudanças sociais e estruturais do mundo moderno. Os entendimentos que a sociologia traz são pautados nos acontecimentos sociais que também se embasam em temas clássicos,<sup>104</sup> traçando um caminho que se constrói cada vez mais como uma forma de trazer clareza e aprofundamento sobre os eventos que formam a história da sociedade.

Nos estudos da sociologia, repousa o da comunidade e sociedade, sendo um tema recorrente.<sup>105</sup> Há, portanto, um interesse no desenvolvimento do homem frente à sociedade, e em relação aos alcances que a evolução tecnológica permite. O homem é entendido como um

---

<sup>103</sup> IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989, p. 12.

<sup>104</sup> “Estes certamente são alguns dos temas clássicos que essa história nos revela: sociedade civil e Estado nacional, multidão, massa e povo, classe social e revolução, ordem e progresso, normal e patológico, racional e irracional, anomia e alienação, sagrado e profano, ideologia e utopia, comunidade e sociedade, passado e presente, tradição e modernidade [...]” (IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989).

<sup>105</sup> *Ibid.*, p. 15.

ser social que, quando se depara com o advento do capitalismo modifica as relações laborais e pessoais. Diversas obras foram criadas com a percepção humana nesses aspectos.<sup>106</sup>

Um ponto de importante destaque na visão sociológica da trajetória de desenvolvimento humano é o lema da “Ordem e Progresso”, que carrega consigo um legado de crescimento estrutural e industrial, aliado à organização política da sociedade, com um paralelo de crescimento do homem através da prática de ações que levam ao crescimento econômico atrelado a um ordenamento que promova a organização social.

Quando se adentra no mérito da expressão e no que representa segundo o princípio que acolhe, a ordem e o progresso são intrinsecamente ligados a uma ideologia de desenvolvimento industrial, com a visão de que, ao conseguir alcançar melhorias nas estruturas e possibilitar mais qualidade de vida através do que a industrialização poderia prover, o crescimento seria positivo. Nessa brecha, há espaço para a nanotecnologia, vislumbrada para a modernização de setores da indústria e da tecnologia tais como: a energia, meio ambiente, segurança, alimentos e transporte. Ela também trabalha no desenvolvimento de soluções que diminuem o impacto no meio ambiente e no tratamento de doenças.

O progresso, também, significaria a necessidade de que fosse organizado de forma a proteger a sua integridade de ação, cabendo ao Estado gerenciar a administrar as medidas sociais que julgasse necessárias, trazendo equilíbrio em um ambiente que era de diversidade e fragmentado entre grupos de indivíduos.

Os grupos de indivíduos, separados por interesses e essencialmente pelo poder aquisitivo que cada classe, trazia uma verdadeira multidão social,<sup>107</sup> que, ao se constituir de

---

<sup>106</sup> “Estes são alguns livros nos quais o contraponto comunidade e sociedade está presente, a despeito da ênfase em um ou outro polo, em aspectos gerais ou muito particulares: O contrato social de Rousseau, O segundo tratado sobre o governo de Locke, O antigo regime e a Revolução de Tocqueville, A ideologia alemã de Marx e Engels, A Divisão do trabalho social de Durkheim, Economia e sociedade de Weber, Comunidade e sociedade de Toennies, Comunidade de MacIver, A busca da comunidade de Nisbet.” (IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989).

<sup>107</sup> “[...] a multidão surge na sociedade civil, urbano-industrial, burguesa, capitalista. Aparece nas manifestações de camponeses, operários, populares, desempregados, miseráveis, famélicos. Desde os começos da sociedade nacional, quando se rompem as relações, os processos e as estruturas que organizam o feudo, o grêmio, o convento, a aldeia, o vilarejo, desde esse então ela irrompe na sociedade, com a sociedade. Nos campos e cidades, nas casas de negócios e fábricas, nas ruas e praças, ela se torna uma realidade viva, forte, surpreendente, assustadora, deslumbrante. Desde o século XVI multiplicam-se os protestos, as revoltas e as revoluções populares. As guerras camponesas na Alemanha são uma amostra e um símbolo dessa história. Os camponeses estão em luta contra as obrigações feudais (dízimos e prestações para os senhores e a igreja), querem melhorar as suas condições de vida, aumentar a sua participação no produto do próprio trabalho, ampliar o seu horizonte social e cultura, conquistar alguma liberdade. Mas essa luta assusta os senhores, príncipes e bispos do passado, bem como os burgueses do presente. São muitos os laços que se rompem; e incertos os horizontes que se abrem. Os grupos dominantes, pretéritos e presentes, juntam-se para evitar transformações mais drásticas, rápidas. No empenho de evitar o rompimento das estruturas sociais prevaletentes, Lutero adota posições semelhantes ao vaticano. Reforma sim, mas nem tanto.” (IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17, 1º sem. 1989).

grupos de pessoas que representavam uma grande parte da população que não tinha acesso aos mesmos privilégios dos nobres e da burguesia, trazia em seu cerne ideológico o questionamento da estrutura social.

O pensamento sociológico aborda a existência das massas de forma multifatorial, uma vez que cada corrente dispõe sobre as transformações sociais instigadas pela massa popular com uma visão diferente do que o fenômeno social representa e de como deve ser estabelecido diante da situação. Quando se enxerga o surgimento da sociologia, compreendemos que o homem, quando iniciou a caminhada rumo ao crescimento do potencial tecnológico, se viu em um meio em que vislumbrava evoluir cada vez mais e conseguir uma estrutura social que fosse construída ao redor disso.

A ciência chegou a lugares importantes e, aliada ao desenvolvimento da tecnologia, conseguia ultrapassar os limites que o homem tinha estabelecido. Ianni trouxe uma reflexão a respeito disso, citando o entendimento trazido por Macaulay:

Em 1837 Macaulay dizia que a ciência “abrandou o sofrimento, venceu as doenças, aumentou a fertilidade do solo”, deu “novas armas ao guerreiro”, “iluminou a noite com o esplendor do dia, ampliou o alcance do olho humano”, “acelerou o movimento, reduziu as distâncias”, “facilitou as comunicações”, “a condução dos negócios” e assim por diante. A ciência é incansável. “A sua lei é o progresso”.<sup>108</sup>

A visão da sociologia, atrelada à condição do homem, que se estabelecia cada vez mais como capaz de caminhar ao progresso científico e de se desenvolver socialmente, se envolvia na percepção da sociedade sob o prisma da evolução tecnológica e industrial, que trazia drásticas mudanças nos padrões de consumo e na vida em sociedade. A sociedade, no âmbito da modernidade, se estabelece como um período em que o pensamento racional e o domínio que o homem tem dos meios de produção e das descobertas da ciência ultrapassavam as limitações, como, por exemplo as ligadas à religião.<sup>109</sup> Hegel trouxe a seguinte concepção, citado por Ianni: “o que é racional é real e o que é real é racional.”<sup>110</sup>

Muito se atrela, à visão que o homem tem da natureza, ao que se estabelece como a forma de pensamento e de viver da modernidade, afinal, ao deixar de se submeter a princípios

<sup>108</sup> (IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 20, 1º sem. 1989).

<sup>109</sup> “Na sociedade moderna, o homem abandonou a tradição e a religião, Deus e o Diabo. Intelectualizou-se de tal maneira que desencana o mundo de visões e fantasmas. Afugente, confina ou domina a incerteza, o desconhecido, o incógnito. Considera-se senhor do próprio destino. Substitui a tradição e a religião pela razão. A razão pode captar, compreender, explicar, e ordenar o mundo. Mais que isso, confere forma e sentido ao mundo, retirando-o do limbo; limpo.” (Ibid., p. 21).

<sup>110</sup> Ibid., p. 21.

tais como aos da religião, como um fundamento obrigatório de desenvolvimento, o homem se liberta para exercer o próprio domínio e gerenciar o próprio crescimento, partindo da premissa de que o desenvolvimento vem a partir de conquistas racionais.

A preocupação de ter cuidado com os recursos ambientais não tem um lugar definido, já que a percepção desses recursos é de que eles alimentem ainda mais o crescimento do ser humano, e não de que sejam usados de forma menos danosa para que sejam perpétuos.

A extensão do pensamento de crescimento e desenvolvimento não chegou, no início do entendimento no âmbito sociológico, à concepção da sustentabilidade, e a visão da natureza como dotada de recursos próprios para administrar os resíduos desse desenvolvimento industrial e a exploração sem limites dos bens naturais trouxe danos irreversíveis ao quadro ambiental contemporâneo. Na sociedade de risco, título a seguir, Beck<sup>111</sup> aborda sobre os pontos de vista e as consequências da modernidade frente às mudanças sociais e com o fortalecimento da indústria, trazendo à tona os riscos inerentes às atividades humanas.

## 2.6 NANOTECNOLOGIA NA ATUAL SOCIEDADE DE RISCO: CONSEQUÊNCIAS DA MODERNIDADE

Atualmente, no século XXI, argumenta-se que estamos caminhando para uma nova era, em que as ciências sociais e as tecnologias devem responder às inúmeras dúvidas, o que nos leva para além da própria modernidade. A seguir, será desenvolvida uma análise da modernidade na visão de Ulrich Beck<sup>112</sup> e de Giddens,<sup>113</sup> bem como trazer uma breve abordagem sobre pontos de vista da sociologia, como integrante do desenvolvimento da vida social moderna.

Estamos no período em que as consequências da modernidade estão se tornando mais radicalizadas e universalizadas, pois o modo de vida produzido pela modernidade nos desconecta de todos os tipos tradicionais de ordem social sem precedentes. As transformações decorrentes da modernidade são mais profundas que a maioria dos tipos de mudanças característicos dos períodos anteriores.

Como visto, o desenvolvimento do homem, frente às mudanças sociais, e o fortalecimento da indústria, trouxeram não somente o crescimento econômico e grandes

---

<sup>111</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

<sup>112</sup> Idem.

<sup>113</sup> GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991.

mudanças nos padrões de consumo e na forma com que o homem se relaciona com a sociedade e com os avanços e progressos, mas também modificou o meio de forma a trazer à tona os riscos inerentes às atividades humanas com interferência na natureza.

Uma diversidade de características está envolvida como o ritmo de mudanças nítido de que a era da modernidade põe em movimento. Isso, possivelmente, mais óbvio no que toca à tecnologia, que permeia todas as esferas. Outra mudança está no escopo da conexão da transformação social penetrando virtualmente em todas as áreas do globo. Ainda, há a mudança no que diz respeito à natureza intrínseca das instituições modernas, que simplesmente não se encontram em períodos históricos precedentes, como o sistema político do Estado-nação.<sup>114</sup>

Usando as observações dos fundadores clássicos da sociologia (Marx, Durkheim e Weber) como trampolim para um dos objetivos do estudo do presente trabalho, trazemos a visão para a caracterização da natureza da modernidade. O lado da oportunidade da modernidade era turbulento e acreditava-se que as possibilidades abertas pela era moderna superavam as características negativas.

Para Marx, a luta de classes era fonte de dissidências fundamentais na ordem capitalista, mas vislumbrava a existência de um sistema social mais humano. Durkheim acreditava na expansão ulterior do industrialismo, no qual estabelece uma vida social harmoniosa e gratificante, integrada através de uma combinação da divisão do trabalho e do individualismo moral. Weber, por outro lado, pessimista, tinha o mundo moderno como um mundo paradoxal onde o progresso material era obtido apenas à custa de uma expansão da burocracia que esmagava a criatividade e a autonomia.<sup>115</sup>

Todos os três autores acima concordavam que o trabalho industrial moderno trazia consequências degradantes e que submetiam os seres humanos a situações de labor maçante, repetitivo. Tal desenvolvimento das indústrias traria consigo um potencial destrutivo de larga escala em relação ao meio ambiente. Preocupações ecológicas não tiveram espaço nas tradições de pensamento incorporadas na sociologia, dificultando, atualmente, a avaliação sistemática delas.<sup>116</sup> A visão do risco, no seu conceito bruto, por Beck, trazida por David, que disse:

---

<sup>114</sup> GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991, p. 15-16.

<sup>115</sup> *Ibid.*, p. 17-18.

<sup>116</sup> *Ibid.*, p. 17.

A respeito da definição da sociedade de risco, Ulrich Beck esclarece: “Sociedade de risco” significa que vivemos em um mundo fora de controle. Não há nada certo além da incerteza. Mas vamos aos detalhes. O termo “risco” tem dois sentidos radicalmente diferentes. Aplica-se, em primeiro lugar, a um mundo governado inteiramente pelas leis da probabilidade, onde tudo é mensurável e calculável. Esta palavra também é comumente usada para referir-se a incertezas não quantificáveis, a “riscos que não podem ser mensurados”. Quando falo de “sociedade de risco”, é nesse último sentido de incertezas fabricadas. Essas “verdadeiras” incertezas, reforçadas por rápidas inovações tecnológicas e respostas sociais aceleradas, estão criando uma nova paisagem de risco global. Em todas essas novas tecnologias incertas de risco, estamos separados da possibilidade e dos resultados por um oceano de ignorância.<sup>117</sup>

A compreensão do risco, segundo Beck<sup>118</sup> é claramente subdividida, estando o termo e a ocorrência divididos entre um mundo provável, onde os riscos têm a sua classificação possível, porém não evidente em cada situação, e a exposição ao risco que os padrões sociais de funcionamento e desenvolvimento expõem às pessoas ao mundo. Beck tem uma concepção da sociedade de risco como um contexto social em que o ser humano está sempre à margem de que algo interfira no seu desenvolvimento e na sua vivência. Se trata de um pensamento que se funda na incerteza como característica inerente às experiências e os desenvolvimentos que o homem alcança através das mudanças sociais, em especial, as promovidas pelo processo de industrialização.

A respeito desse tema, Macedo<sup>119</sup> nos diz, de forma simplificada que, embora o risco seja reconhecido como elemento a ser mensurável ou até calculável para Beck, a sociedade de risco é um mundo de incertezas fabricadas pelas respostas sociais aceleradas, pelas inovações das tecnologias produzindo um novo cenário de risco global. As incertezas não são quantificáveis e, portanto, a sociedade de risco simboliza o descontrole dos riscos civilizatórios, como exemplifica Beck, e ocorrem “na esfera das fórmulas físico-químicas (por exemplo, toxinas nos alimentos ou a ameaça nuclear).”<sup>120</sup>

A constituição de um conceito fechado sobre a temática de Beck não tem cabimento quando se entende a extensão do pensamento sociológico que acompanha a sociedade de risco

<sup>117</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

<sup>118</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

<sup>119</sup> MACEDO, Roberto F de. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade: Os atentados ao redor do mundo que culminaram com o 13 de novembro de Paris. O desastre ambiental em Mariana (MG). A obra de Ulrich Beck previu o que estava por vir. **Jusbrasil**, [s. l.], p. 1-4, [s/d]. Disponível em: <https://ferreiramacedo.jusbrasil.com.br/artigos/160037557/sociedade-de-risco-rumo-a-uma-outra-modernidade>. Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>120</sup> Idem.

que, por si só, é mutável e, pela natureza incerta do risco e das suas manifestações, pode agregar significado em situações distintas. Assim, Beck<sup>121</sup> elaborou cinco teses que englobam a sociedade de risco.

A tese inicial proposta por Beck<sup>122</sup> tem como centro ideológico a percepção do risco pelos seres humanos, que ocorre nas entrelinhas do processo produtivo e, portanto, não tem uma percepção imediata, sendo nutridos ao longo de um período de tempo, para que somente depois seja notado e compreendido como um risco já efetivado, ao ponto de o homem ter que lidar com as consequências.

Bohnert<sup>123</sup> nos trouxe uma concepção acerca da percepção dos danos ambientais mensurando que, diante da crise ambiental gerada pela devastação do meio ambiente, passou a ser uma preocupação constante daqueles que procuram uma qualidade de vida melhor para as presentes e futuras gerações. Para isso, entende que o princípio da precaução está ligado à busca da proteção do meio ambiente e da integridade humana. Sendo assim, Milaré ensina que “precaução é substantivo do verbo precaver-se (do latim *prae* = antes e *cavere* = tomar cuidado), e sugere cuidados antecipados, cautela para que uma atitude ou ação não venha resultar em efeitos indesejáveis.”

O entendimento de Beck carrega consigo a compreensão do que o risco representa e de como ele deve ser compreendido, já que representa um dano em potencial, e deve ser visto sob o prisma da necessidade de precaução para que tenha a sua percepção pautada em soluções definitivas que somente podem ocorrer quando são preventivas.

Na compreensão da primeira tese, encontram-se riscos que são descobertos através de suas consequências, pelo teor impercebível da sua existência. Esses riscos recaem sobre situações em que, ao longo do tempo, o risco coexiste com as atividades que os deram origem, e trazem efeitos que, muitas vezes, são considerados graves e sem uma solução eficaz para paralisar os seus efeitos. Beck<sup>124</sup> traz o contexto dos riscos em todas as cinco teses estabelecidas, sendo a primeira descrita da seguinte forma:

Riscos, da maneira como são produzidos no estágio mais avançado do desenvolvimento das forças produtivas – refiro-me, em primeira linha, à radioatividade, que escapa completamente à percepção humana imediata, mas também às toxinas e poluentes presentes no ar, na água e nos alimentos

---

<sup>121</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

<sup>122</sup> Idem.

<sup>123</sup> Idem.

<sup>124</sup> Ibid., p. 21.

e aos efeitos de curto e longo prazo dele decorrentes sobre plantas, animais e seres humanos -, diferenciam-se claramente das riquezas.<sup>125</sup>

O autor continua a linha de raciocínio explicitando o caráter de irreversibilidade que, muitas vezes, acompanha os riscos sistemáticos, os quais são definidos, por vezes, como irreversíveis e fundamentalmente invisíveis que apresentam, portanto, somente o conhecimento científico, abertos a processos sociais de definição como instrumentos e posições da definição de riscos tornando-se posições-chave em termos sociopolíticos.<sup>126</sup>

A concepção de que os riscos são invisíveis até que suas consequências sejam sentidas também tem lugar porque, muitas vezes, servem para identificar de onde vem o dano que o risco está gerando. É necessário conhecimento específico, cabendo estudos científicos para sua correta identificação e proposição de soluções efetivas.

A segunda tese trazida por Beck traz um entendimento global de disseminação das consequências negativas dos riscos e baseia-se na noção de que muitos riscos causados por intermédio da ação de apenas um grupo de pessoas traz efeitos colaterais para todo o mundo ao seu redor e, muito embora o grupo que deu início à atividade arriscada utilize os bônus da atividade somente a seu favor, também colherão os ônus, assim como os outros.

Trata-se de efeitos que não têm seletividade baseada na proteção ao fato gerador do risco, mas que atingem a todos, muitas vezes, de forma uniforme. Assim, não há uma possibilidade de que a pessoa que se dispôs, por seu próprio benefício, a realizar atividade que desse como resultado negativo saia imune aos efeitos negativos, que podem se inserir tanto no plano da saúde, como na obtenção de bônus da atividade, que se sabota ao gerar mais riscos do que que benefícios. Sobre a compreensão da distribuição dos efeitos do risco, Beck disse o seguinte:

[...] com a distribuição e o incremento dos riscos, surgem situações sociais de ameaça. Estas acompanham, na verdade, em algumas dimensões, a desigualdade de posições de estrato e classes sociais, fazendo valer, entretanto, uma lógica distributiva substancialmente distinta: os riscos da modernização cedo ou tarde acabam alcançando aqueles que os produziram ou que lucram com eles. Eles contêm um efeito bumerangue, que implode o esquema de classes. Tampouco os ricos e poderosos estão seguros diante deles. Isto não apenas sob a forma de ameaças à saúde, mas também como ameaças à legitimidade, à propriedade e ao lucro: com o reconhecimento social de riscos da modernização estão associadas desvalorizações e desapropriações ecológicas, que incidem múltipla e sistematicamente a contrapelo dos interesses do lucro e propriedade que impulsionam o

<sup>125</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010, p. 21.

<sup>126</sup> Ibid., p. 27.

processo de industrialização. Ao mesmo tempo, os riscos produzem novos desníveis internacionais, de um lado entre o terceiro mundo e os países industriais, de outro lado entre os próprios países industriais. Eles esquivam-se à estrutura de competências do Estado nacional. Diante da universalidade e da supranacionalidade do fluxo de poluentes, a vida da filha de grama na floresta bávara passa a depender da assinatura e implementação de acordos internacionais.<sup>127</sup>

A percepção do autor, especificamente ao final do contexto que descreve, traz à tona um elemento da visão da sociologia sobre a sociedade de risco, que compreende os elementos de organização política e social em nível global, estando as decisões de representação de grande exposição de risco ao mundo ou a um contexto social abrangente, sempre suscetíveis ao controle estatal, baseado em acordos de representantes de diversas partes do globo.

Quanto à terceira tese proposta por Beck,<sup>128</sup> disposta em sua obra como uma compreensão geral da coligação do funcionamento do sistema capitalista com os riscos existentes, afirma que a visão social do desenvolvimento econômico ocupa um papel de grande destaque na experiência de vida que o ser humano busca promover com o pensamento no progresso. “A expansão e a mercantilização dos riscos de modo algum rompem com a lógica capitalista de desenvolvimento, antes elevando-a a um novo estágio.”<sup>129</sup> Os riscos são o novo estágio da modernização e as necessidades insaciáveis que os economistas sempre procuraram. Portanto, “a fome pode ser saciada, necessidades podem ser satisfeitas, mas os riscos civilizatórios são um barril de necessidades sem fundo, interminável, infinito, autoproduzível.”<sup>130</sup> Com os riscos, a economia torna-se “autorreferencial”, independentemente do ambiente da satisfação das necessidades humanas. “Isto significa, porém: com a canibalização econômica dos riscos que são desencadeados através dela, a sociedade industrial produz as situações de ameaça e o potencial político da sociedade de risco.”<sup>131</sup>

A respeito do tema, David<sup>132</sup> entende que a terceira tese de Beck, que menciona que a expansão dos riscos não altera a lógica capitalista do desenvolvimento, pois o crescimento econômico é indispensável para sociedade saciando as necessidades humanas “com a

<sup>127</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010, p. 28.

<sup>128</sup> Idem.

<sup>129</sup> Ibid., p. 28.

<sup>130</sup> Ibid., p. 28.

<sup>131</sup> Ibid., p. 24-30.

<sup>132</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

canibalização econômica dos riscos que são desencadeados através dela, a sociedade industrial produz as situações de ameaça e o potencial político da sociedade de risco.”<sup>133</sup>

Quando se indaga sobre o risco, logo o pensamento de amenizar os danos vem à tona, já que o crescimento sistemático da economia e o desenvolvimento industrial fazem parte de uma lógica humana de expansão de domínio e controle dos meios de produção e do progresso constante, o que acaba por fazer com que o homem, através de seu potencial industrial, se coloque como uma sociedade de risco mesmo quando compreende a força auto destrutiva que pode vir junto com a interferência desenfreada contra o meio ambiente.

A quarta tese de Ulrich se refere à coexistência dos seres humanos com diferente quantidade de riquezas acumuladas e traz a reflexão de que as consequências que os riscos trazem para a sociedade se distribuem tanto entre a camada mais pobre quanto a que acumula mais bens e riquezas. A respeito do posicionamento de Beck, ao classificar o momento histórico contemporâneo, Macedo trouxe o seguinte:

Ao lado do sociólogo inglês Anthony Giddens, Beck é um teórico de destaque na atualidade. Nascido em 1944, desenvolveu juntamente com o sociólogo britânico a noção de sociedade de risco, foco do livro em análise. Nele, Beck defende a ideia de que a modernidade (considerada por muitos como pós-modernidade) passa por um momento de ruptura histórica, assim como ocorreu na passagem da sociedade feudal para a industrial. A diferença, porém, é que essa ruptura não representa o fim da sociedade moderna, e sim sua reconfiguração. Segundo ele, vivemos um momento de transformação da sociedade industrial clássica, caracterizada pela produção e a distribuição de riquezas, em uma chamada sociedade (industrial) de risco, na qual a produção dos riscos domina a lógica da produção de bens.<sup>134</sup>

David<sup>135</sup> evidenciou a quarta tese proposta por Beck, tratando, ainda, da democratização dos riscos em nível global, no qual a concepção dos riscos seria mais democrática e globalizada, assim, nem pobres nem ricos estariam imunes às ameaças produzidas pelo progresso, embora admita que os riscos possam ser distribuídos conforme a classe social. Todavia, os riscos são produzidos ao mesmo tempo, ou seja, podem ser reais ou irreais, por estarem aliados a danos e perigos calculados. “Isso pressupõe [...] que os riscos

---

<sup>133</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

<sup>134</sup> MACEDO, Roberto F de. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade: Os atentados ao redor do mundo que culminaram com o 13 de novembro de Paris. O desastre ambiental em Mariana (MG). A obra de Ulrich Beck previu o que estava por vir. **Jusbrasil**, [s. l.], p. 1-4, s/d. Disponível em: <https://ferreiramacedo.jusbrasil.com.br/artigos/160037557/sociedade-de-risco-rumo-a-uma-outra-modernidade>. Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>135</sup> DAVID, op. cit., [s.p.].

tenham sido bem-sucedidos em um processo de reconhecimento social”<sup>136</sup>. A legitimação diferenciaria a distribuição das novas “riquezas”.<sup>137</sup>

A visão de que os riscos estão coligados ao progresso traz também o entendimento de que todos os indivíduos podem ser vítima de suas consequências, já que a extensão de seus efeitos não se pré-determina pela condição de classe que a pessoa ocupa, como refletiu o período industrial, mas abrange todo o globo, conforme Beck.<sup>138</sup>

A última tese de Beck traz consigo a compreensão de que a sociedade obtém o conhecimento geral dos riscos, e isso é provado com as mobilizações ambientais promovidas com a análise das consequências drásticas que anos de degradação industrial sem preocupações práticas gerou. O autor diz o seguinte:

[...] riscos socialmente reconhecidos, da maneira como emergem claramente, pela primeira vez, no exemplo das discussões em torno do desmatamento, contêm um peculiar ingrediente político explosivo: aquilo que até há pouco era tido por apocalíptico torna-se político – o combate às “causas” no próprio processo de industrialização. Subitamente, a esfera pública e a política passam a reger na intimidade do gerenciamento empresarial – no planejamento de produtos, na equipagem técnica, etc. -, o potencial político das catástrofes. Sua prevenção e seu manejo podem acabar envolvendo uma reorganização do poder e da responsabilidade. A sociedade de risco é uma sociedade catastrófica. Nela, o Estado de exceção ameaça converter-se em normalidade.<sup>139</sup>

A reflexão final de Beck<sup>140</sup> traz à tona a gravidade de uma sociedade que permanece sujeita aos riscos sem buscar interferir radicalmente no seu controle, no manejo de suas consequências e, ainda, na proibição e na prevenção de que novos focos de risco aconteçam. É uma reflexão que busca por melhorias e mudanças sociais e políticas voltadas ao amparo ambiental e que devem ser realizadas no mundo inteiro, como uma forma de minimizar os danos e reestabelecer a qualidade de vida.

<sup>136</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

<sup>137</sup> *Ibid.*, p. 2.

<sup>138</sup> “[...] riquezas podem ser possuídas; em relação aos riscos, porém, somos afetados; ao mesmo tempo, eles são atribuídos em termos civilizatórios. Dito de forma hiperbólica e esquemática: em situações relativas a classe ou camada social, a consciência é determinada pela existência, enquanto, nas situações de ameaça, é a consciência que determina a existência. O conhecimento adquire uma nova relevância política. Consequentemente, o potencial político da sociedade de risco tem de se desdobrar e ser analisado em uma sociologia e em uma teoria do surgimento e da disseminação do conhecimento sobre os riscos.” (BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010, p. 32).

<sup>139</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010, p. 28.

<sup>140</sup> *Idem.*

Na sociedade de risco, a saúde e os riscos ao meio ambiente são questões que não podem ser perfeitamente definidas e mensuradas por cientistas, como: quais riscos são os mais importantes; quais são aceitáveis; e quais são menos importantes. O risco, no elevado grau de desenvolvimento tecnológico, não é algo que possa ser avaliado de maneira puramente racional, e a incerteza ao desconhecido tem muito em comum com as sociedades primitivas. Nessa visão, traremos, a seguir, o risco na atual modernidade e a leitura do risco em sentido jurídico.

## 2.7 RISCO E MODERNIDADE

Os riscos que enfrentamos agora ou no futuro não temos como conhecer, mas devemos agir como se tivéssemos esse conhecimento. Não tem como estar ciente da maioria dos riscos na maior parte do tempo. Dessa forma, devemos nos resguardar de determinados perigos. Ainda, há muita divergência acerca do que é arriscado, qual o tamanho do risco e o que fazer a respeito.

Com a revolução industrial caminhando em conjunto, a euforia provocada pelo crescimento econômico e pela possibilidade de agregar capital e poder permitiu o modelo econômico capitalista, que encontrou espaço propício para se expandir e se consolidar como o modelo ideal que possibilitava às pessoas projeções de objetivos materiais.

Ao longo da história, o desenvolvimento humano, bem como o crescimento industrial, deu frente à exploração do meio ambiente para o crescimento e para a adaptação aos interesses sociais. A produção de riquezas e a utilização da natureza de forma a conseguir extrair dela o máximo de benefícios possíveis fez com que o ser humano conseguisse, ao longo do tempo, se estabelecer conforme evoluía o potencial tecnológico e do quanto o meio podia oferecer, afrontando uma questão relevante, oculta pela lógica do modelo produtivo: os riscos percebidos, sobretudo no meio ambiente.

Está evidente que estamos expostos aos riscos derivados da tecnologia. Todavia, a tecnologia também traz benefícios. Em momentos anteriores, citamos o risco da atividade e da grande probabilidade do dano que a nanotecnologia pode causar. Precisamos, também, trazer a informação, mesmo que de forma resumida, acerca dos resultados favoráveis que essa tecnologia proporciona à humanidade e ao meio ambiente como: detectar doenças, maior efetividade dos tratamentos medicinais, redução do consumo de energia, tratamento da água servida, nos medicamentos, nos cosméticos. Entretanto, não podemos esquecer que não há no

Brasil legislação específica para regular todos os casos para que tenha indenizados eventuais danos injustos, principalmente os possíveis danos decorrentes das nanotecnologias.

Os obstáculos encontrados pelo homem no percurso que ele caminha com o objetivo no desenvolvimento são os riscos que podem ser encarados de diversas formas, tanto no que diz respeito às mudanças climáticas, que são quadros naturais reativos à ação do homem sobre o meio, quanto aos fenômenos naturais, como, por exemplo, a forma de ingerência das estações do ano ao redor mundo e sua relação com a agricultura local.

Os riscos ambientais se tornaram motivo de preocupação quando passaram de ameaças locais para ameaças globais demonstrando que as consequências do uso irracional do meio ambiente não atingiriam somente aqueles que produziam, mas a qualquer classe social e em qualquer lugar do mundo. A respeito da reação do homem junto aos riscos e à sua percepção, David disse:

Durante todo o período de implantação e desenvolvimento do sistema industrial, a natureza jamais foi considerada, sendo subjugada e explorada até o final do século XX. Essa situação se reflete nos tempos atuais, em que se verifica a impotência do sistema industrial mundial diante da “natureza industrialmente integrada e contaminada”.<sup>141</sup> O homem aprendeu que contra as ameaças da natureza externa era necessário construir cabanas que o protegessem dos fenômenos meteorológicos e armazenar conhecimentos, entretanto, diante das ameaças da “natureza absorvida pelo sistema industrial” o homem se vê indefeso. Atualmente, o homem se vê indefeso não só perante as respostas produzidas pela natureza, mas em face de todas as consequências advindas da modernidade, de modo que os perigos passaram a assombrar o cotidiano da sociedade.<sup>141</sup>

Como visto, os riscos que o ser humano sofre variam de acordo com a origem e, na contemporaneidade, são muito mais relacionados à forma com que o homem explora e convive com a natureza e como ela responde aos séculos de manipulação humana. Trata-se de riscos tanto relacionados ao ambiente em si, quanto à saúde, conforme corroboram Carvalho, Sobrinho e Zibetti,<sup>142</sup> quando afirmam que “os seres humanos sempre enfrentaram riscos, pois as sociedades humanas eram ameaçadas por riscos externos - perigos como secas, terremotos, escassez e tempestades provenientes do mundo natural, que não tinham relação alguma com

<sup>141</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

<sup>142</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização e Riscos Ambientais e Ecológicos: consequências da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

ações humanas.” Eles complementam referindo que os serem humanos enfrentam uma enormidade de tipos de riscos, os quais, muitas vezes, são criados pelo impacto de nosso próprio conhecimento e da tecnologia sobre o mundo natural, e os riscos ambientais e de saúde enfrentados pelas sociedades contemporâneas; e riscos produzidos que são o resultado de nossas próprias intervenções na natureza.<sup>143</sup>

A situação do meio ambiente frente à intervenção humana chegou a um ponto em que há diversos males, causadores diretos de riscos, que não vislumbram solução definitiva, tendo se tornado males com os quais o ser humano terá que conviver e que, mesmo que tenham uma solução por ter a evolução tecnológica como uma aliada, geram consequências diretas na vida de pessoas no globo inteiro, imediatas e a longo prazo, para diversas gerações. Esses riscos não respeitam as fronteiras de Estados nem as classes sociais, podendo atingir não somente os responsáveis por sua causa, mas qualquer pessoa do planeta

A forma com que o ser humano iniciou a exploração do meio ambiente e o pensamento nos frutos inacabáveis da natureza a devastaram, e somente quando os primeiros sintomas do desequilíbrio ambiental começaram a tomar forma é que a conscientização foi acontecendo. Mesmo que tenha despertado o interesse social, ainda há práticas de grande repercussão negativa, como é o caso do consumo de plástico,<sup>144</sup> responsável por números assustadores de matéria poluente ao redor do mundo.

---

<sup>143</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização e Riscos Ambientais e Ecológicos: consequências da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>144</sup> “[...] Produtos feitos de plástico estão incorporados ao cotidiano das pessoas em todo o mundo: embalagens, brinquedos, móveis, tecidos e automóveis são apenas alguns exemplos. O uso do material revolucionou a indústria, mas também gerou um grande desafio para o planeta: o acúmulo de lixo. Cientistas americanos descobriram que, de 1950 - data em que a produção em larga escala dos materiais sintéticos começou — até 2015, os seres humanos geraram 8,3 bilhões de toneladas métricas de plástico. Desse número, 6,3 bilhões de toneladas se tornaram resíduos. Menos de 10% desse montante foi reciclado. E a situação pode se agravar. Os pesquisadores preveem que cerca de 12 bilhões de toneladas métricas de resíduos plásticos terminarão em aterros sanitários ou no ambiente natural até 2050. A pesquisa, publicada na última edição da revista americana *Science Advances*, é a primeira análise global sobre produção, uso e destino de todo plástico já produzido no mundo. Os cientistas compilaram dados estatísticos de geração de resinas, fibras e aditivos, em várias fontes da indústria, que foram sintetizados de acordo com o tipo e o consumo. Os resultados da análise mostraram um cenário alarmante. A produção anual de plástico subiu de 2 milhões de toneladas métricas, em 1950, para 400 milhões de toneladas métricas, em 2015. Os pesquisadores destacam que esse aumento recente foi o que mais espantou os especialistas. ‘Foi surpreendente ver que a metade de todos os plásticos já produzidos globalmente surgiu apenas nos últimos 13 anos’, explicou ao Correio Roland Geyer, principal autor do estudo e professor-associado da Escola de Ciências e Gestão Ambiental da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos. (SOARES, Vilhena. Plástico: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%: O uso do material revolucionou a indústria, mas também gerou acúmulo de lixo.” **Correio brasileiro**, [s.l.], p. 1-4, 27 jul. 2017. Disponível em: [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna\\_ciencia\\_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml). Acesso em: 24 dez. 2019.

O processo de modernização revelou que seus efeitos secundários eram mais evidentes que os próprios resultados produzidos pelo crescimento econômico. Os danos ambientais existem em larga escala, e a aceleração industrial e tecnológica é responsável por muitos danos, sendo os efeitos dessa interferência do homem na natureza o primeiro passo para que o meio ambiente fosse poluído e sofresse diversas formas de depredação.<sup>145</sup> Com o advento do capitalismo e da revolução industrial, o consumo teve alterações intensas e as relações sociais mudaram. As fábricas e o aumento do desenvolvimento tecnológico ligado ao maquinário davam uma variedade nunca vista de produtos produzidos em larga escala. A respeito, Seibel disse:

O consumo e a busca do conforto material passam a ser o cerne do desenvolvimento da sociedade capitalista. As relações sociais e todo o referencial simbólico da sociedade moderna estavam, aos poucos, se inserindo nesse contexto e na valorização extremada do consumo. Com isso as atividades que se ocupavam da fabricação de produtos, do desenvolvimento de projetos e dos processos industriais, estavam se desenvolvendo significativamente. Começava aos poucos a surgir uma nova atividade profissional que, em muitos aspectos, se equipara ao que hoje denominamos design de produtos.<sup>146</sup>

Assim, o crescimento da industrialização trouxe o aumento do potencial financeiro social e diversas melhorias estruturais nas cidades, porém, paralelamente aos avanços na qualidade de vida, era às custas da natureza e do equilíbrio do meio ambiente que a indústria se formava, trazendo diversas novas fontes de poluição e em quantidades nunca antes vistas, já que a mão de obra não tinha a mesma capacidade de gerar resíduos e poluir o ar quanto o maquinário.<sup>147</sup>

<sup>145</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização E Riscos Ambientais E Ecológicos: Consequências Da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>146</sup> MACHADO, Augusto Seibel. **A questão das embalagens e sua relação com a sustentabilidade**. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em artes e design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110_1.PDF). Acesso em: 20 dez. 2019.

<sup>147</sup> “Segunda fase do sistema capitalista: Capitalismo Industrial (Século XVIII – XIX). A passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial se deu em meio à revoluções tecnológicas e políticas. A Revolução Industrial se inicia na Inglaterra em 1760, e tem como seu marco principal a introdução da máquina a vapor na produção, o que deu início à transição de uma produção manufatureira para uma produção industrial. A produção industrial tornava-se necessária, pois com o crescimento demográfico e expansão das cidades era necessário que os produtos fossem criados e distribuídos com mais eficiência e escala. As revoluções também tiveram um caráter político. Em 1789 inicia-se a Revolução Francesa, movimento que buscava o fim da organização política, social e econômica vigente na época; que oferecia privilégios a pequenas parcelas da população e concedia poucos direitos ao povo. Nessa fase do capitalismo, o poder passou para as mãos da burguesia, que começou a crescer com a intensificação do comércio. A economia durante o período do capitalismo industrial estava baseada no liberalismo econômico. Essa corrente de pensamento – cujo principal pensador foi Adam Smith – defendia o Estado mínimo e a não intervenção estatal na economia. Segundo seus

Segundo Douglas e Wildavsky,<sup>148</sup> “a classificação de riscos (pré-requisito de qualquer avaliação de riscos), com vistas a determinar qual deles enfrentar e em que ordem, requer um acordo prévio quanto aos critérios.” Não há maneira mecânica de elaborá-los. Ravetz<sup>149</sup> entende que há “esperança de produzir uma taxonomia, uma avaliação e, por fim, uma solução técnica para o problema dos riscos é, em essência, tão ambiciosa quanto a proposta de submeter toda a experiência e valores humanos a uma escala capaz de medir seu grau de manipulação matemática ou política.”

Os riscos têm, em sua identificação, três diferentes tipos, que se compreendem segundo a forma com que se representam ou com o seu o potencial de atingir o meio ambiente e refletir nos seres humanos. Assim, Carvalho, Sobrinho e Zibetti<sup>150</sup> trouxeram a seguinte classificação: a destruição ecológica condicionada pela riqueza e pelos riscos técnicos industriais, como a camada de ozônio, o efeito estufa, além das consequências imprevisíveis e incalculáveis da tecnologia; a destruição ecológica condicionada pela pobreza e os riscos técnicos industriais; e o riscos das armas de alto poder destrutivo, os riscos de autodestruição local ou global, pelas armas químicas, nucleares e tecnológica. Os autores continuam a reflexão trazendo à tona a configuração de cada risco, e como eles podem ser combatidos:

Os riscos ambientais são difusos em sua origem, não se sabe como devem ser enfrentados ou quem tem a responsabilidade de agir para enfrentar os efeitos dos riscos. Os riscos ambientais ultrapassam fronteiras, pois a extensão da causae da consequência é desconhecida e indefinida. O risco pode ser individual ou coletivo, pois a cada instante da vida podem sobrevir ameaças ou perigos e, ele está associado às diversas atividades executadas pelo ser humano. Consequentemente, os riscos e perigos são percebidos em escala planetária, causando a destruição do meio ambiente e da humanidade.<sup>151</sup>

---

defensores, a lei de oferta e procura e a competição do mercado, garantiriam melhores resultados para a sociedade como um todo. O modo de produção vigente nos séculos de capitalismo industrial permitiram o aumento da produtividade, a diminuição dos valores das mercadorias e a acumulação de capital; por outro lado, esses avanços só foram possíveis a partir de condições precárias de trabalho, jornadas de trabalho muito altas, diminuição dos salários e aumento do desemprego (CARVALHO, Talita de. A origem do sistema capitalista. **Politize**, [s.l.], p. 1-5, 5 dez. 2018. Disponível em: <https://www.politize.com.br/sistema-capitalista-origem/>. Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>148</sup> DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. Tradutor Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2ª reimpressão, 2012. p. 3.

<sup>149</sup> RAVETZ, Jerome R. Public Perceptions of Acceptable Risks as Evidence of Their Cognitive, Technical and Social Structure. In: DIERKES, Meinolf *et al.* (Orgs.). **Tecnological Risks**: its perception and handling in the European Community. Cambridge, 1980. p. 46-47. Disponível em: <http://liacs.leidenuniv.nl/assets/PDF/TechRep/tr91-21.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>150</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização E Riscos Ambientais E Ecológicos: Consequências Da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez 2019.

<sup>151</sup> Idem.

A percepção dos riscos pode acontecer, como visto, de diversas formas, e não se entende a extensão dos seus efeitos, já que podem afetar todo o globo e os indivíduos na sua particularidade. As possibilidades de como o ser humano é atingido e gera, ainda, outros riscos infinitos, já que a compreensão do potencial da natureza, estando o homem inserido nela, não tem uma dimensão fixa, sendo ela viva e trazendo resposta às ações humanas. Em termos conceituais, Ravetz<sup>152</sup> afirma que os riscos são incontroláveis, pois não há como saber se está sendo feito o bastante para evitar um suposto perigo, que poderá se concretizar no futuro. Mesmo, assim, resta a dúvida de quanta ação será necessária para prevenir e se a ação estaria dentro dos parâmetros do comportamento razoável de conhecimento dos riscos.

Com base nessas, mesmo que em um futuro distante, não haverá consenso entre os historiadores com relação à atual geração de que se poderia ou não ter tomado caminhos diversos ou mais seguros quando se trata dos riscos e dos tipos aceitáveis, pois as incertezas em torno do conhecimento multiplicam-se, e ninguém conhece mais que uma fração ínfima dos perigos que rodeiam os riscos.

Uma compreensão realista dos riscos traz consigo a concepção de que a incerteza nos efeitos da exploração ambiental é uma característica que deve ser levada para que o ser humano promova campanhas de restauração aos danos já causados e a interrupção de novas ações de exploração ambiental, já que a promoção de medidas reparadoras é a melhor forma de tentar ajudar a si mesmo e ao meio contra desastres ambientais é à prevenção a mais exploração.

O pensamento industrial e capitalista, apesar da ligação direta com os prejuízos ambientais, tem consigo um pensamento de expansão e de crescimento financeiro muito grande, tratado como um fator acessório, mas que deveria ser a causa principal de modificações no processo industrial e na distribuição e comercialização de novos produtos. O processo de globalização deve sempre examinar a intervenção humana no meio ambiente segundo as ações capitalistas. A respeito do tema, David disse o que se segue:

Nas palavras de Zygmunt Bauman, a globalização inspira a situação de desconfiança e desordem presentes na sociedade pós-moderna: “o significado mais profundo transmitido pela ideia da globalização é o do caráter indeterminado, indisciplinado e de autopropulsão dos assuntos mundiais; ausência de um centro, de um painel de controle, de uma comissão diretora, de um gabinete administrativo”. A globalização trouxe consigo a

---

<sup>152</sup> RAVETZ, Jerome R. Public Perceptions of Acceptable Risks as Evidence of Their Cognitive, Technical and Social Structure. In: DIERKES, Meinolf *et al.* (Orgs.). **Tecnological Risks: its perception and handling in the European Community.** Cambridge. 1980. p. 47. Disponível em: <http://liacs.leidenuniv.nl/assets/PDF/TechRep/tr91-21.pdf>, acesso em: 24 dez 2019.

alteração dos conceitos de limites geográficos e de distância, uma vez que, com a interconexão mundial, as fronteiras desenhadas na cartografia e o espaço físico existente entre uma localidade e outra são rapidamente superados pelos meios de comunicação, pela velocidade com que a informação é dissipada e pela intensa interação social.<sup>153</sup>

A reflexão nos traz argumentos à compreensão de como a globalização e os hábitos de consumo estão aliados à política, e como a organização dos Estados estão globalizados. O capital e a economia alteram seus rumos em uma velocidade ímpar, impossível de ser seguida pelos atos estatais. Dessa forma, o poder dos Estados está sendo desgastados por forças transacionais, entretanto, são os únicos capazes de promover iniciativas políticas efetivas, mas avessas estão às ações deliberadas e racionais, causando uma sensação de desordem mundial. Assim, um “mundo em que o capital não tem domicílio e os fluxos financeiros estão bem além do controle dos governos nacionais, muitas das alavancas da política econômica não mais funcionam.”<sup>154</sup>

A visão de que uma crise ambiental afeta de forma irreparável a vida humana é necessária para que as mudanças sejam efetivadas, já que continuar com a promoção de um sistema de produção industrial com foco no ganho financeiro é extremamente prejudicial. Um dos fatores que se relacionam diretamente com a poluição ambiental em escala global se dá pela pobreza, sendo a desigualdade um grave problema na medida em que há um vínculo entre a carência e a pobreza com a poluição e degradação do meio ambiente.<sup>155</sup>

Zabetti, citando Beck, disse que, entre destruição ambiental como resultado de bem estar e a destruição ambiental como resultado da pobreza, há uma diferença essencial, pois, “as ameaças ambientais causadas pela riqueza deriva da externalização dos custos de produção, no caso de destruição ecológica motivadas pela pobreza são os pobres que se destroem a si mesmos com efeitos colaterais para os ricos.”<sup>156</sup> A destruição ambiental causada pela riqueza é distribuída igualmente por todo o mundo, enquanto que a causada pela pobreza atinge locais específicos e somente se internacionaliza na forma de efeitos colaterais que ocorrem em médio prazo.<sup>157</sup>

<sup>153</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

<sup>154</sup> *Ibid.*, p. 3.

<sup>155</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização E Riscos Ambientais E Ecológicos: Consequências Da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>156</sup> *Idem.*

<sup>157</sup> *Ibid.*, p. 8.

O que se percebe pela colocação de Beck é que a situação ambiental tem a percepção não somente da coletividade do mundo, mas de indivíduos em situações extremas. A respeito da contemporaneidade, Beck tem a concepção de que há a necessidade de que seja sempre precedida de “pós”, já que se refere a um Estado de desorientação que traz consigo um passado ainda vigente e um futuro anunciado.<sup>158</sup> A complexidade da visão social traz, junto à evolução tecnológica e ao advento do capitalismo, um prejuízo ambiental em larga escala, traz a necessidade de que os danos ao meio ambiente sejam expostos, e que o ser humano tenha mais sensibilidade ao notar os efeitos que já se mostram dia após dia na rotina das pessoas.

O foco, durante o período de industrialização e o início da modernidade, trouxe a priorização do bem-estar do homem frente ao que a indústria e os adventos tecnológicos poderiam fornecer, extraíndo da natureza o que precisasse para que o padrão de vida fosse mantido e melhorado, com a sua colocação cada vez mais dominante no cenário social. A visão social que a revolução industrial trouxe caminhou ao longo das décadas e trouxe cada vez mais à tona o consumismo, que alimentava a produção industrial e o ideal de conforto. Um exemplo é o período pós-guerra, conforme diz Seibel:

Com o final da primeira guerra mundial, os países europeus que nela se envolveram, necessitavam reconstruir tudo o que havia sido destruído. Incrementaram as fábricas que passavam a produzir em uma escala sem precedentes. A população, cada vez mais atraída pelo ideal burguês do conforto, progressivamente se tornava consumista, que proporcionava a movimentação frenética dos mercados consumidores e embalava ainda mais o desenvolvimento do setor industrial e, por conseguinte, a produção de uma infinidade de produtos.<sup>159</sup>

Porém, junto com a visão de crescimento, o desenvolvimento industrial deixou resíduos e diversas marcas que se ligam diretamente aos prejuízos ambientais percebidos ao longo das décadas. David traz uma reflexão que se resume ao raciocínio industrial com a visão no lucro ao dizer que “enquanto na sociedade industrial a lógica da produção de riqueza domina a lógica da produção do risco, na sociedade de risco esta relação se inverte.”<sup>160</sup>

---

<sup>158</sup> CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização E Riscos Ambientais E Ecológicos: Consequências Da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>159</sup> MACHADO, Augusto Seibel. **A questão das embalagens e sua relação com a sustentabilidade**. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em artes e design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110_1.PDF). Acesso em: 20 dez. 2019.

<sup>160</sup> DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

Os passos do ser humano rumo à evolução industrial, ao crescimento e à melhoria na qualidade de vida, aliados a um estilo de vida e economia pautado no consumo, tornam cada vez mais o planeta suscetível aos riscos ambientais, já que todo desenvolvimento é pautado na utilização de algo que sirva como base, e que alimente e sustente o crescimento. O ser humano se apoia na natureza e nos seus recursos, e quando os limites são mal estabelecidos e as marcas deixadas pelo uso ultrapassam o necessário para sobrevivência, o homem sofre as consequências da reação do meio ambiente para com seus métodos de exploração. Carmo trouxe a seguinte reflexão a respeito disso:

É possível concluir, a partir do presente ensaio que quanto mais o Ser Humano avança tecnologicamente, nas sucessivas gerações industriais, muito mais fica exposto aos riscos, pois, como sentencia Ulrich Beck, quanto maior o desenvolvimento científico maiores serão os riscos para a sociedade e para o meio ambiente em uma escala que vai do indivíduo até coletividade planetária. [...] É possível afirmar, sem exagero, que na sociedade de risco, embora os abastados sofram menos, não há diferença de classe social quanto aos impactos socioambientais relacionados com a qualidade do ambiente (ar, água, poluição, clima, violência).<sup>161</sup>

A realidade dos riscos é fruto do desenvolvimento humano exploratório a um meio ambiente que precisa de equilíbrio para conseguir acompanhar sem se prejudicar enquanto oferece suporte às pessoas, sendo base de sua vida. A grande compreensão de como as pessoas são atingidas pelos desastres naturais e de que os problemas ambientais são reflexo de seus próprios atos é fundamental para que os planos de restauração e prevenção a mais exploração se tornem efetivos, e não apenas medidas de contenção de um sistema que continua promovendo a exploração sem freios do meio ambiente.

O apoio da sociedade é vital para que as mudanças sejam promovidas, afinal, os hábitos de consumo moldam a forma com que a natureza é utilizada. A partir da reflexão de como o advento do capitalismo e do maquinário industrial afetou o impacto humano na natureza, compreende-se que os hábitos da sociedade também têm um lugar importante. Em especial, quanto ao consumo de matérias com alto potencial poluente, e quanto às práticas diárias de manipulação do lixo. Cabe aos indivíduos compreender o impacto que têm e causam ao meio ambiente em que vivem.

Portanto, os riscos são incontrolláveis, e resta a dúvida de qual e quanta ação será necessária para prevenir os riscos dentro dos parâmetros comportamentais aceitos de

---

<sup>161</sup> CARMO, Wagner. A sociedade de risco. **Empório do direito**, [s.l.], p. 1-3, 23 set. 2018. Disponível em: <https://emporiiodireito.com.br/leitura/a-sociedade-de-risco>. Acesso em: 24 dez. 2019.

conhecimento. Silveira<sup>162</sup> menciona que “problematizar o risco significa questionar a atividade propriamente dita, se os riscos que ela produz são socialmente aceitáveis, toleráveis em termos científicos, sociais e econômicos.”

Lado outro, a problematização legislativa do risco tangenciada no sistema jurídico, no que refere a legislação ambiental não deve passar despercebida, senão vejamos.

Atualmente há muitos produtos fabricados com nanotecnologia: 8.962 produtos, por 2.404 companhias em 61 países.<sup>163</sup> E esses números podem ser ainda maiores, pois não há regulamentação em nível nacional e internacional. É de conhecimento que as nanotecnologias estão em franca expansão e suas conquistas são rápidas. Contudo, no uso para a segurança ambiental, essa tecnologia não teve o mesmo caminhar, pois tem sido demonstrado que os nanomateriais terão uma influencia inevitável quando atingirem a humanidade e o ecossistema. Não existem sistemas abrangentes que possam estabelecer ou avaliar, com clareza, os riscos ao meio ambiente, pois não é uma tarefa fácil. Não se tem conhecimento sobre a detecção das partículas e o rastreamento para seu o destino.

Nesse gancho, o conceito de risco para a legislação ambiental está cada vez mais central e presente. O termo risco, em sentido jurídico, não é homogêneo, trazendo dificuldades em diferentes disciplinas. Basicamente, ele exprime simplesmente o sentido de perigo ou do mal receado. Portanto, para esse trabalho, iremos fazer uso do conceito de risco ambiental, foco chave no Direito Ambiental. Em uma das linhas de investigação, o risco se estabeleceu no surgimento do período industrial, quando o aumento exponencial da inserção de poluentes e resíduos evidenciou que os mecanismos de reação da natureza traziam resultados devastadores como consequência da utilização e exploração desenfreada e negativa dos recursos naturais pelos seres humanos, que buscavam o crescimento e o desenvolvimento tecnológico e econômico sem compreender até onde poderiam chegar com a natureza.

A concepção do risco trava uma batalha de compreensão. Segundo Silveira,<sup>164</sup> as linhas de investigação convergem para uma análise sobre o “risco como construção social” e

---

<sup>162</sup> SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável**. Caxias do Sul: Educs, 2014, p.225.

<sup>163</sup> NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). **Source of information about nanotechnology products**. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>164</sup> “Os autores identificam quatro grandes linhas de investigação acerca do risco, as quais compreendem diferentes recortes analíticos e posições ontológicas. Em primeiro lugar: (i) surgem as análises científicas voltadas à avaliação e gestão do risco; em segundo lugar: (ii) as análises voltadas à percepção do risco; em terceiro lugar: (iii) as análises de eventos e sistemas ambientais, em torno dos conceitos de vulnerabilidade, suscetibilidade e fragilidade; em quarto lugar: (iv) as teorias do risco que colocam o tema no centro da teoria social, especialmente a partir da noção de sociedade de risco, divulgada por Beck e Giddens.” (SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável**. Caxias do Sul: Educs, 2014, p. 320).

sobre “construção social do risco”, como explica Virgínia Acosta.<sup>165</sup> O ponto básico está em compreender a diferença entre: a ideia de que a percepção do risco é socialmente construída – o que chama a atenção para o modo como as instituições decidem sobre situações; e a ideia de que as situações de risco em si são construídas por decisões humanas – ideia que associa o risco a conceitos como vulnerabilidade e desigualdade.

No sentido jurídico, tem-se que a consciência do risco é fundamental para que o sistema judiciário possa tomar partido quanto aos casos em que haja lesão ao meio ambiente por intermédio de ação humana, e também para que os desastres naturais e os problemas ambientais sejam evitados por meio da tomada de decisões que coíbam a conduta humana criminosa contra a natureza. A inserção, no meio jurídico, de regramentos que mostrem a importância de destacar o meio ambiente dentre os aspectos fundamentais para receber amparo e ser protegido é uma forma de conseguir dar à natureza tutela sobre o *status* vital que ocupa, visto que, assim como a proteção ao ser humano é essencial, com a dignidade da pessoa humana, o meio em que ele vive, e do qual ele vive, também é essencial para que se perpetue a raça humana.

A visão do risco, no entendimento jurídico, não repousa apenas no âmbito da tutela da natureza na ação contra indústrias poluentes, mas também como na busca de regulação para evitar a disseminação de crises ambientais. No próximo item, iremos esclarecer a preocupação da inexistência da lei capaz de enquadrar os riscos no ponto de vista do meio ambiente e da implementação de medidas precaucionais aos danos diretos ou indiretos da nanotecnologia.

## 2.8 O ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO FACE AOS RISCOS ASSOCIADOS ÀS NANOTECNOLOGIAS E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Luhmann esclarece que a comunicação é essencial para a existência das relações humanas. Logo, sem comunicação não há relação. Pelo “termo sociedade há que entender o sistema que compreende todo o tipo de comunicações, que reproduz a comunicação por meio da comunicação e desta forma se distingue do ambiente.”<sup>166</sup> Esse é um dos fatores que têm impedido o estabelecimento de definições globais de nanomateriais que se baseiam nas normas regulamentares comerciais privadas e o estabelecimento de normas globais consensuais sobre a governança da nanotecnologia. Devido a isso, os países seguem

---

<sup>165</sup> ACOSTA, Virgínia García. El riesgo como construcción y la construcción social de riesgos. **Desacatos**, México, n. Centro de Investigaciones y Estudios en Antropología Social, Distrito Federal, 19, p. 11-24, set./dez., 2005.

<sup>166</sup> LUHMANN, Niklas. **A improbabilidade da comunicação**. Tradução de Anabela Carvalho. 3.ed. Lisboa: Vega, 2001, p. 129.

regulamentações diferentes da nacional, que está baseada em grande medida sobre a possibilidade de aplicar ou não a abordagem precaucional para os potenciais riscos decorrentes.

As nanotecnologias são as expressões da transformação e progresso tecnológico. Como tecnologia, as nanotecnologias encantam a humanidade por suas facilidades, potencialidades e robustez econômica. Em contrapartida, elas não trazem somente benefícios tanto ao homem como para a economia global, mas poderão gerar efeitos nocivos de forma direta e indireta nas vidas das pessoas, no meio ambiente, e na economia.

No Brasil no início do ano 2000, o governo reconheceu a importância da nanotecnologia e o que poderia perder em questões de competitividade no mercado externo sem investimentos e incentivos para a tecnologia. Assim, o Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)<sup>167</sup> iniciou a apresentação de projetos nas áreas de nanomateriais, nanodispositivos, nanobiotecnologia, nanotecnologia molecular, entre outros, que obtiveram financiamento federal em 2002.

Em 2003, a nanotecnologia foi incluída nos editoriais dos Fundos Setoriais, CT- Petro, CT-Energ e Fundo Verde e Amarelo. Posteriormente, o governo federal permaneceu com os investimentos do Programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, tendo como objetivo principal a competitividade do país focando no desenvolvimento de nanomateriais. Em 2005, foi criado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN) implantando e apoiando laboratórios, incentivando instituições e projetos para pesquisa e desenvolvimento de micro e nanotecnologia. Em 2006, foram criadas novas oportunidades de investimentos com a Política Industrial, Tecnológica e do Comércio Exterior (PITCE) e foi criada a Ação Transversal de Nanotecnologia dos Fundos Setoriais. A Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (2004-2005), declarou que a nanotecnologia seria uma das 11 áreas para o investimento público estratégico.

Em 2013, houve o lançamento da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN)<sup>168</sup>, que tem por característica o conjunto de ações com a ideia de criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes ancorados na nanociência e na nanotecnologia, tendo em vista o desenvolvimento científico e tecnológico do setor, com foco na inovação.

A preocupação vinculada ao objetivo da dissertação nasce pelo raio de riscos (desconhecidos) produzidos pelas nanotecnologias e a falta de regulamentação. Segundo

---

<sup>167</sup> Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Disponível em: <http://www.cnpq.br/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

<sup>168</sup> Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN). Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.459-de-26-de-julho-de-2019-209514505>. Acesso em: 20 jan. 2020.

Berger Filho,<sup>169</sup> tem ocorrido iniciativas e práticas de regulação das nanotecnologias com vistas a legitimar o ingresso da tecnologia para a aceitação social em contramão aos instrumentos estatais de comando e de controle específicos tornando-os insuficientes para a regularização dos riscos e das incertezas sobre a nanotecnologia. Grandes organizações privadas, empresas multinacionais, agências reguladoras internacionais desempenham apenas um papel de informação sobre a nanotecnologia. Em países como França, Dinamarca e Bélgica, há uma discussão sobre a regulação do desenvolvimento e dos riscos da tecnologia relativa ao dever de estabelecer marcos legais ou operar mudanças no quadro geral.

O Comitê Interno de Nanotecnologia, através da Portaria nº 993/Anvisa, de 10 de junho de 2013, tem como finalidade inserir a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) no programa do desenvolvimento da Nanotecnologia para a saúde e sua regulação no Brasil. A finalidade desse comitê é a de elaborar um diagnóstico interno sobre a capacitação da Agência em nanotecnologia, fazer a triagem dos produtos submetidos à Agência com base em nanotecnologia, revisar as políticas estrangeiras sobre a regulamentação sanitária nessa área e propor políticas e diretrizes sobre a regulamentação brasileira no âmbito da agência.

No que diz respeito às iniciativas legais para a gestão de riscos das nanotecnologias, houve, no Brasil, a proposição no Congresso Nacional de quatro projetos de lei. Todavia, conforme expõe Berger Filho, existem diversos obstáculos à regulação da nanotecnologia, em destaque:

O desconhecimento de diversos atores sociais sobre as aplicações e as implicações da nanotecnologia, somado ao reduzido espaço desse tema na mídia e nos debates na esfera pública; a postura reativa dos políticos e da maior parte da sociedade; a velocidade acelerada do desenvolvimento da nanotecnologia, frente à lentidão no processo de regulamentação estatal; os benefícios potenciais da nanotecnologia servem de argumento contrário à impossibilidade de regulação, considerada como um entrave; a pressão político-econômica exercida pelas corporações transnacionais e por outras organizações desenvolvedoras de nano inovações para evitar a positivação de normas relativas aos riscos da nanotecnologia; a incerteza científica (informações científicas inexistentes, conflitantes ou inconclusivas), somada à dificuldade de se estabelecer conceitos e metodologias universalmente aceitos e aplicáveis.<sup>170</sup>

Seguindo o pensamento de Berger Filho, dizemos que as incertezas trazidas pelas nanotecnologias estão sobrecarregas pelo fato de essa tecnologia pertencer a um amplo domínio ao mesmo tempo que específico, ou seja, não há uma área específica para a

<sup>169</sup> BERGER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e governança dos riscos das nanotecnologias**. Belo Horizonte: Arraes Editores, 2018, p. 98-99.

<sup>170</sup> Ibid., p. 158-161.

nanotecnologia, pois todas as áreas que envolvem a vida humana e o meio ambiente, são áreas das nanotecnologias. Sem a intenção de trazer a apreensão, essa tecnologia é monstruosa, tanto para o bem quanto para o mal.

Algumas iniciativas legislativas brasileiras relacionadas especificamente à nanotecnologia iniciaram com as seguintes tentativas de aprovação de projetos de lei ou alterações em leis vigentes: o PL nº 5.076/2005, o PLS nº 131/2010, rejeitados, e os PLs nº 5.133/2013<sup>171</sup> e 6.741/2013,<sup>172</sup> atualmente arquivados. Todavia o Projeto de Lei nº 5.076,<sup>173</sup> de 2005, procurou regulamentar a pesquisa e o uso da nanotecnologia no país e criar uma Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança (CTNano), e instituir um Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano). Os Projetos de Lei (PL) nº 5.133/2013 e o PL nº 6.741/2013, foram criticados e rejeitados por pesquisadores brasileiros convidados a audiências públicas na Câmara.

Atualmente, está tramitando no Senado Federal o Projeto de Lei 880/2019<sup>174</sup>, o qual dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica, ainda, altera as Leis nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e nº 8.666, de 21 de junho de 1993 e dá outras providências. Ainda, há o Projeto de Lei Complementar 23, de 2019, a qual altera a Lei Complementar nº 123<sup>175</sup>, de 14 de dezembro de 2006 a fim de incentivar a pesquisa e desenvolvimento da Nanotecnologia no Brasil, permitindo a inclusão no Simples Nacional de empresas cuja atividade seja suporte, análises técnicas e tecnológicas, pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia.

Devido as lacunas na lei, nossa legislação pátria traz técnicas para que o magistrado possa resolvê-las. No art. 140<sup>176</sup> do recente Código de Processo Civil (CPC), o art. 4º<sup>177</sup> da Lei

<sup>171</sup> Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <https://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>172</sup> Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>173</sup> Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no País, cria Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança - CTNano, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia - FDNano, e dá outras providências; tendo pareceres: da Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio, pela rejeição (relator: DEP. LÉO ALCÂNTARA); e da Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática, pela rejeição (relatora: DEP. LUIZA ERUNDINA); e da Comissão de Finanças e Tributação, pela incompatibilidade e inadequação financeira e orçamentária (relator: DEP. DUARTE NOGUEIRA). (Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=337343](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=337343). Acesso em: 14 mar. 2020).

<sup>174</sup> Projeto de Lei 880 de 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135353>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>175</sup> Lei Complementar 123 de 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135203#:~:text=Altera%20a%20Lei%20Complementar%20n%C2%BA,pesquisa%20e%20desenvolvimento%20de%20nanotecnologia>. Acesso em: 14 mar. 2020.

<sup>176</sup> Art. 140. O juiz não se exime de decidir sob a alegação de lacuna ou obscuridade do ordenamento jurídico.

de Introdução às Normas do Direito Brasileiro (LINDB) e outras previsões legais admitem a existência de lacuna na lei. O art. 5º, XXXV,<sup>178</sup> da CF/1988, confere a todos o direito de demandar judicialmente. Assim, há a necessidade de os juízes julgarem qualquer lesão ou ameaça de lesão a direitos, mesmo que não exista uma lei prevendo o caso.

Entretanto, qualquer que seja a razão de sua existência, ocorrendo a lacuna, é necessário que seja suprida para resolver o caso concreto. Seguramente, será diferente a solução para preenchê-la se a lacuna for intencional ou causada por imprevisibilidade, mas há de se fazê-lo em qualquer hipótese. Para tanto, é dever jurídico a sua integração pelo Estado, que deve desenvolver mecanismos internos que garantam essa integração.

Levando isso em consideração e a equivalência substancial, poder-se-ia dizer que a regulação de tal matéria é emergencial. Embora não se tenha clareza dos riscos do desenvolvimento e do uso das nanotecnologias, as inseguranças quanto à capacidade e incapacidade das normas atuais e da hermenêutica servem como instrumentos paliativos de gestão de riscos permanecendo a inércia e a ingerência Estatal. O Brasil não é um exemplo de preocupação com a responsabilidade na política dessa tecnologia. A atual situação regulamentar é insuficiente para garantir o mínimo de segurança, proteção do meio ambiente e da saúde diante das nanotecnologias. Há uma pressão com o objetivo de preencher a lacuna regulatória, o incentivo ao desenvolvimento estatal e internacional das normas privadas de autorregulação.

De outra forma, o que se verifica é um foco exagerado em fomentar a competitividade industrial através da pesquisa e de desenvolvimento, sendo consequência um ambiente de formulações políticas centrado apenas na visão ingênua dos benefícios das ciências e tecnologias. A análise do contexto sociopolítico atual continuará trazendo obstáculos que desafiarão a efetividade de introduzir normas de regulamentação jurídica, pois o arcabouço criado para o desenvolvimento dessa tecnologia pela economia global sugere expansão das nanotecnologias.

---

Parágrafo único. O juiz só decidirá por equidade nos casos previstos em lei. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm). Acesso em: 15 fev. 2020.

<sup>177</sup> Art. 4º - Quando a lei for omissa, o juiz decidirá o caso de acordo com a analogia, os costumes e os princípios gerais de direito. Art. 5º - Na aplicação da lei, o juiz atenderá aos fins sociais a que ela se dirige e às exigências do bem comum. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del4657compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del4657compilado.htm). Acesso em: 15 fev. 2020).

<sup>178</sup> Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: [...] XXXV - a lei não excluirá da apreciação do Poder Judiciário lesão ou ameaça a direito. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 15 fev. 2020).

O princípio constitucional da precaução quando atrelado às nanotecnologias traz um verdadeiro alvoroço no meio industrial devido à ideia de que a aplicação de tal princípio no desenvolvimento e implantação da nanotecnologia no mercado atrasará os avanços tecnológicos e, por consequência, os ganhos e lucros. De outro ponto de vista, não podemos simplesmente aceitar os argumentos do mercado econômico sem questionar sobre sua a veracidade. Leite<sup>179</sup> aponta, sobre o princípio da precaução, o seguinte:

A necessidade de compreendê-lo como pressuposto prévio de todos os processos de decisão política que tenham por conteúdo a gestão de riscos, envolvendo atividades que se sabe potencialmente perigosas, a fim de se determinar qual o nível de risco aceitável para a sociedade, ressaltando a importância da participação democrática nestes processos decisórios.

O portal do Ministério do Meio Ambiente (MMA) possui uma página específica com a identificação do conceito do Princípio da Precaução, e traz uma abordagem que remete à história de como a intenção desse princípio formulou a necessidade de sua criação e, por fim, caminha até a formulação escrita e jurídica desse princípio. De acordo com MMA, o princípio da precaução “foi formulado pelos gregos e significa ter cuidado e estar ciente. Precaução relaciona-se com a associação respeitosa e funcional do homem com a natureza. Trata das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas.”<sup>180</sup>

O surgimento do princípio da precaução deu-se na Alemanha, nos anos 70 e, em pouco mais de 20 anos, já estava estabelecido em todos os países europeus. Inicialmente, tal princípio foi utilizado em resposta à poluição industrial, hoje vem sendo aplicado em todos os setores da economia que possam causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Proposto na Declaração do Rio/92 sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, o princípio 15 – Princípio da Precaução – foi definido como “a garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o Estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados.”<sup>181</sup> A esse respeito, Goldim disse:

Na Conferência RIO 92 foi proposto formalmente o Princípio da Precaução. A sua definição, dada em 14 de junho de 1992, foi a seguinte:  
O Princípio da Precaução é a garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o Estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados. Este Princípio afirma que a ausência da certeza científica formal, a existência de um risco de um dano sério ou irreversível requer a

<sup>179</sup> LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito Ambiental na sociedade de risco**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002, p. 66-68.

<sup>180</sup> MMA, [s.l.], p. 1-2, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>181</sup> Rio/92. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v6n15/v6n15a13.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

implementação de medidas que possam prever este dano. Este princípio tem uma clara e decisiva utilização na Bioética. Tomando apenas a questão da saúde, ela sempre esteve associada à noção de dano. Quando era entendida apenas como a ausência de doença, a saúde era tida como o Estado onde o indivíduo estava livre de danos que estariam ocorrendo naquele momento. A própria atividade dos profissionais de saúde também era associada à noção de dano. Hipócrates, cerca de 400 anos a.C., propôs que ao tratar os doentes o primeiro dever era o de ajudar e o segundo o de não causar dano.<sup>182</sup>

A presença do Princípio da Precaução é vista tanto no Brasil como em acordos internacionais, o que demonstra a abrangência de um princípio que tem como norte o amparo ao meio ambiente que, em uma sociedade de risco, sofre as consequências dos danos ambientais e da exploração sem freios da natureza em nível global, sem distinção de classe social. A visão desse princípio carrega a necessidade de que se enquadre nas noções que justifiquem a sua utilização diante de algum risco. Para enquadrar esse princípio, há quatro componentes são básicos, como: a incerteza passa a ser considerada na avaliação de risco; o ônus da prova cabe ao proponente da atividade; na avaliação de risco, um número razoável de alternativas ao produto ou processo, devem ser estudadas e comparadas; e para ser precaucionaria, a decisão deve ser democrática, transparente e ter a participação dos interessados no produto ou processo.<sup>183</sup>

A utilização da precaução é feita com a finalidade de que as situações de risco sejam prevenidas e evitadas, e tem o seu entendimento voltado ao estudo das possibilidades, o que evidencia que há uma grande necessidade de que a utilização deste princípio seja regida pela proporcionalidade, uma vez que somente assim o equilíbrio na utilização pode ser atingido. A respeito do tema, Wedy disse o seguinte:

O princípio da precaução deve sempre observar o princípio da proporcionalidade e, obviamente, as cláusulas que dele são corolários. As vedações de excesso e de insuficiência devem estar sempre presentes no manejo do princípio da precaução pelo Estado em suas três funções: administrativa, judiciária e legislativa. Assim, o ato administrativo que deve visar sempre a um fim de interesse público não pode ser excessivo a ponto de mutilar direitos e destruir garantias constitucionais e nem insuficiente a ponto de nenhuma finalidade atingir e nenhum direito tutelar. Neste sentido, o juiz, ao aplicar o princípio da precaução, não pode tolher de forma infundada empreendimentos privados. O exemplo utilizado por Freitas no já citado artigo 20 de proibição de utilização de aparelhos celulares por todos os

<sup>182</sup> GOLDIM, José Roberto. **O Princípio da Precaução**: Institut Servier. La prévention et la protection dans la société du risque: le principe de précaution. Amsterdam: Elsevier, 2001:15-16,23-34. In: **UFRGS**, [s. l.], p. 1-2, 11 abr. 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/bioetica/precau.htm>. Acesso em: 24 dez. 2019

<sup>183</sup> **MMA**. [s.l.], p. 1-2, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 24 dez. 2019.

cidadãos por mera suposição de danos à saúde pela radiação elucidativo, porque não há evidências razoavelmente fundadas pela ciência que esses aparelhos, essenciais à vida moderna, causem danos à saúde do usuário<sup>21</sup>. Afortiori, não existe fundamento razoável também acerca dos possíveis riscos de danos causados à saúde das pessoas pelos campos eletromagnéticos que caracterizam as torres de telefonia celular.<sup>184</sup>

Portanto, o desafio é o de constituir uma utilização eficaz na prevenção de riscos sem que se torne inviável pelo caráter inconstante e incerto das possibilidades. O estudo da situação e a aplicação da proporcionalidade<sup>185</sup> se torna essencial para que não haja uma permissão irresponsável que exponha à sociedade a algum risco e nem se restrinja injustificadamente algo sem que as evidências corroborem com a situação. A aplicação temporal do princípio da precaução deve sempre trabalhar com as possibilidades para que haja de forma preventiva. Trazer à ação o princípio aqui estudado traz consigo a responsabilidade de que a ponderação seja vista como uma forma de certificar o equilíbrio, conforme explana Wedy ao dizer que:

O emprego do princípio da precaução impõe a atividade de ponderação, porque tutela direito fundamental de terceira geração, mas que, nem por isso, se encontra em grau inferior de preferência em relação às demais gerações antecessoras de direitos fundamentais. Além disso, também se insere na terceira geração de direitos fundamentais, como visto, o direito ao desenvolvimento, com o qual o âmbito de proteção do direito fundamental ao meio ambiente pode conflitar, exigindo a justa harmonização desses direitos. [...] Superados os aspectos relativos aos meios adequados e necessários, podem subsistir conflitos envolvendo o âmbito de proteção dos direitos fundamentais, notadamente entre o direito a um meio ambiente sadio e protegido e o direito ao progresso social que se resolverá pela ponderação. A atividade ponderativa não prescindirá, todavia, da prudência jurídica “delimitação do que seja o conteúdo jurídico da ameaça hipotética, mas

<sup>184</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014.

<sup>185</sup> “A doutrina e a jurisprudência alemãs, sobretudo do pós-guerra, e a atuação da Suprema Corte dos Estados Unidos acabaram identificando e formulando com precisão, desde perspectivas formais levemente diferentes, embora substancialmente convergentes, um princípio que, bem compreendido, está implícito em qualquer ordenamento verdadeiramente democrático. Referimo-nos ao princípio da proporcionalidade (segundo a terminologia germânica) ou da razoabilidade (segundo a tendência americana). “Este princípio – utilizaremos aqui a formulação alemã, mais comumente adotada pela doutrina e jurisprudência brasileiras – nada mais é que a aplicação do bom senso, de critérios racionais na hora de avaliar uma ação do poder público, evitando excessos e legalismos indevidos. Parte, no fundo, da visão, da compreensão de que quaisquer limitações às liberdades dos cidadãos têm de ser exceções e devem ser rigorosamente justificadas e, por isso, tem uma especial importância na proteção do *ethos* democrático. É com base neste princípio que se pode avaliar com mais precisão a compatibilidade com a Constituição quer de ações do Executivo, quer da elaboração normativa do Legislativo: é correto, por exemplo, em regiões com altos índices de homicídios, ordenar o fechamento de bares a partir de determinado horário? Seria constitucional a lei – que acabou não “pegando” – que estabelecia a presunção de que todos os brasileiros eram salvos declaração expressa em sentido contrário, doadores de órgãos quando de sua morte?” (GAZETA DO POVO. p. 1-2, 29 abr. 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/opiniao/nossas-convicoes/o-que-e-o-principio-da-proporcionalidade-897jvub4stvy051arbqws702c/>. Acesso em: 24 dez. 2019).

plausível ensejadora do uso do princípio da precaução”<sup>40</sup>. Essa estimativa trabalhará com os elementos do princípio da precaução na condição de verdadeiros tópicos no processo de argumentação jurídica outrossim, os direitos fundamentais, que compõem as diferentes dimensões, com fulcro no seu aspecto objetivo, não podem ser tomados, do ponto de vista da sua imediata eficácia, de forma absoluta. Porém configuram posições *prima face* que comportam restrição ao limite do seu núcleo essencial. É, então, na busca da justa medida para afastar riscos de dano ao meio ambiente e à saúde pública, sem vedar o desenvolvimento econômico, igualmente objetivo do Estado de Direito e inclinação natural da humanidade, que a ponderação entre a aplicação do princípio da precaução, a tutela do meio ambiente e o direito ao desenvolvimento operarão a atualização de sentido das normas jurídico-constitucionais, importando em interpretação evolutiva ou mutação constitucional.<sup>186</sup>

Encarar o princípio da precaução como um aliado da proporcionalidade é, portanto, colocar também a ponderação como um elemento essencial para que o funcionamento do primeiro seja eficaz ao que se propõe, já que a proteção ao princípio da proporcionalidade acontece por meio da ponderação.

Acima trouxemos de forma sucinta a evolução histórica do princípio da precaução, com o objetivo de esclarecer a aplicabilidade concreta deste importante princípio constitucional e suas noções com outros sentidos de justiça, embora o fim seja relacioná-lo com os riscos associados a nanotecnologia. A relação entre a utilização do princípio da precaução e a nanotecnologia repousa na necessidade de que haja uma forma de prevenção, em especial, a quem manipula com frequência nanopartículas, às consequências da possível toxicidade dessas com o acúmulo ao longo do tempo.

Quando se enxerga a nanotecnologia sob o ponto de vista da preservação ambiental, fica clara a necessidade de que, além de buscar corrigir os danos que já existem, a prevenção deve ser aplicada com rigor para que novos problemas não surjam. Eis o que dizem Hohendorff, Coimbra e Engelmann:

O princípio da precaução no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em novos produtos e dispositivos deve sempre ser considerado e ponderado de forma a garantir a saúde do trabalhador no sentido amplo em conjunto com o desenvolvimento tecnológico. O princípio da precaução é o mais importante em matéria ambiental (aqui compreendido o meio ambiente do trabalho). Ele exerce as funções informadora (inspiradora das normas sobre a matéria), integradora (como fonte supletiva para as lacunas ou omissões da lei) e interpretativa (como critério orientador para os intérpretes e aplicadores das normas jurídicas positivadas). É também o mais adequado para ser aplicado nos casos concretos referentes à

---

<sup>186</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014.

nanotecnologia e deve atuar em conjunto com os princípios da informação e da participação, como pressupostos para a implementação do princípio da precaução.<sup>187</sup>

A implementação de medidas que tenham como objetivo prevenir que o risco seja efetivado em dano é fundamental para que a segurança seja estabelecida. A eficácia está diretamente ligada com a prevenção, já que essa é a melhor forma de gerar resultados que tenham o mínimo de problemas possíveis, tornando mais fácil a manipulação dos efeitos que existirem, e possibilitando um crescimento saudável do desenvolvimento da nanotecnologia em prol do homem e do meio ambiente.

É possível verificar que a ausência de legislação estatal específica em determinadas matérias se dá especialmente porque os formuladores de políticas públicas, com competência legítima para criar um sistema jurídico rígido de biossegurança e seus resíduos, voltado às particularidades da nanotecnologia, não conhecem os problemas para definirem as soluções com antecedência através da imposição de normas adequadas às demandas exigidas pelas novas tecnologias.<sup>188</sup>

Em síntese, tantos os danos diretos como os indiretos servem para indicar que a relação de causa e efeito pode trazer hipóteses de danos, mesmo que remotos. Os riscos resultantes das nanotecnologias não são conhecidos, nem mesmo, no momento em que o produto é colocado à disposição do consumidor. O contexto complexo da nanotecnologia desafia o Direito para a elaboração de estruturas capazes de trazer clareza diante das incertezas dos riscos. Portanto, no próximo capítulo, a responsabilidade civil traz uma perspectiva para responder aos riscos desconhecidos do desenvolvimento das nanotecnologias, bem como uma possível forma de responsabilizar o agente causador.

---

<sup>187</sup> HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

<sup>188</sup> LEVI-FOUR, L.; COMANESHTER, H. The Risks of Regulation and the Regulation of Risks: The Governance of Nanotechnology. *In*: HODGE, G.; BOWMAN, D.; LUDLOW, K. (Orgs.). **New Global Regulatory Frontiers in Regulation: the Age of Nanotechnology**, Australia, v. 149, n. 155, set./nov. 2007.

### **3 O ALCANCE DA RESPONSABILIDADE CIVIL FACE AOS RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS: ENTRE REPARAR E PRECAVER**

A relação do homem com a natureza foi rompida quando houve aumento acelerado dos processos produtivos e a utilização dos recursos naturais de forma desmedida, com a nítida intenção de acumular e circular capital. O dano ambiental é uma realidade, antes mesmo da era tecnológica, cabendo ao judiciário intervir no combate à degradação do meio ambiente, das relações de consumo não auspiciosas, e das relações do trabalho utilizando um dos institutos legais de intervenção e de proteção no Direito, a responsabilidade civil.

A sociedade de risco, argumento desenvolvido anteriormente, altera a lógica da certeza e a atualidade dos danos, por anos consagradas na responsabilidade civil, ao passo que os riscos, advindos da tecnologia, são marcados pela invisibilidade e imprevisibilidade. Ponderar os riscos frente ao desenvolvimento da tecnologia em escala nano, unindo o princípio da precaução com a responsabilidade civil significa buscar meios capazes de garantir o menor prejuízo para o meio ambiente e para a saúde.

O objetivo de apreciar o instituto da responsabilidade civil desde suas origens, neste capítulo, está na necessidade de demonstrar a carência de transformações evolutivas do instituto no meio jurídico. A evolução da sociedade, marcada pela existência das novas tecnologias, que interferem nas relações sociais, no meio ambiente, nos padrões de condutas, e nas relações com o meio ambiente do trabalho, necessita, com emergência, que o instituto da responsabilidade civil ambiental seja repensado quando estamos diante das novas tecnologias, devido às suas peculiaridades no contexto global para a defesa do meio ambiente. Por fim, não há a certeza de que a utilização do instituto da responsabilidade civil ambiental, sozinho, será eficiente para a gestão dos riscos da nanotecnologia. Todavia, também, não temos a certeza que utilizado em conjunto com o princípio da precaução será capaz de gerenciar. Essas são as incertezas que investigamos no presente trabalho.

A análise da responsabilidade civil justifica-se pelo conhecimento doutrinário evolutivo, razão pela qual é demonstrado que a regulamentação ambiental no Direito se consolidou no modelo da responsabilidade civil objetiva para a reparação dos danos ao meio ambiente. Todavia, como mencionado em tópico anterior, não há, no Brasil, legislação capaz de regular, de forma segura, a nanotecnologia. Traçar um panorama acerca da responsabilidade civil jurídica no ordenamento, com suas diferenciações, é relacionar cada uma dessas espécies ao que não se dispõe na legislação para regulamentar a nanotecnologia. Devemos analisar como pode ser atribuída a responsabilidade civil, considerando as

tendências mais modernas de teorias da responsabilidade, com o objetivo de buscar formas para responsabilização ao efetivo dano ao meio ambiente e à saúde. A eficiência do instituto da responsabilidade civil poderá inibir decisões de riscos e gerar conscientização da problemática ambiental. Portanto, iniciaremos o próximo item com a história e evoluções da responsabilidade civil.

### 3.1 CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS EVOLUTIVAS SOBRE O INSTITUTO

Para bem entender os rumos da responsabilidade civil atual, é necessário ter conhecimento de sua trajetória. Na linguagem do Direito, desde o século XVIII, a palavra responsabilidade vem sendo usada nos mais variados códigos. Responsabilidade deriva do latim *responsus*, que traduz a ideia de reparação, recuperação, compensação, mas, para a responsabilidade se transformar em obrigação, é importante que o bem lesado seja juridicamente relevante. Nessa linha, não pode ficar no esquecimento o Código de Napoleão,<sup>189</sup> de 1804, que traz, no art. 1.382<sup>190</sup> que “qualquer fato, qualquer que seja do homem, que cause dano a outro, o obriga, por cujo erro ele chegou, a repará-lo.” Com a chegada da sociedade industrial, o sistema do Código Civil revelou-se insuficiente para assegurar uma indenização eficaz pelos danos causados.<sup>191</sup>

Para Bittar,<sup>192</sup> ao mencionar as raízes da responsabilidade civil, aduz que “a teoria da responsabilidade civil se relaciona à liberdade e à racionalidade humanas, que impõem à pessoa o dever de assumir os ônus correspondentes a fatos a ela referentes.” Portanto, a responsabilidade é o resultado da faculdade de escolha e de iniciativa que a pessoa possui no mundo fático, submetendo-o, ou o respectivo patrimônio, aos resultados de suas ações que, contrários à ordem jurídica, lhe geram a obrigação de ressarcir o dano, ao atingir componentes pessoais, morais ou patrimoniais da esfera jurídica de outrem.

Todavia, em épocas primitivas, o dano causado resultava em reação imediata do ofendido. Após, temos o chamado período da composição, em que a vingança é substituída pela composição a critério da vítima, como fundamento ou forma de reparação do dano sofrido. Posteriormente, a composição econômica, que antes era voluntária, passou a ser

<sup>189</sup> CANARIS, Claus-Wilhelm. **Pensamento sistemático e conceito de Sistema na ciência do Direito**. Introdução e tradução de Antônio Meneses Cordeiro. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002, p. 10.

<sup>190</sup> Art. 1382. Tout fait quelconque de l'homme, qui cause à autrui un dommage, oblige celui par la faute duquel il est arrivé, à le réparer. (tradução livre).

<sup>191</sup> LOPEZ, Tereza Ancona. **Princípio da Precaução e Evolução da Responsabilidade Civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010, p. 58.

<sup>192</sup> BITTAR, Carlos Alberto. **Responsabilidade civil: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense universitária, 1990, p. 2.

obrigatória na época do Código de Manu<sup>193</sup> e da Lei das XII Tábuas.<sup>194</sup>

A propósito, Gonçalves<sup>195</sup> menciona que a diferenciação entre pena e a reparação somente começou a ser esboçada no tempo dos romanos, com a distinção entre os delitos públicos e os delitos privados, sendo que, nos delitos públicos, a indenização deveria ser recolhida aos cofres públicos; já os delitos privados deveriam ser pagos à vítima. Nesse ponto, o Estado assumiu a função de punir, com ação repressiva, então, ação de indenização. Assim, a responsabilidade tomou lugar ao lado da responsabilidade penal.

A Lei Aquília<sup>196</sup> trouxe o elemento da culpa como fundamento da reparação do dano e a sistematização da punição de atos prejudiciais a terceiros. Daí o nome característico de culpa aquiliana. Os contornos da responsabilidade civil se deram no direito francês aperfeiçoando as regras do direito romano estabelecendo o princípio geral da responsabilidade civil, com o abandono ao critério dos casos de composição obrigatória e generalizando o princípio aquiliano de que a culpa, ainda que levíssima, obriga a indenizar.

O Brasil adotou a teoria da responsabilidade civil subjetiva, fundada na culpa, como

---

<sup>193</sup> Código de Manu - Esse código, que contém as leis de Manu, o primeiro legislador de que se tem notícia na humanidade, foi escrito em sânscrito para a civilização hindu muito antes do código de Hamurabi, que se espalhou pela Assíria, Judéia e Grécia. O código de Manu é tido como a primeira organização geral da sociedade sob a forte motivação religiosa e política. Nele, há uma série de ideias sobre valores, tais como verdade, justiça e respeito. Mas o mais importante é que seu conteúdo é baseado no sistema de Varnas (castas), que define que a casta é preponderante para determinar o valor da honra e da situação da pessoa dentro do direito. Originalmente, esse código era de cem mil dísticos (grupo de versos), mas após manipulações e cortes feitos em épocas diferentes, ficou reduzido a 2.685 dísticos, distribuídos em doze livros. Esse código está na raiz dos costumes hindus apesar de ter sido abolido e prevalecer uma nova constituição. Para um ocidental é muito difícil entender esse código, que já está nos hábitos e costumes dos hindus. (UNIVR.EDU.BE. Disponível em: [http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/8%20-%20IMPORT%C3%82NCIA%20HIST%C3%93RICA%20E%20AS%20PRINCIPAIS%20CARACTER%C3%8DSTICAS%20DOS%20C%C3%93DIGOS%20DE%20HAMURABI%20E%20DE%20MANU\(1\).pdf](http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/8%20-%20IMPORT%C3%82NCIA%20HIST%C3%93RICA%20E%20AS%20PRINCIPAIS%20CARACTER%C3%8DSTICAS%20DOS%20C%C3%93DIGOS%20DE%20HAMURABI%20E%20DE%20MANU(1).pdf). Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>194</sup> A Lei das Doze Tábuas (Lex Duodecim Tabularum ou simplesmente Duodecim Tabula e, em latim) constituía uma antiga legislação que está na origem do direito romano. Formava o cerne da constituição da República Romana e do maior um (antigas leis não escritas e regras de conduta). Conquanto seus originais tenham se perdido, os historiadores reconstituíram parte do conteúdo nelas existentes, através de citações em autores dos mais diversos. Com base nestes estudos, um esboço do conteúdo das tábuas pôde ser feito. Tábuas I e II - Organização e procedimento judicial; Tábua III - Normas contra os inadimplentes; Tábua IV - Pátrio poder; Tábua V - Sucessões e tutela; Tábua VI - Propriedade; Tábua VII - Delitos; Tábua VIII - Direitos prediais; Tábua IX - Direito público; Tábua X - Direito sagrado; Tábuas XI e XII - Complementares. (RESUMO ESCOLAR. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/historia/lei-das-doze-tabuas/>. Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>195</sup> GONÇALVES, Carlos Roberto. **Responsabilidade civil**: doutrina, jurisprudência. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 1995, p. 4.

<sup>196</sup> A Lex Aquilia era uma lei romana que dava compensação aos proprietários de bens feridos por culpa de alguém, estabelecidos no século III a.C., na República Romana. Esta lei protegia os cidadãos romanos de algumas formas de roubo, vandalismo e destruição de propriedade. (EDISCIPLINA.USP. Disponível em: [https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod\\_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf](https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf). Acesso em: 24 dez. 2019).

regra geral, nos termos do art. 159<sup>197</sup> do Código Civil de 1916. A responsabilidade civil evoluiu, acompanhando a história do homem e o desenvolvimento industrial. A concepção clássica de responsabilidade civil parte do pressuposto de que uma pessoa, sendo responsável, sempre deve reparar um dano, pois advém do próprio sentido etimológico da palavra, ou seja, “o responsável é aquele que responde”.<sup>198</sup>

Para a responsabilidade se transformar em obrigação, é mister que o bem lesado seja juridicamente relevante. A concepção de responsabilidade conduz a uma obrigação imposta a alguém; é um dos esteios da vida em sociedade, na medida em que busca assegurar o respeito pelos direitos de cada um.<sup>199</sup> A palavra responsabilidade deriva do latim *responsus*, que traduz a ideia de reparação, recuperação e compensação.

Bittar<sup>200</sup> relaciona a responsabilidade como a faculdade de escolha e de iniciativa que o indivíduo possui para se relacionar no mundo fático. Submete seu patrimônio aos resultados de suas ações e, assim, gera, no campo civil, a obrigação de ressarcir ao atingir patrimônio de outrem, ofensa à honra ou mesmo pessoais. A esse respeito, o princípio da autonomia da vontade, entrelaçado à responsabilidade, não mais figura como adequado ao transmitir o conceito do instituto. Isso ocorre porque o estilo de vida complexo da sociedade, além da presença de grandes conglomerados da comunidade, ganha espaço para a chamada responsabilidade objetiva, em que a ligação do fato danoso ocorre independentemente da culpa imposta ao agente.

Houve a reformulação da teoria da responsabilidade civil e o surgimento da teoria da responsabilidade objetiva, expressando a preocupação de não deixar a vítima sem reparação, nas hipóteses em que não era possível provar a culpa. Na responsabilidade civil,<sup>201</sup> considera-se, precipuamente, o dano, direcionando o foco mais a favor da vítima do prejuízo e se

---

<sup>197</sup> Art. 159. Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência, ou imprudência, violar direito, ou causar prejuízo a outrem, fica obrigado a reparar o dano. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L3071.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L3071.htm). Acesso em: 9 ago. 2019).

<sup>198</sup> MAZEAUD, Henry; MAZEAUD, Léon; TUNC, André. **Tratado teórico Y práctico de la responsabilidade civil delictual y contractual**. 5. ed. Tradução de Luís Alcalá-Zamora y Castilhos. Buenos Aires: Jurídicas Europa-América, 1961. Tomo Primeiro, Vol. I, p. 2.

<sup>199</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 17.

<sup>200</sup> BITTAR, Carlos Alberto. **Responsabilidade civil: teoria e prática**. 2. dd. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990, p. 2.

<sup>201</sup> O termo civil originou-se no sistema romano da responsabilidade imposta aos cidadãos por fatos lesivos aos interesses privados, diversamente dos interesses públicos, situados no plano da responsabilidade penal. (LANFREDI, Geraldo Ferreira. **Política ambiental: busca de efetividade de seus instrumentos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002, p. 36).

objetiva na sua recomposição,<sup>202</sup> atingindo o patrimônio do responsável e não a liberdade ou a honra. Para Lanfredi,<sup>203</sup> a responsabilidade civil

[...] deita suas raízes no Direito Natural, que repudiava o dano e determinava a responsabilização do agente causador. Essas diretrizes sempre foram validadas pelos povos, mesmo os mais primitivos, que previam mecanismos de reação, com a noção preliminar de vingança privada e nação regulamentada, inicialmente grupal, depois individual; à qual se seguiu a ideia de devolução da ofensa, regulamentada na chamada pena de talião, da qual se extrai a proporção entre a lesão e o castigo. Por fim, evoluiu-se para a ideia de recomposição do patrimônio, instituída pela *Lex Duodecim Tabularum*.

A Lei de Talião,<sup>204</sup> citada pelo autor, é sintetizada na fórmula: “olho por olho, dente por dente”, e permitia à vítima o direito de vingança, causando ao culpado um prejuízo próximo ao que sofreu. Valendo-se de uma visão utilitária, o homem mais experimentado chega à conclusão de que, às vezes, o sentimento de vingança também se apaga em face da compensação econômica.<sup>205</sup> Mas, foi com a Lei de Aquília,<sup>206</sup> do Direito Romano, que foi introduzida a reparação civil com bases mais conscientes. A responsabilidade civil requer um dano, ou prejuízo. Para Henri, Azaud e Tunc,<sup>207</sup> as consequências à vítima devem ser reparadas quando houver prejuízo sofrido, e a pessoa responsável será obrigada a reparar o dano.<sup>208</sup>

Então, se inicia uma nova fase, de composição voluntária, em que ambas as partes (vítima e ofensor) podiam fazer um acordo. O culpado pagaria um valor à vítima ou outros bens, em vez de sofrer pelo prejuízo análogo. Todavia, com a evolução da noção de Estado, como poder público garantidor da ordem social, passa a ser obrigatória a composição com o fim de evitar a desordem e salvaguardar os interesses da sociedade. A premissa jurídica de que o causador do dano tem a obrigação de reparar os prejuízos decorrentes de sua ação vem evoluindo conforme o desenvolvimento das teorias acerca do fundamento ensejador da

<sup>202</sup> MONTENEGRO, op. cit., p. 19.

<sup>203</sup> LANFREDI, Geraldo Ferreira. **Política ambiental: busca de efetividade de seus instrumentos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002, p. 39-40.

<sup>204</sup> Lei de Talião - O princípio da justiça capturado pela expressão “olho por olho, dente por dente” é chamado lei de talião (ou lei de retaliação), que foi criada na Mesopotâmia. Em resumo, a lei exige que o agressor seja punido em igual medida do sofrimento que ele causou. (RESPOSTAS BÍBLICAS. Disponível em: <https://www.respostas.com.br/olho-por-olho/>. Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>205</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 20.

<sup>206</sup> A Lex Aquilia era uma lei romana que dava compensação aos proprietários de bens feridos por culpa de alguém, estabelecidos no século III a.C., na República Romana. Esta lei protegia os cidadãos romanos de algumas formas de roubo, vandalismo e destruição de propriedade. (EDISCIPLINA.USP. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod\\_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf). Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>207</sup> BORGES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade Civil e Nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 34.

<sup>208</sup> Idem.

responsabilidade do agente.<sup>209</sup> Carvalhotrata, de forma pertinente, as limitações sofridas pelo instituto da responsabilidade civil:

A responsabilidade civil apresenta um papel sempre relevante no estímulo a determinados comportamentos sociais, estimulando ou inibindo determinados padrões comportamentais. Contudo, ao mesmo tempo em que se destaca a sua relevância, não há como negar as limitações apresentadas pelo sistema da responsabilidade civil quer em sua função de prevenção e mesmo, especificamente, para compensação em danos catastróficos. Estas dificuldades decorrem do fato dos efeitos dos danos catastróficos serem geralmente dispersados sobre uma grande quantidade de pessoas, dificultando as vítimas ajuizarem demandas individualmente. A coleta de provas a respeito dos feixes constitutivos do nexos causal é também um aspecto limitativo. Finalmente, a probabilidade de condenação pode ser pequena face às dificuldades de encontrar e condenar o responsável, em razão da necessidade de demonstração dos elementos constitutivos da responsabilidade civil.<sup>210</sup>

Todavia, com as modificações que sofreu a responsabilidade civil, a fim de acompanhar o desenvolvimento da sociedade e de satisfazer as necessidades decorrentes, alguns elementos são necessários ao dever de indenizar. O filósofo Hans Jonas,<sup>211</sup> com efeito, expõe que uma das condições da ação responsável é não deixar de deter pela incerteza, ao contrário, ou seja, coragem para assumir a responsabilidade; cuidado reconhecido como obrigação em relação ao outro, preocupação, quando há ameaça à sua vulnerabilidade. Para Sanseverino, os pressupostos fundamentais da responsabilidade civil são: fato, nexos de imputação, dano, nexos de causalidade e ilicitude.<sup>212</sup> Não há, entre os doutrinadores, uma unanimidade em relação aos elementos considerados essenciais ao dever de reparar.

No Código Civil brasileiro, art. 186,<sup>213</sup> os elementos caracterizadores do dever de indenizar são: conduta do agente, culpa (*lato sensu*), dano e nexos causal. Contudo, a culpa é considerada imprescindível. Buscou-se, em síntese, fazer um relato sobre a evolução da responsabilidade civil, logo, abaixo, sem tecer maiores detalhes, será abordada a responsabilidade subjetiva, e daremos maior ênfase à responsabilidade objetiva por ser a base

<sup>209</sup> CHERMONT, Leane Barros Fiuza de Mello. A responsabilidade civil por dano ao meio ambiente. Belém: Paka-Tatu, 2003, p. 33.

<sup>210</sup> CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica:** deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. Revista dos Tribunais. 2015, p. 131.

<sup>211</sup> JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica;** tradução do original alemão Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC-Rio, 2006, p. 351-352.

<sup>212</sup> SANSEVERINO, Paulo de Tarso Vieira. **Princípio da reparação integral:** indenização no Código Civil. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 151.

<sup>213</sup> Art. 186. Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.

para a responsabilidade civil ambiental.

### 3.2 EVOLUÇÃO DA RESPONSABILIDADE CIVIL E TEORIA DO RISCO

É sabido que, por muito tempo, prevaleceu o entendimento de responsabilidade fundada na culpa, responsabilidade subjetiva, e isso não quer dizer que seja imutável. A Revolução Industrial teve grande influência no surgimento da teoria da responsabilidade objetiva devido às ocorrências de diversos acidentes de trabalho. A evolução, em termos econômicos, industriais e tecnológicos, concorreu para a ampliação de situações lesivas, em que se mostrava impossível ou extremamente difícil e com precisão do agente causador do dano.<sup>214</sup> Observa-se frequentemente, nos casos de acidente do trabalho e aqueles decorrentes de contratos de transportes, atividades ilícitas e socialmente desejadas, que estão revestidas de riscos previsíveis, embora poderiam ser minimizados ou até eliminados.

Buscando se adequar aos novos problemas que surgem na sociedade moderna, alcança-se nova teoria para sustentar o instituto da responsabilidade civil: a da responsabilidade objetiva, para a qual basta a demonstração do nexo causal entre o dano e a atividade perigosa desenvolvida pelo agente, prescindindo do exame de culpa ou dolo, elemento subjetivo do agente.

No ordenamento jurídico brasileiro, especificamente, no art. 927,<sup>215</sup> I, do Código Civil de 2002, mostra uma ampliação das hipóteses de responsabilidade por risco, abandonando o critério seguro da previsão legal para preconizar o desenvolvimento da atividade que cria o risco. Esse regime prescinde da existência de culpabilidade e reclama a coexistência do dano, de uma atividade ou conduta e do nexo causal para caracterizar o dever de reparar. Todavia, verifica-se que, no *caput* do art. 927 do Código Civil, está a regra da responsabilidade civil subjetiva fundada na prática da conduta culposa.

Com efeito, os fatos jurídicos conduzem à análise de dois regimes de tutela civil: de um lado, a regra tradicional da responsabilidade civil subjetiva, fundada no elemento culpa do agente causador do dano e, de outro, a responsabilidade civil objetiva, erigida no risco da atividade com a consequente dispensabilidade da culpa do agente. No entanto, em qualquer

---

<sup>214</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 27-28.

<sup>215</sup> Art. 927 - Aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo. Parágrafo único. Haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/110406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm). Acesso em: 9 ago. 2019.

uma das hipóteses de responsabilidade civil, o nexo causal é elemento indispensável para a configuração do dever de reparar.<sup>216</sup> À mesma ideia filia-se Montenegro,<sup>217</sup> quando diz que:

A obrigação de indenizar é, portanto, imposta pela lei independentemente da prática de qualquer ato ilícito, baseando-se no princípio de que determinadas atividades humanas criam riscos especial para outrem e que o exercício de certos direitos deve implicar no dever de reparar o prejuízo que eventualmente originem, ainda que não resultem de atos ilícitos propriamente ditos. Ocorrer, que, a cisão entre ilicitude e responsabilidade, a qual passa a se relacionar com a criação ou o controle de riscos inseridos no seio da sociedade.

Nesse sentido, Nery Júnior e Nery, citando Varela,<sup>218</sup> escreveram que, à primeira vista, a ilicitude da atividade e o dever de indenizar é apenas aparente à conduta lícita, que visa satisfazer um interesse coletivo ou qualificado, mas, ao mesmo tempo, pode não ser justa, respeitando a justiça comutativa ou distributiva. Com a nova leitura da teoria da responsabilidade, que a torna uma lei de criação de riscos, tendo em vista uma percepção clara de que a responsabilidade subjetiva não mais lograva êxito em responder de forma adequada aos riscos e fatos crescentes da sociedade sedenta pela modernidade, com seus danos massivos, o meio jurídico e a sociedade estavam em um embate quanto ao princípio da justiça social.

Trata-se apenas de crise no sistema clássico de reponsabilidade civil, que não consegue mais se enquadrar os novos tipos de risco, perigo e dano dentro dos moldes conhecidos, assim como sua reparação justa e adequada. Tepedino<sup>219</sup> assevera que “de fato: a culpa, a velha culpa que tão sobranceira parecia encontrar-se às mutações que a seu lado se iam processando no mundo jurídico, acabou finalmente, também ela, por ser envolvida na maré montante.”

Segundo Cavalieri Filho,<sup>220</sup> os juristas franceses já buscavam entendimento e estavam à procura de fundamento para a responsabilidade objetiva. Em consequência, conceberam a chamada doutrina do risco, segundo a qual todo aquele que desenvolve uma atividade perigosa deve assumir os riscos e reparar o dano dela resultante, independentemente de culpa.

<sup>216</sup> KOHLER, Graziela de Oliveira. **Responsabilidade civil ambiental e estruturas causais: o problema do nexo causal para o dever de reparar.** Curitiba: Juruá, 2011, p. 26-27.

<sup>217</sup> MONTENEGRO, op. cit., p. 28.

<sup>218</sup> NERY JUNIOR, Nelson; NERY, Rosa Maria de Andrade. Responsabilidade Civil, meio ambiente e ação coletiva ambiental. In: BENJAMIN, Antônio Herman V. (Coord.). **Dano Ambiental: prevenção, reparação e repressão.** São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993, p. 282.

<sup>219</sup> TEPENDINO, Gustavo. **Temas de direito civil.** 4. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2008, p. 203.

<sup>220</sup> CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de Responsabilidade Civil.** 2. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2000, p. 143.

Através de uma nova visão apresentada pela Carta Constitucional de 1988, nesse aspecto, Cruz destaca que,

[...] a nova realidade social, fundada depois do advento da Constituição Federal de 1988, que tem como princípios fundamentais a dignidade da pessoa humana (art. 1º, III) e a solidariedade social (art. 3º, I) – impõem que hoje a responsabilidade civil tenha por objetivo não mais castigar comportamentos negligentes, senão proteger a vítima do dano injusto. Em busca da reparação mais ampla possível, assistiu-se a um manifesto processo de desculpabilização, com o incremento das hipóteses de responsabilidade objetiva.<sup>221</sup>

A responsabilidade objetiva, prevista em lei decorrente da atividade de risco, afasta-se da ideia inicial em que pressupostos são a ação<sup>222</sup> ou a omissão, o dano, o nexo de causalidade e a culpa. Desse modo, não há como estabelecer a culpa como única comprovação. Foi somente após a Revolução Industrial, que surgiram as primeiras manifestações ordenadas da teoria objetiva ou do risco.<sup>223</sup> Teoria essa que afastou o elemento culpa para caracterizar a responsabilidade civil nos casos que envolvem atividades de riscos, porém a análise causal permaneceu sólida aos ditames iniciais.

Dias<sup>224</sup> assevera que a culpa e o risco são títulos e modos de responsabilidade civil. A culpa não importa como fonte de responsabilidade, e o risco não pode ser repellido, pois se pode sancionar uma injustiça geradora de responsabilidade civil. Risco, de acordo com Cavalieri Filho,<sup>225</sup> é perigo e probabilidade de dano, importando, para isso, dizer que aquele que exerce uma atividade perigosa deve assumir os riscos e reparar o dano dela decorrente, ou seja, o problema se resolve na relação de causalidade, independentemente se o causador do dano agiu ou não com culpa.

Seguindo essa linha de pensamento abordaremos a questão da nanotecnologia tecnologia que carrega consigo a necessidade de os seus riscos serem prevenidos e evitados, uma vez que são relativos à própria natureza e porque sofrem alterações caracterizando-se pelas incertezas de suas respostas. A responsabilidade objetiva funda-se no risco, como

<sup>221</sup> CRUZ, Gisela Sampaio da. **O problema do nexo causal na responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Renovar, 2005, p. 16-17.

<sup>222</sup> Cabe esclarecer, rapidamente, que a ação consiste em um *facere*, conduta humana importante para a produção do resultado dano. Já a omissão é um *non facere* que tem relevância para o direito, quando atinge um bem juridicamente relevante.

<sup>223</sup> Da teoria do risco surgiram variações, as quais as doutrinas modernas citam como sendo sete modalidades: proveito, integral, de desenvolvimento, administrativo, criado, profissional, excepcional, entre outros.

<sup>224</sup> DIAS, José de Aguiar. **Da responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Forense, 1944, p. 18-19.

<sup>225</sup> CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de Responsabilidade Civil**. 2. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2000, p. 142-144.

esclarece Pereira:<sup>226</sup> “O conceito de risco que melhor se adapta às condições de vida social é o que se fixa no fato de que, se alguém põe em funcionamento uma qualquer atividade, responde pelos eventos danosos que gera.” Portanto, não dependem de os danos serem devido à imprudência, à negligência ou à imperícia. Assim, devemos utilizar a responsabilidade civil objetiva como mecanismo de coibição para o plano global econômico. De forma resumida, as várias modalidades de risco surgiram para justificar a teoria objetiva, conforme asseveram Borjes, Gomes e Engelmann:

Risco administrativo, dos entes públicos – artigo 37, §6º, da Constituição Federal; risco criado, atividades geradoras de riscos para as pessoas independentemente da aferição de lucros; risco proveito, aquele que desenvolve atividade perigosa e retira lucros dela, deve arcar com as consequências – ubi emolumentum ibi ônus; risco profissional, dos empregados pelos danos causados por seus empregados, em decorrência da relação de trabalho; risco integral, não admite qualquer tipo de excludente, geralmente aplicado no direito Ambiental; risco do desenvolvimento, aquele que não é conhecido quando o produto é colocado no mercado, mas posteriormente, após sua utilização; teoria do risco excepcional, do qual a responsabilidade civil surge sempre que foge a atividade comum ou normalmente exercida pelo agente.<sup>227</sup>

A teoria do risco do desenvolvimento deve ser aplicada às nanotecnologias (tópico a ser estudado em capítulo próprio), pois não permite que a ciência tenha conhecimento dos riscos que poderão causar, somente sendo conhecidos posteriormente com o uso e o avanço tecnológico. Com grande perspicácia, Passos sintetiza a essencialidade da aplicação da teoria do risco *in verbis*:

Os proveitos e vantagens do mundo tecnológico são postos em um dos pratos da balança. No outro, a necessidade de o vitimado, em benefício de todos, poder responsabilizar alguém, em que pese o coletivo da culpa. O desafio é equilibrá-los. Nessas circunstâncias, fala-se em responsabilidade objetiva e elabora-se a teoria do risco, dando-se ênfase à mera relação de causalidade, abstraindo-se, inclusive, tanto a ilicitude do ato quanto a existência de culpa.<sup>228</sup>

No entendimento de Lopez,<sup>229</sup> o ramo do Direito esteve tão desenvolvido, essencialmente depois do Código de 2002, que o incremento da responsabilidade civil começou

<sup>226</sup> PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Forense, 1998, p. 270.

<sup>227</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil enanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 51.

<sup>228</sup> PASSOS, José Joaquim Calmon de. O imoral nas indenizações por dano moral. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 7, n. 57, 1º jul. 2002.

<sup>229</sup> LOPEZ, Tereza Ancona. **Princípio da Precaução e Evolução da Responsabilidade Civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010, p. 60.

no Código de 1990, quando a teoria do risco da atividade tomou impulso pela tipificação da responsabilidade pelo produto e do serviço que colocam em risco e perigo a segurança dos consumidores. Com o acelerar das invenções tecnológicas científicas e com a produção e o consumo em massa, surgiu a responsabilidade pelos riscos.<sup>230</sup> No mundo contemporâneo, essencialmente tecnológico e industrializado, o desenvolvimento das possibilidades e dos modos de atuação dos homens multiplicou os riscos e os danos, criando um sentimento de remodelação da responsabilidade civil que inundou muitos doutrinadores, como ensina Moraes:

O sentimento de angústia aprofunda-se diante do descompasso existente entre a velocidade do progresso tecnológico e a lentidão com a qual amadurece a capacidade de organizar, social e juridicamente, os processos que acompanham esse progresso. A todo o momento, de fato, percebe-se a obsolescência das soluções jurídicas para fazer frente a um novo dado técnico ou a uma nova situação conflituosa.<sup>231</sup>

Portanto, “a necessidade do alargamento da noção de responsabilidade civil para além do elemento culpa, visando atender aos novos anseios de uma sociedade em constante movimento, era premente e defendida.”<sup>232</sup> Todavia, a responsabilidade objetiva está ligada ao sentimento de solidariedade, responsabilizando os que tiram proveito dos riscos criados com sua atividade pelo dano causado à vítima, independentemente da culpa.

Lima<sup>233</sup> entende que, se os criadores de riscos devido às suas atividades colhem os proveitos ou pelo menos agem para consegui-los, é justo que suportem os encargos, que respondam pelos danos, enfim, que respondam pelos riscos disseminados na sociedade. Assim, não se deve admitir que a falta de justiça faça com que a vítima suporte os azares da atividade alheia. Não resta dúvida quanto à adoção da teoria do risco da atividade (responsabilidade civil pelos danos ambientais), sendo irrelevante a conduta do agente. O próprio risco funciona como pressuposto. A tendência de adoção da responsabilidade objetiva não está somente no Direito Pátrio, mas no Direito Comparado, evidenciando uma socialização dos riscos e desviando o foco do evento danoso para a vítima e para a reparação do dano.

No que diz respeito à matéria ambiental, em que os danos ocorrem em maior proporção, com gravidade normalmente causada por grandes catástrofes geradas por empresas

---

<sup>230</sup> Ibid., p. 58.

<sup>231</sup> BODIN DE MORAES, Maria Celina. **Na medida da pessoa humana: estudos de direito civil**. Rio de Janeiro: Renovar, 2010, p. 322.

<sup>232</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 51.

<sup>233</sup> LIMA, Alvino. **Culpa e Risco**. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1998, p. 119.

ou mesmo pelo próprio Estado (por empresas estatais), vem impossibilitando a comprovação da culpa concreta do agente causador, o que resulta na aplicação da teoria da responsabilidade objetiva. A transmutação da concepção do instituto da responsabilidade objetiva de uma dívida para crédito de indenização do dano não deve ser somente para a vítima, de forma individualizada, mas deverá ser para a coletividade. É inconteste que a reparação do dano não pode justificar seu desamparo e, portanto, a responsabilidade civil é necessária para garantir a proteção dos danos ao meio ambiente e à saúde humana.

Não menos importante, mas de forma abreviada, mencionaremos sobre a responsabilidade civil do Estado. Compreender o risco sob o olhar da responsabilidade civil do Estado traz o quanto sua interferência se faz presente, muito embora possa ocorrer por ação ou omissão, influente no meio social, tendo um grande potencial de promoção de dano a outrem, o que faz com que seja necessário o estabelecimento de como acontece e de como deve ser encarada essa responsabilidade.

A CF é moldada com o fim de amparar o cidadão e de esclarecer que o posicionamento do Estado sempre deve acontecer de forma a promover a justiça, a igualdade e o equilíbrio social, com o estabelecimento de garantias que tem um poder soberano e que carrega a possibilidade de dar às pessoas proteção aos seus direitos.

A visão de que o Estado ocupa um lugar de administração, no entanto, não pode trazer consigo o entendimento de que ele pode agir de forma arbitrária, mesmo que traga danos às pessoas, já que o dever de reparação é sempre cabível, ainda que o dano seja cometido por ente estatal. Conforme Silva e Siqueira:<sup>234</sup> “Esta forma de garantia é denominada de Responsabilidade Civil Extracontratual, e vem para limitar as condutas lesivas, garantindo assim os direitos patrimoniais e extrapatrimoniais dos indivíduos.” As autoras continuam a reflexão trazendo como o Estado responde aos danos que provoca em terceiro:

Apesar de suas peculiaridades, com o Estado não acontece diferente, e este responde de forma objetiva, pois a própria lei dispensa a discussão do elemento culpa com base na teoria do risco, onde caracteriza que a própria atividade desempenhada pelo Estado implica na exposição de bens ao risco, e por este motivo a condenação do Estado independe de culpa, ou seja, serão observados apenas os outros elementos fundamentais para caracterizar a responsabilidade civil, quais sejam conduta, nexos de causalidade e dano/prejuízo. A adoção da Teoria do risco administrativo de certa forma é

---

<sup>234</sup> SIQUEIRA, Giselle; SILVA, Priscilla Monique da. Teoria do risco aplicada à responsabilidade civil do Estado: risco administrativo ou integral: Perguntas e Respostas sobre Introdução ao Estudo do Direito - Introdução ao Estudo do Direito. **Jus.com.br**, [s.l.], p. 1-5, 1 nov. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/62476/teoria-do-risco-aplicada-a-responsabilidade-civil-do-estado-risco-administrativo-ou-integral>. Acesso em: 24 dez. 2019.

uma proteção ao cidadão perante o Estado, que por sua supremacia já se presume que em vários aspectos é privilegiado, e quando aplicada a responsabilidade objetiva para o Estado, se iguala os polos, garantindo uma distribuição igualitária dos ônus e encargos, tirando assim o poder público da zona de conforto e garantindo uma prestação de serviço público eficaz para os cidadãos. Apesar disto ainda é possível encontrar situações onde o Estado viola direitos de outrem por sua ação ou omissão, direta ou indireta sem que haja a reparação. Além disto, quando não for possível demonstrar o nexo causal entre a conduta do Estado e o dano causado, recairão as hipóteses de excludentes da responsabilidade civil estatal quando houver culpa exclusiva da vítima, caso fortuito, força maior, ou atos de terceiros.<sup>235</sup>

Compreende-se, então, que, como a visão do Estado traz prerrogativas protetivas e que o colocam em uma posição de privilégio administrativo e decisivo, trazer para sua interpretação legal a Teoria do risco dá ao cidadão a chance de ter uma resposta justa e promover equilíbrio na relação entre ele e o Estado. A responsabilidade civil repousa, portanto, no entendimento de que sempre que houver atos ilícitos, há a evidente necessidade de se estabelecer uma reparação que atinge diretamente os bens de quem originou a lesão que vitimou o terceiro, sendo uma forma de se estabelecer uma garantia de que a vítima volte ao *status* que ocupava antes da lesão pelo ressarcimento que terá.

A extensão da compreensão da responsabilidade civil chega então ao panorama do Estado e da responsabilidade que se coloca sobre esse quando causa dano a outrem, já que cabe ao Estado trazer um ressarcimento a quem foi lesado por ação estatal, advinda da administração pública. A responsabilidade civil extracontratual recai ao Estado quando o seu proceder e suas ações causarem lesão a algum indivíduo. O entendimento doutrinário traz à baila que essa responsabilidade é objetiva e compreendida como um risco administrativo. Silva e Siqueira estabeleceram o contexto dessa responsabilidade:

Preferimos a designação responsabilidade civil da Administração Pública ao invés da tradicional responsabilidade civil do Estado, porque, em regra, essa responsabilidade surge de atos da Administração, e não de atos do Estado como entidade Pública. Os atos políticos, em princípio não geram responsabilidade civil, como veremos adiante. Mais próprio, portanto, é falar-se em responsabilidade civil da Administração Pública do que em responsabilidade do Estado, uma vez que é da atividade dos órgãos públicos, e não dos atos de governo, que emerge a obrigação de indenizar.<sup>236</sup>

---

<sup>235</sup> Ibid., p. 2.

<sup>236</sup> SIQUEIRA, Giselle; SILVA, Priscilla Monique da. Teoria do risco aplicada à responsabilidade civil do Estado: risco administrativo ou integral: Perguntas e Respostas sobre Introdução ao Estudo do Direito - Introdução ao Estudo do Direito. **Jus.com.br**, [s.l.], p. 1-5, 1 nov. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/62476/teoria-do-risco-aplicada-a-responsabilidade-civil-do-estado-risco-administrativo-ou-integral>. Acesso em: 24 dez. 2019.

A responsabilidade civil do Estado, portanto, não necessita do elemento culpa para que seja configurada. Pela própria natureza da administração pública e, sendo compreendida como objetiva, somente se analisa os elementos de relação entre o dano sofrido pelo indivíduo e o nexo de causalidade com ação do Estado ou a esse concernente. O estabelecimento da não exigência de culpa para que se configure a responsabilidade do Estado, que é considerada como objetiva, também atinge o plano das situações de omissão pelo Estado. Corroborando com o entendimento, Wedy trouxe à baila o entendimento firmado pelo Supremo Tribunal Federal (STF):

O STF, em seus recentes entendimentos, alterando posição histórica, tem entendido que a responsabilidade do Estado é objetiva, mesmos nos casos de omissão: “RESPONSABILIDADE CIVIL OBJETIVA DO PODER PÚBLICO – ELEMENTOS ESTRUTURAIS – PRESSUPOSTOS LEGITIMADORES DA INCIDÊNCIA DO ART. 37, § 6º, DA CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA – TEORIA DO RISCO ADMINISTRATIVO – MORTE DE INOCENTE CAUSADA POR DISPARO EFETUADO COM ARMA DE FOGO PERTENCENTE À POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO MATOGROSSO DO SUL E MANEJADA POR INTEGRANTE DESSA CORPORAÇÃO – DANOS MORAIS EM MATERIAIS – RESSARCIBILIDADE – DOCTRINA – JURISPRUDÊNCIA – RECURSO DE AGRAVO IMPROVIDO – Os elementos que compõem a estrutura e delineiam o perfil da responsabilidade civil objetiva do Poder Público compreendem (a) a alteridade do dano, (b) a causalidade material entre o *eventus damnie* o comportamento positivo (ação) ou negativo (omissão) do agente público, (c) a oficialidade da atividade causal e lesiva imputável a agente do Poder Público que tenha, nessa específica condição, incidido em conduta comissiva ou omissiva, independentemente da licitude, ou não, do comportamento funcional e (d) a ausência de causa excludente da responsabilidade estatal. Precedentes. A ação ou a omissão do Poder Público, quando lesiva aos direitos de qualquer pessoa, induz à responsabilidade civil objetiva do Estado, desde que presentes os pressupostos primários que lhe determinam a obrigação de indenizar os prejuízos que os seus agentes, nessa condição, hajam causado a terceiros. Doutrina. Precedentes. Configuração de todos os pressupostos primários determinadores do reconhecimento da responsabilidade civil objetiva do Poder Público, o que faz emergir o dever de indenização pelo dano moral e/ou patrimonial sofrido” (RE 603626-AgRg-segundo, Rel. Min. Celso de Mello, Segunda Turma, Julgado em 15.05.2012, Acórdão Eletrônico DJe113 Divulg. 11.06.2012, Publ. 12.06.2012). No mesmo sentido foi o acórdão relatado pelo Ministro Gilmar Mendes: “Agravo regimental em recurso extraordinário. 2. A responsabilidade objetiva prevista no art. 37, § 6º, da Constituição Federal abrange também os atos omissivos do Poder Público. Precedentes. 3. Impossibilidade de reexame do conjunto fático probatório. Enunciado nº 279 da Súmula do STF. 4. Ausência de argumentos suficientes para infirmar a decisão recorrida. 5. Agravo regimental a que se nega provimento” (RE 677283 AgRg, Rel. Min. Gilmar Mendes, Segunda

Turma, Julgado em 17.04.2012, Acórdão Eletrônico DJe089 Divulg. 07.05.2012, Publ. 08.05.2012).<sup>237</sup>

É importante esclarecer que, mesmo na prática de atos lícitos pelo Estado, se eles findarem por trazer algum tipo de lesão a alguém, compreende-se que tem o dever de reparar assim como teria caso a origem do dano fosse uma ilicitude, e essa compreensão se dá porque o dever de reparar é objetivo e somente é necessário analisar o nexos causal entre a atitude e o dano. Sob o contexto de pertencer à administração pública, quanto a quem pode ser sujeito de responsabilidade civil do Estado, tem-se que estão estabelecidos no art. 37, §6º da CF,<sup>238</sup> que traz a mesma classificação de dano para qualquer tipo, até mesmo o ambiental.

Difícilmente é percebido de forma clara e imediata a relação de causalidade entre o resultado danoso e a ação que a provocou, entre o vínculo da conduta e o resultado, fator determinante da ação do agente. O princípio causal está alicerçado nas premissas da Filosofia e das Ciências Naturais que, a partir da concepção generalista, entendem a causalidade como a conexão de um acontecimento com outro, através da regra de que todo efeito possui uma causa.

Tem-se que o nexos causal não foi criação do Direito, mas que foi absorvido pelo sistema como elemento relacional da conduta humana aos fenômenos socioculturais e exprime uma lógica capaz de conduzir à análise das situações no plano fático. O nexos causal não pretende conectar, diretamente, o fato à norma jurídica, mas explicar a situação real dos acontecimentos a fim de determinar (ou não) a incidência da norma sobre o caso concreto.

Seguindo esse entendimento de Vilanova,<sup>239</sup> o fator causal da conduta social é mera representação da norma jurídica, no sentido de que o fato é elemento que impulsiona a norma. “A relação jurídica, em sentido técnico-dogmático, é efectual, é o que sobrevém do fato jurídico pela conexão estatuída pela norma, que se compõe de hipótese fática e consequência fática.”<sup>240</sup>

Assim sendo, afirma-se que a aplicação da norma jurídica se caracteriza somente após a análise causal, exatamente no ponto em que se realiza o diagnóstico da conexão entre uma

---

<sup>237</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014.

<sup>238</sup> Art. 37 - A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência e, também, ao seguinte: (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 19, de 1998).

§6º As pessoas jurídicas de direito público e as de direito privado prestadoras de serviços públicos responderão pelos danos que seus agentes, nessa qualidade, causarem a terceiros, assegurado o direito de regresso contra o responsável nos casos de dolo ou culpa. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL de 1988. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 25 dez. 2019).

<sup>239</sup> VILANOVA, Lourival. **Causalidade e Relação no Direito**. Recife: OAB, 1985, p. 21.

<sup>240</sup> *Ibid.*, p. 213.

hipótese de conduta fática sobre uma consequência jurídica.<sup>241</sup> Com base nessas, no direito pátrio, à aferição de qualquer responsabilidade, tanto na esfera penal quanto na esfera civil, a configuração dependerá da comprovação do nexo causal.

Evidentemente, os riscos geram novos danos, e a dogmática jurídica necessitava da evolução da responsabilidade civil, pois, na época, o problema era identificado no elemento culpa, momento em que a preocupação era instituir a responsabilidade sem culpa. Porém, a evolução social continua, e a reflexão passou a ser sobre o nexo causal em determinadas circunstâncias, tendo em vista que o elemento permaneceu sólido na teoria geral da responsabilidade civil.

De acordo com Cruz,<sup>242</sup> sobre a exigência da comprovação do nexo causal, “inúmeros são os danos que atingem as pessoas, mas o dever de indenizar só nasce quando for possível estabelecer um nexo causal entre a conduta do agente e o resultado danoso.” Portanto, o nexo causal se apresenta como pressuposto fundamental para a configuração da responsabilidade civil.

Vilanova<sup>243</sup> ao comentar sobre a função do nexo causal, afirma que: “Em um sistema social como o direito, há relações de causalidade, conferindo ordem ao sistema. Sem tal ordem, não seria sistema, mas uma desconexão, um tal desvinculo entre os elementos do sistema que se desfaria em uma justa posição causal, em um caos.” Com base nessa perspectiva, pode-se afirmar que o nexo causal possui a função de regular o instituto da responsabilidade civil, pois é justamente nisso que permite decidir quem deve suportar o dever de indenizar o dano injusto. Elemento caracterizador da responsabilidade civil, a dogma jurídica exige a comprovação da relação causal entre comportamento e agente com o dano experimentado pela vítima. No entanto, a maior dificuldade está na análise causal, pois se dá em situações em que estão envolvidas concausas,<sup>244</sup> e as principais teorias nos guiam para uma solução na configuração do nexo causal.

Cabe destacar que o instituto da Responsabilidade Civil evoluiu da culpa ao risco alcançando, no dano e no nexo causal, os elementos necessários para validar. Todavia, quando estamos avaliando atividades de alta potencialidade de risco, como a nanotecnologia, não bastará a simples teoria objetiva para suprir a(s) necessidade(s) da(s) vítima(s), pois estará(ão) presa(s) à prova do dano e do nexo causal que, em se tratando de nanotecnologia,

---

<sup>241</sup> KOHLER, Graziela de Oliveira. **Responsabilidade civil ambiental e estruturas causais: o problema do nexo causal para o dever de reparar.** Curitiba: Juruá, 2011, p. 19.

<sup>242</sup> CRUZ, Gisela Sampaio da. **O problema do nexo causal na responsabilidade civil.** Rio de Janeiro: Renovar, 2005, p. 4.

<sup>243</sup> VILANOVA, Lourival. **Causalidade e relação no direito.** Recife: OAB, 1985. p. 20.

<sup>244</sup> Elementos de concausas ocorrem quando várias causas ocorrem juntas para o mesmo resultado danoso.

será difícil devido o desconhecimento dessa. As nanotecnologias desafiam o sistema da Responsabilidade Civil, pois faz-se necessário refletir sobre os elementos essenciais e as formas de socorrer à vítima com o objetivo de exercício do seu direito à reparação.<sup>245</sup>

Por oportuno, cabe esclarecer que, no presente trabalho, não se pretende esgotar o estudo de todas as teorias existentes, tampouco do instituto da responsabilidade civil, pois o objetivo é o de demonstrar a funcionalidade das principais teorias suscitadas na responsabilidade civil. Importante mencionar, dentro do título da responsabilidade civil objetiva, o nexos de causalidade com o fim de sustentar a responsabilidade civil para a qual basta a demonstração do nexos causal entre o dano e o agente, no caso, a nanotecnologia. No próximo momento, ela será relacionada com a responsabilidade civil ambiental.

### 3.3 RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL

Importante é destacar que o Direito é uma ciência social por excelência, ligando-se intimamente à modalidade social, de sorte que a evolução social comanda a evolução do Direito.<sup>246</sup> Antes de se falar de responsabilidade civil ambiental, imperioso é comentar sobre o princípio da responsabilidade, do qual se pode retirar a mensagem mais elementar, que é a de conter o ímpeto destrutivo do ser humano. A existência física e a própria dignidade das pessoas estão ameaçadas pela atual crise ecológica.<sup>247</sup> A civilização tecnológica, colocada em contrariedade pelo filósofo Hans Jonas<sup>248</sup> e apoiado na ética da ciência em vista dos riscos trazidos pelas novas tecnologias, expressa o triunfo do saber sobre a natureza e a vocação tecnológica da humanidade para a destruição.

O arsenal científico tecnológico deve ser pautado pela responsabilização do cientista, com base em parâmetros éticos, a fim de ser preservada a condição existencial da humanidade, bem como a qualidade de vida no planeta. Segundo Sarlet e Fensterseifer:

A crítica de Jonas sabidamente é procedente, já que, em muitas situações a ciência está a serviço de interesses puramente econômicos, o que, como refere o filósofo alemão, coloca o ser humano, dentre todas as espécies que já habitaram o Planeta Terra, como a mais destrutiva e ameaçadora.<sup>249</sup>

---

<sup>245</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 74.

<sup>246</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 17.

<sup>247</sup> SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER. **Princípios do direito ambiental**. ed. 2. São Paulo: Saraiva, 2017, p.103.

<sup>248</sup> Hans Jonas foi um filósofo alemão de origem judia. É conhecido principalmente devido à sua influente obra **O Princípio da Responsabilidade**. Seu trabalho concentra-se nos problemas éticos sociais criados pela tecnologia.

<sup>249</sup> SARLET; FENSTERSEIFER, op. cit., p. 103.

Esses estudiosos creem que a origem atual da crise ecológica está na ação ou na omissão humana para com a preservação do ambiente. São justamente as práticas inconsequentes e irresponsáveis dos seres humanos, nas mais diversas áreas de atuação, tanto privadas quanto públicas, que conduziram o homem ao atual estado de risco existencial.<sup>250</sup> Nesse giro, vê-se a necessidade de imposição de responsabilidade com o propósito de frear o ímpeto destrutivo e crescente nos últimos séculos. Nesse cenário, se insere o princípio da responsabilidade, um dos precursores do Direito Ambiental. Desde a Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente, esse princípio está presente e reiteradamente invocado na esfera de proteção do meio ambiente. No preâmbulo, item 7,<sup>251</sup> em resumo, registra que, para melhorar o meio ambiente humano para as presentes e futuras gerações, é necessário que cidadãos e comunidade, empresas e instituições aceitem as responsabilidades que têm. Portanto, na passagem citada, há a mesma responsabilidade tanto aos indivíduos quanto à sociedade em geral. Ainda, no mesmo preâmbulo, item 4,<sup>252</sup> de modo complementar, afirma que o homem tem a responsabilidade de preservar e de administrar o patrimônio da flora e da fauna silvestres e seu habitat.

O princípio da responsabilidade possui múltiplas dimensões alcançando inclusive os interesses de futuras gerações. “Assim, como ocorre de modo geral com os princípios, o princípio da responsabilidade carece, especialmente para o efeito da dedução de sanções

---

<sup>250</sup> Idem.

<sup>251</sup> 7. Para se chegar a esta meta será necessário que cidadãos e comunidades, empresas e instituições, em todos os planos, aceitem as responsabilidades que possuem e que todos eles participem equitativamente, nesse esforço comum. Homens de toda condição e organizações de diferentes tipos plasmarão o meio ambiente do futuro, integrando seus próprios valores e a soma de suas atividades. As administrações locais e nacionais, e suas respectivas jurisdições são as responsáveis pela maior parte do estabelecimento de normas e aplicações de medidas em grande escala sobre o meio ambiente. Também se requer a cooperação internacional com o fim de conseguir recursos que ajudem aos países em desenvolvimento a cumprir sua parte nesta esfera. Há um número cada vez maior de problemas relativos ao meio ambiente que, por ser de alcance regional ou mundial ou por repercutir no âmbito internacional comum, exigem uma ampla colaboração entre as nações e a adoção de medidas para as organizações internacionais, no interesse de todos. A Conferência encarece aos governos e aos povos que unam esforços para preservar e melhorar o meio ambiente humano em benefício do homem e de sua posteridade. (DECLARAÇÃO DA CONFERÊNCIA DE ONU NO AMBIENTE HUMANO, Estocolmo, 5-16 de junho de 1972 - tradução livre. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>. Acesso em: 27 jun. 2019).

<sup>252</sup> 4. Nos países em desenvolvimento, a maioria dos problemas ambientais estão motivados pelo subdesenvolvimento. Milhões de pessoas seguem vivendo muito abaixo dos níveis mínimos necessários para uma existência humana digna, privada de alimentação e vestuário, de habitação e educação, de condições de saúde e de higiene adequadas. Assim, os países em desenvolvimento devem dirigir seus esforços para o desenvolvimento, tendo presente suas prioridades e a necessidade de salvaguardar e melhorar o meio ambiente. Com o mesmo fim, os países industrializados devem esforçar-se para reduzir a distância que os separa dos países em desenvolvimento. Nos países industrializados, os problemas ambientais estão geralmente relacionados com a industrialização e o desenvolvimento tecnológico. (DECLARAÇÃO DA CONFERÊNCIA DE ONU NO AMBIENTE HUMANO, Estocolmo, 5-16 de junho de 1972 - tradução livre. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>. Acesso em: 27 jun. 2019).

concretas e medidas de natureza organizatória e procedimental de densificação, especialmente no plano da normativa infraconstitucional.”<sup>253</sup> Eis o que dizem Sarlet e Fensterseifer:

Mas também mediante a prática decisória dos Tribunais, como aliás, se percebe em face da sumária apresentação das principais medidas legislativas e mesmo de como o Poder Judiciário tem interpretado e aplicado concretamente tal princípio. O princípio da responsabilidade seja a de conter o ímpeto destrutivo do ser humano na sua relação com a Natureza, colocando, para tanto, balizas tanto de ordem moral quanto jurídicas, inclusive com a utilização, quando necessário, dos recursos mais extremos do nosso ordenamento jurídico (e Sistema de Justiça), como é o caso do Direito Penal.<sup>254</sup>

Essa nova realidade social de modernização técnico-científica consumiu e perdeu seu contrário alcançado pela sociedade, trazendo problemas de poluição e prejuízos ao meio ambiente. A modernização, no horizonte empírico da pré-modernidade, é suplantada pelas situações problemáticas da modernização autorreferencial,<sup>255</sup> as quais relegam a um segundo plano a preocupação com o equilíbrio ecológico.

No ordenamento jurídico brasileiro, o primeiro diploma que tratou, de forma diferenciada, a temática da responsabilidade pelos danos ecológicos, pelo ponto de vista da proteção ambiental, foi a Lei 6.453/77,<sup>256</sup> que regulou a responsabilidade civil por danos nucleares, e a responsabilidade criminal, por atos com atividades nucleares. Tal diploma consagrou a responsabilidade objetiva, para a responsabilização civil pelo dano nuclear, bem como a natureza solidária. Essa é uma importante inovação jurídica que rompe com o clássico Direito Civil.

Confirmando o posicionamento do legislador brasileiro no que tange à adoção da responsabilidade objetiva quanto aos danos causados ao meio ambiente, em 31 de agosto de 1981, foi promulgada a Lei nº 6.938, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente que, em seu art. 4º, inciso VII<sup>257</sup> traz a obrigação de recuperar ou indenizar os danos causados pela utilização dos recursos naturais. Cabe ressaltar que as “premissas estabelecidas no texto da Constituição Federal de 1988, já fixavam que o dano ambiental deve ser reparado

<sup>253</sup> SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER. **Princípios do direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2017, p. 110.

<sup>254</sup> Idem.

<sup>255</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011, p. 13.

<sup>256</sup> Dispõe sobre a responsabilidade civil por dano nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6453.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6453.htm). Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>257</sup> Art 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

VII - à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

integralmente pelo infrator, e diante a regra de responsabilidade civil objetiva.”<sup>258</sup> Desse modo Steigleder, citando Farias,<sup>259</sup> refere que:

A constituição federal de 1988, ao reconhecer o direito ao meio ambiente como direito fundamental da pessoa humana, impôs um norte aos ordenamento jurídico constitucional e infraconstitucional, de sorte que a preservação do ambiente “passa a ser a base em que se assenta a política econômica e social, pois, uma vez inseridas em um sistema constitucional, as normas relativas a outros ramos jurídicos, que se relacionam com o amplo conceito de meio ambiente, não podem ser aplicadas sem levar em conta as normas ambientais que impregnam a ideologia constitucional.”<sup>260</sup>

Athias,<sup>261</sup> defensor da teoria do risco integral, antes da edição da Lei nº 6.938/1981, propôs que, em matéria de dano ambiental, devem ser responsabilizados todos aqueles que foram responsáveis pelo prejuízo causado à coletividade. Na mesma linha, sustenta Benjamin<sup>262</sup> que: “O direito ambiental brasileiro abriga a responsabilidade civil do degradador na sua forma objetiva, baseada na teoria do risco integral.” Portanto, no que tange à responsabilidade civil baseada apenas na culpa, a responsabilidade civil seria insuficiente diante desse cenário ambiental de riscos. Carvalho esclarece que:

No entanto, não se pode olvidar também ser imputável a responsabilidade civil extracontratual do Estado por omissão a deveres de proteção sob a égide principiológica da precaução. Mesmo em face da existência de incertezas científicas quanto às possibilidades de ocorrência e/ou magnitudes. Trata-se de casos em que se justifica, pela gravidade das possíveis consequências de um evento, a imposição de deveres protetivos ante a existência de mera possibilidade, em detrimento de probabilidades quantificáveis. Adverte-se, porém, que esta dimensão de dever de proteção deve estar, no entanto, sedimentada em uma hipótese cientificamente ponderável e não meras especulações casuísticas.<sup>263</sup>

---

<sup>258</sup> CHERMONT, Leane Barros Fiuza de Mello. **A responsabilidade civil por dano ao meio ambiente**. Belém: Paka-Tatu, 2003, p. 39.

<sup>259</sup> FARIAS, Paulo José Leite. **Competência federativa e proteção ambiental**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1999, p. 226.

<sup>260</sup> STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade Civil Ambiental: as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro**. 3. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2017, p. 157.

<sup>261</sup> ATHIAS, Jorge Alex Nunes. Responsabilidade civil e meio ambiente: breve panorama do direito brasileiro. *In*: BENJAMIN, Antônio Herman V. (Coord). **Dano Ambiental: prevenção, reparação e repressão**. São Paulo: Editora, 1993, p. 241. (Vol. 2).

<sup>262</sup> BENJAMIN, Antônio Herman V. **Responsabilidade civil pelo dano ambiental**. São Paulo: Revista de Direito Ambiental, 1998, p. 41.

<sup>263</sup> CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental**. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2015, p. 166.

A responsabilidade civil-ambiental, fundada no art. 14, §1º,<sup>264</sup> da Lei nº 6.938/1981, estabeleceu a obrigação do poluidor de reparar danos causados independentemente de culpa, com fundamento na CF/88, sobre as relações privadas. Essa percepção é extraída dos §2º e 3º do art. 225,<sup>265</sup> pois tratam da responsabilidade por dano ambiental logo após o reconhecimento da importância do direito em causa.

Não menos importante e avançando no campo da responsabilização por dano ambiental, digna é a Declaração do Rio/92,<sup>266</sup> sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O referido diploma traz a denominação da responsabilidade comum, mas diferenciada como referência à desigualdade existente entre os Estados, grandes poluidores e consumidores de recursos naturais, em detrimento aos que contribuem muito pouco para a crise ecológica. Conforme Kiss e Shelton, “a versão mais ampla do princípio citado acima obrigaria o mundo desenvolvido a pagar por danos passados, como uma forma de justiça corretiva, bem como danos presentes e futuros.”<sup>267</sup>

Na questão ambiental, a responsabilização do causador de um dano poderá ocorrer nas esferas administrativa, penal e civil. Todavia, cada via de responsabilização é independente, dotada de seus próprios mecanismos de controle e sanção, possibilitando, também, a atuação concomitante das três formas de responsabilidade. A responsabilização por dano ambiental foi complementada pela Lei dos Crimes e Infrações Administrativas em Matéria Ambiental, Lei nº 9.605/1998,<sup>268</sup> responsabilizando, inclusive, a pessoa jurídica em decorrência de prática de crimes ambientais, conforme prevê seu art. 3º.<sup>269</sup> Além da responsabilização penal, o

---

<sup>264</sup> Art. 14 - Sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores:

§1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

<sup>265</sup> Art. 225. 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.

§2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

<sup>266</sup> Declaração do Rio Sobre Ambiente e Desenvolvimento. Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro de 3 a 14 de junho de 1992. (Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 28 jun. 2019).

<sup>267</sup> KISS, Alexandre; SHELTON, Dinah. **Guide to international environmental law**. Leiden/Boston: Martinus Hijhoff Publishers, 2007, p. 107.

<sup>268</sup> Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 28 jun. 2019).

<sup>269</sup> Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto

mesmo diploma consagra a responsabilidade administrativa em seu art. 70<sup>270</sup> e seguintes. Nessa linha e reforçando o regime da responsabilidade civil em matéria ambiental, a Lei nº 12.305/2010<sup>271</sup> afirma, de forma expressa, a responsabilidade pós-consumo em seu art. 6º, VII.<sup>272</sup>

Logo, no art. 186<sup>273</sup> do Código Civil de 2002, se observa a delimitação da responsabilidade subjetiva por ato ilícito, sendo reiterada no art. 5º,<sup>274</sup> inciso X da CF/88, referente à indenização para o lesado dos danos materiais. Para a defesa do meio ambiente, o art. de grande interesse foi o 187<sup>275</sup> do Código Civil de 2002, estabelecendo que “também comete ato ilícito o titular de um direito que, ao exercê-lo, excede manifestamente os limites impostos pelo seu fim econômico ou social, pela boa fé ou pelos costumes”, o qual, conjugado ao art.186 adequa a utilização dos recursos naturais e preservação ambiental. Ainda, muito importante é o art. 927<sup>276</sup> do Código Civil de 2002, que diz que:

Aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo.

Parágrafo único. Haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem.

---

nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade.

Parágrafo único. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 28 jun. 2019).

<sup>270</sup> Art. 70 - Considera-se infração administrativa ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 28 jun. 2019).

<sup>271</sup> Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 28 jun. 2019).

<sup>272</sup> Art. 6º - São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos: [...]

VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>273</sup> Art. 186. Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm). Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>274</sup> Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes:

X - são invioláveis a intimidade, a vida privada, a honra e a imagem das pessoas, assegurado o direito a indenização pelo dano material ou moral decorrente de sua violação;

<sup>275</sup> Art. 187. Código de Processo Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm). Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>276</sup> Art. 927, Código de Processo Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm). Acesso em: 28 jun. 2019.

Consoante Sendim,<sup>277</sup> em se tratando do conceito da responsabilidade civil pelo dano ambiental, o conceito de restauração e de prevenção do dano ambiental é a diretriz do direito de responsabilidade ambiental, e adquire a função de garantir a conservação dos bens ecológicos protegidos. Segundo Steigleder,<sup>278</sup> na sua moldura tradicional, a responsabilidade civil tem por objetivo a reparação dos danos e a punição do responsável; e não se propõe, ao menos em uma aproximação mais ortodoxa, a prevenir os riscos nem tampouco a redefinição do *modus operandi* que determinou a produção do dano.

Na mesma linha, para Ferreira,<sup>279</sup> a ideia que norteia a responsabilidade civil é a preocupação de evitar a subsistência de um prejuízo injusto, impondo uma deslocação patrimonial do lesante para o lesado. De acordo com Chermont,<sup>280</sup> os juristas brasileiros sempre buscaram interpretar as normas de Direito Ambiental concernentes à responsabilidade civil objetiva conforme os prismas das diversas correntes de ideias a respeito do assunto.

Na responsabilidade civil-ambiental, Leite e Caetano<sup>281</sup> esclarecem que o grau de exigência na comprovação do nexos causal deve considerar o local e a complexidade dos bens danificados e atingidos. Aprofundando a noção de dever de garantia perante o meio ambiente, ou seja, gerando a obrigação de internalizar os riscos inerentes à atividade, deve-se, antes, passar pelos princípios do Direito Ambiental, os quais dialogam com a responsabilidade civil. A propósito, Staigleder<sup>282</sup> escreveu sobre os princípios informativos das funções da responsabilidade civil ambiental nos seguintes termos:

Os movimentos ambientalistas forjaram o reconhecimento do princípio da responsabilidade como uma mutação no agir ético e, no plano econômico, como fundamento para a internalização das externalidades ambientais negativas e se projeta em dimensão espaço-temporal na medida em que a temática ambiental é voltada, em escala global, para a proteção das gerações futuras. Com isso, amplia-se a função da responsabilidade civil que deve responder satisfatoriamente à necessidade de reparar os danos ambientais a fim de que as gerações futuras possam usufruir, pelo menos, da mesma qualidade de que dispomos hoje.

<sup>277</sup> SENDIM, José de Souza Cunhal. **Responsabilidade Civil por danos ecológicos:** da reparação dos danos através da restauração natural. Coimbra Editora, 1998, p. 167.

<sup>278</sup> STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade Civil Ambiental:** as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro. 3. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2017, p. 157.

<sup>279</sup> FERREIRA, Henrique Felipe. **Fundamentos da responsabilidade civil:** dano injusto e ato ilícito. n3. São Paulo: Revista de Direito Privado, 2000, p. 115.

<sup>280</sup> CHERMONT, Leane Barros Fiuza de Mello. **A responsabilidade civil por dano ao meio ambiente.** Belém: Paka-Tatu, 2003, p. 39.

<sup>281</sup> LEITE, José Rubens Morato; CAETANO, Matheus Almeida. **A Responsabilidade Civil por Danos Ambientais na Sociedade de Risco:** um Direito Reflexivo frente as Gerações de Problemas Ambientais. São Paulo: Atlas, 2013, p. 279.

<sup>282</sup> STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade Civil Ambiental:** as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro. 3. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2017, p. 161.

Nesse cenário, a solidariedade universal, como Ost<sup>283</sup> enfatiza, esclarece que a responsabilidade não se reduz à imputabilidade e à conotação repressiva, já que se revelou ineficaz para resolver os problemas; trata-se de uma responsabilidade voltada ao futuro. É preciso compreender a responsabilidade como uma tarefa de proteção. A geração presente torna-se guardiã da natureza e das gerações futuras para construir um princípio de solidariedade e de respeito assimétrico. Ost explica que impõe observar a responsabilidade em relação à natureza e igualmente em relação aos homens presentes e futuros. O respeito às plantas e aos animais é colocado aos seres humanos no sentido de dever respeitar. “Deveres assimétricos de responsabilidade, justificados simultaneamente pela vulnerabilidade dos beneficiários e pela necessidade de respeitar as simbioses biológicas, no interesse da humanidade inteira.”<sup>284</sup>

Segundo Leite e Ayala,<sup>285</sup> “o ambiente, o homem e todos os seres vivos, integrados, em constante relação, em perspectiva que não se restringe apenas ao domínio dos interesses, pretensões e preocupações atuais e presentes,” A segunda noção do princípio da responsabilidade, o valor ético da alteridade relacionado com a solidariedade, perfaz o respeito às diferenças e peculiaridades do outro, em sentido amplo.

Surge, nesse contexto, a responsabilidade civil-ambiental com o desafio de superar as contradições da sociedade contemporânea e o desenvolvimento sustentável, pois atua na produção e geração de riscos ambientais, buscando reparar a qualidade inerente aos elementos naturais, indispensáveis ao equilíbrio ecológico e à sobrevivência das gerações futuras, humanas ou não. O homem foi reconhecendo a necessidade de preservação dos recursos ambientais como condição própria de sobrevivência e da civilização. O meio ambiente ecologicamente equilibrado, como bem jurídico tutelado, é inerente à própria dignidade da pessoa humana. Portanto, é imprescindível estabelecer mecanismos de responsabilização pelo descumprimento desse dever jurídico.

Contudo, o mais relevante é perceber que, mais que um instrumento de reparação, a responsabilidade civil é um meio de se fazer justiça social, conforme assevera Carvalho:

Em última instância, a matéria jurídica referente à compensação às vítimas e ao meio ambiente atingidos por desastres envolve sempre uma ponderação profunda sobre sua origem no infortúnio ou na injustiça. Infortúnios são

---

<sup>283</sup> OST, François. **A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

<sup>284</sup> Ibid., p. 313.

<sup>285</sup> LEITE, José Rubens Morato. **Introdução ao conceito de meio ambiente**; Rio de Janeiro: Forense Universitária, p. 89.

eventos que, por seu caráter aleatório e imprevisível, são traduzidos em semântica jurídica como força maior (fenômeno externo à atividade dotado de imprevisibilidade e irreversibilidade). Por evidente, estes eventos não tem o condão de gerar responsabilização. Diferentemente, a injustiça, aqui descrita sem maiores digressões filosóficas, tem seu lugar nos “caos em que as vulnerabilidades sociais que aumentam os riscos para algumas populações estão enraizadas em conhecidas desigualdades e, assim, resultam em danos em momentos de desastres de forma previsível. O pêndulo entre a responsabilidade por injustiça e a ausência de motivação para imputação irá decorrer de uma constante análise entre o que é uma falha responsabilizável ou punível e uma omissão razoável.<sup>286</sup>

Canotilho<sup>287</sup> alerta no sentido de que a atribuição de valor fundamental a um determinado bem, sem que isso reconduza à positivação de um direito, ou seja, à sua inserção na ordem jurídica positiva, significaria, na prática, que se revestiriam apenas de esperança e aspirações. Certo é que a responsabilidade civil, no âmbito da proteção do meio ambiente, conforme Montenegro,<sup>288</sup> estabelece a obrigação de reparar o dano àquele que concorreu para o dano, independentemente de sua culpa, uma vez comprovado o nexo causal entre a atividade e o dano, e a opção é pela forma objetiva de responsabilidade.

Portanto, a reparação compreende a recuperação, a reconstituição do ambiente degradado e uma condenação em dinheiro, sendo que uma forma não exclui a outra. Cabe ressaltar que a “recomposição do meio ambiente agredido é sempre a medida mais indicada, porque satisfaz a concepção de que a higidez do meio ambiente é um valor social preponderante em relação à sua (difícil) expressão monetária.”<sup>289</sup> Essa conclusão se extrai, também, do Poder Público quando imputa o disposto ao art. 225, §1º, inciso I<sup>290</sup> da CF/88, à obrigação de preservar e restaurar os processos ecológicos.

Na prática, a responsabilidade civil vem se apresentando como o “mecanismo mais utilizado e mais eficaz da Política Ambiental, voltado para a condenação do agressor na recomposição ou reconstituição do meio ambiente degradado ou na indenização, quando

<sup>286</sup> CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica**: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015, p. 182.

<sup>287</sup> CANOTILHO, J. J. Gomes. **Direito constitucional e teoria da constituição**. 3. ed. Coimbra: Almedina, 1999, p. 353.

<sup>288</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 49.

<sup>289</sup> COSTA NETO, Nicolau Dino de Castro e. **Proteção jurídica do meio ambiente**: I- Floresta. Belo Horizonte: El Rey, 2003, p. 272.

<sup>290</sup> Art. 225. 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.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas.

impossível o restabelecimento do *status quo*.”<sup>291</sup> Às vezes, a recuperação do ambiente degradado se afigura impossível, e nenhuma indenização pecuniária pode substituir o valor de um ambiente ecologicamente equilibrado. Por outro, se a “meta final da sanção civil tem cunho reparatório compensatório, possui também um efeito preventivo, na medida em que a perspectiva da ação civil desestimula as práticas danosas, obrigando o agente a retrair-se ou a ponderar o ônus que terá de suportar.”<sup>292</sup>

Quando tratamos das nanotecnologias, estamos trabalhando com riscos desconhecidos e futuros, para os quais exige-se uma parada reflexiva e conclusiva no raciocínio concernente aos riscos desconhecidos e futuros inerentes às novas tecnologias no mundo do trabalho, que são naturalmente incorporadas na realidade e na adversidade das nanotecnologias. Diferentemente das tecnologias da informação, as nanotecnologias, no meio ambiente laboral, apresentam um grande potencial de riscos em dimensão e caráter de invisibilidade muito maior e pouco desvendada pela ciência.

No entanto, a ideia de riscos não definidos, hipotéticos e não avaliáveis de forma precisa pela ciência e são intrínsecos no Princípio da Precaução, que serve para proteger a natureza. Utilizando esse princípio em conjunto com a responsabilidade civil objetiva, a tendência é servir de direção para o fim de limitar os riscos potenciais de danos de determinada atividade ou de produto a ser produzido e lançado no meio ambiente.

A pré-compreensão a partir da qual das hipóteses de aplicação de alguns princípios estruturantes para a organização do Direito Ambiental, como os princípios da precaução e prevenção, em essência, definem o conteúdo precaucional e de antecipação para ordenar os contornos de sua importância na previsão dos riscos. Entretanto, antes de seguirmos, importante mencionar as dificuldades e fragilidades para configurar o nexos causal à responsabilidade civil ambiental que, por si só, é agravada pela complexidade que apresenta tal matéria.

#### 3.4 DIFICULDADES DO NEXO CAUSAL NA RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL

Quando tratamos da responsabilidade civil ambiental parece coerente pensar somente no dano ao meio ambiente, requisito essencial para a configuração da reparação civil que, sem ele, não há o dever de reparar, sendo um tema amplamente debatido e discutido no campo do Direito e com vasta bibliografia. Todavia, para o presente trabalho, buscamos os

---

<sup>291</sup> MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005, p. 50.

<sup>292</sup> *Ibid.*, p. 51.

conhecimentos já expostos pelos doutrinadores exigindo uma resposta do Direito quando tratamos da nanotecnologia que, atualmente, não dispõe de previsão legal quando da sua ocorrência e a sua alta potencialidade de dano à(s) vítima(s) devido à exposição dos produtos nanos a que são expostas as pessoas e o meio ambiente.

Importante esclarecer que o meio ambiente não são somente elementos naturais. Há, também, os elementos da biosfera,<sup>293</sup> conforme a própria Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, nº 6.938 de 1981, em seu art. 3º, V,<sup>294</sup> que protege todos os organismos vivos e seus *habitats*. A responsabilidade civil ambiental não está pautada somente ao dano ambiental e na previsão legal, mas também na atividade de risco, entendida como atividade que implica riscos para a saúde ou para o meio ambiente. A teoria do risco preceitua que “todo o prejuízo deve ser atribuído ao seu autor e reparador por quem o causou independentemente de ter ou não agido com culpa.”<sup>295</sup>

Um dos preceitos da teoria do risco é o de adotar cuidados de prevenção ambiental acima da média quando comparadas às demais atividades, ou seja, a ideia central é que, havendo a simples existência de risco de uma atividade, deve-se substituir a investigação da conduta comissiva ou omissiva pelo nexos causal ao evento danoso, fundamentando a responsabilidade civil. Staigleder<sup>296</sup> compartilha dessa ideia quando impõe ao “empreendedor a obrigação de prevenir tais riscos (princípio da prevenção) e de internalizá-los em seu processo produtivo (princípio do poluidor pagador).”

No entanto, a atividade de risco apontada na legislação não traz uma definição clara do que pode ser enquadrado como risco, o que também ocorre no poder público nas atividades potenciais ao risco ambiental. Há, portanto, uma abertura para a interpretação do julgador, que analisará o caso, levando em conta a dimensão do dano e o nexos causal, que permanecem como elemento principal para a configuração da reparação.

Bobbio,<sup>297</sup> ao mencionar o meio ambiente como um dos novos direitos “o mais importante dele é o reivindicado pelos movimentos ecológicos: o direito de viver em um ambiente não poluído.” A estrutura atual da responsabilidade civil não tem condições

<sup>293</sup> Incluem os naturais e os artificiais, mas com exceção do homem. Os *habitats* dos demais são, via de regra, naturais, ainda que tenham sofrido a intervenção antrópica.

<sup>294</sup> Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: I - ...; V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 10 jul. 2019).

<sup>295</sup> FERRAZ, Sérgio. Responsabilidade civil pelo dano ecológico. **Revista da Consultoria Geral do Estado do Rio Grande do Sul**, Instituto de Informática Jurídica, Porto Alegre, v. 1. n. 1. dez. 1971.

<sup>296</sup> STAIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade civil ambiental**: as dimensões do dano ambiental no Direito brasileiro. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004, p. 196.

<sup>297</sup> BOBBIO, Norberto. **A era dos direitos**. Rio de Janeiro: Campus, 1992, p. 6.

adequadas para proporcionar a reparação ambiental. As bases da responsabilidade civil residem no fato de estar fundada sobre alicerces meramente individualistas e, em tais circunstâncias, não enfrentam os problemas de maneira globalizada, limitando-se a percebê-los pontualmente e de forma fragmentada, uma vez que está fundada somente na culpa ou não. A responsabilidade civil não ultrapassa limites da existência do autor ou do réu no processo, ainda que possam ser plurais.<sup>298</sup>

Pelo desconhecimento das consequências da nanotecnologia no meio ambiente, bem como a inexistência de lei específica, que não deve servir de justificativa ao desamparo da vítima, deverá o Direito buscar mecanismos para evitar consequências indesejadas.<sup>299</sup> Os principais problemas detectados estão na comprovação do dano ambiental e na configuração do nexos causal. Não é tarefa fácil, em matéria ambiental, a determinação segura do nexos causal, já que os fatos da poluição e sua complexidade estão, muitas vezes, camuflados pela multiplicidade de causas, das fontes e de comportamentos, seja por uma consumação imediata ou tardia, seja pela dificuldades técnicas e financeiras para aferição.<sup>300</sup>

Logo, tem-se que a análise causal passa a ser mais complexa e tormentosa no âmbito da responsabilidade civil ambiental. Benjamin<sup>301</sup> destaca que o problema da causalidade em matéria ambiental está no império da dispersão do nexos causal ou do fenômeno da causalidade complexa, simultâneas ou sucessivas, prolongadas no tempo que podem ser atribuídas a possibilidades multiplicadas de fontes de comportamentos.

Segundo Rodrigues,<sup>302</sup> o problema da causalidade acontece sob aspectos abstrato e concreto. O aspecto abstrato trata de identificar o nexos de causalidade diante de concausas. Já o aspecto concreto busca a comprovação nos mundos dos fatos de que o nexos realmente existe. Vale esclarecer a necessidade de uma reestruturação da responsabilidade civil ambiental buscando especificar as questões ambientais, com mecanismos que possam relativizar a carga complexa do nexos causal devido aos processos produtivos massificados e globalizados, contextualizada pela redimensão do Direito na lógica da sociedade de risco.

A nanotecnologia impôs a busca de uma nova redefinição da noção de responsabilidade civil em conjunto com a evolução da sociedade. A responsabilidade civil

---

<sup>298</sup> ANTUNES, Paulo Bessa. **Dano Ambiental**: uma abordagem conceitual. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2002, p. 277.

<sup>299</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 76-78.

<sup>300</sup> MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 4. ed. São Paulo: RT, 2005, p. 833.

<sup>301</sup> BENJAMIN, Antônio Herman V. Responsabilidade civil pelo dano ambiental. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo: RT, v. 3, n. 9, p. 5-52, jan./fev. 1998, p. 44.

<sup>302</sup> RODRIGUES, Marcelo Abellha. **Instituições de Direito Ambiental**. São Paulo: Max Limonad, 2002, p. 224.

ambiental surge, nesse contexto, com o desafio de adequar seus pressupostos face ao surgimento de novas tecnologias e à realidade do ordenamento jurídico brasileiro.

### 3.5 RESPONSABILIDADE CIVIL AMBIENTAL E OS DESAFIOS DA NANOTECNOLOGIA

O desenvolvimento tecnológico requer uma nova interpretação da responsabilidade civil ambiental com o fim de acompanhar as mudanças exigidas pela sociedade face ao surgimento de novas tecnologias. Com a proliferação de práticas, na última década, e a falta de regulamentação para a nanotecnologia, “a alta potencialidade de risco exige uma resposta do Direito, encontrando em seus princípios e institutos, uma forma de proteger a vítima.”<sup>303</sup>

Foi-se o tempo em que era possível estabelecer, com clareza e segurança jurídica absoluta, a incidência de normas que garantiriam unidade em todas as decisões. “Para assegurar ampla proteção às vítimas, o sistema de responsabilidade civil como se apresenta, se mostra insuficiente, sendo necessário rever seus elementos básicos.”<sup>304</sup> Para Tepedino, na realidade:

[...] o Direito Civil da atualidade propugna a superação de uma concepção patrimonialista em que se busca a observância dos valores constitucionais, especialmente aqueles concernentes à dignidade da pessoa humana e à solidariedade social.<sup>305</sup>

A partir desses critérios, a delimitação da responsabilidade civil-nanotecnológica associam-se à reflexão acerca da eficácia da tutela da pessoa humana atrelada às novas temáticas do direito civil-constitucional.<sup>306</sup> Chega o momento de delinear a espécie de responsabilidade que mais se ajusta às nanotecnologias em suas diferentes áreas e quais os elementos que deverão ser exigidos, ou seja, quando estamos tratando de meio ambiente, de relações de consumo e de meio ambiente do trabalho com diferentes conceitos de responsabilidade serão alcançados. Entretanto, os requisitos que serão unanimidade a todos será onexo causal e o dano, e a responsabilidade civil tem como objetivo a reparação do dano.

<sup>303</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 75.

<sup>304</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 85.

<sup>305</sup> TEPEDINO, Gustavo. **O direito-civil constitucional e suas perspectivas atuais**. In: Carlos Eduardo Pianovski Ruzyk; Eduardo Nunes de Souza; Joyceane Bezerra de Menezes; Marcos Ehrhardt Junior (Org.). **Temas de Direito Civil**. Rio de Janeiro: Renovar, 2009, p. 22.

<sup>306</sup> *Ibid.*, p. 22-23.

Englemann<sup>307</sup> defende que a utilização da legislação existente para as tecnologias em escala nano deve ser encarada em caráter aberto do sistema, com cláusulas gerais. No entanto, a proposta pela utilização da cláusula geral do risco (art. 927, parágrafo único, do Código Civil) engloba ocorrências de atividades normalmente desenvolvidas, por sua natureza, em riscos a terceiros.<sup>308</sup>

Em princípio, para que se configure a responsabilidade civil objetiva, faz-se necessário a presença do dano, do nexo de causalidade e da atividade perigosa.<sup>309</sup> Porém, em se tratando de meio ambiente, esses elementos da responsabilidade civil objetivam engessar a norma em decorrência do desenvolvimento tecnológico, e nem mesmo a objetivação da responsabilidade se mostra suficiente, razão pela qual seus elementos também estarão flexibilizados.

Assim, propõe-se uma ética da “responsabilidade para o futuro”,<sup>310</sup> que pretende uma “nova responsabilidade, não só direcionada aos fatos pretéritos, mas, principalmente, aos futuros danos, em uma exigência de prudência, de preservação e de precaução que recai sobre a humanidade futura, sempre levando em consideração o princípio constitucional da dignidade da pessoa humana.”<sup>311</sup> Segundo Borjes, Gomes e Englemann:

Quando a ameaça se transformar em lesão ao direito, ocorrendo efetivamente um dano, seja patrimonial ou extrapatrimonial, será preciso repor a vítima ao *status quo ante*, pelo princípio da reparação integral. Nesse caso, somente a responsabilidade civil poderá reparar a vítima, no sentido de compensá-la, punindo também o ofensor. A indenização deverá ser fixada com esse objetivo atingido também sua função preventiva, como meio de inibir a prática futura de atos danosos à lesada e a outrem.<sup>312</sup>

A esse respeito, Silveira<sup>313</sup> complementa ser inelutável considerar que o modelo de responsabilidade civil ambiental comporta limites estruturais, dada sua origem reparatória, e sua vinculação ao processo civil está nos vínculos de causalidade. As formas pelas quais o liame causal é provado juridicamente e, portanto, ensejando o dever de reparar. melhorar

<sup>307</sup> ENGLEMANN, Wilson. **Nanotecnologia, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010, p. 187-188.

<sup>308</sup> BORJES, op. cit., p. 89.

<sup>309</sup> Ibid., p. 97.

<sup>310</sup> Definição dada por: JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução de Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC-Rio, 2006.

<sup>311</sup> THIBIERGE, Catherine. Libres porpôs sur l'évolution du droit de la responsabilité. **Revue Trimestrielle de Droit Civil**, Paris, v. 98, n. 3, 1999, p. 561.

<sup>312</sup> BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 107.

<sup>313</sup> SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo**: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável. Caxias do Sul: Educs, 2014, p. 222.

Contudo, o meio ambiente não necessita somente de reparação ou de compensação pelos danos, mas de prevenção e precaução a riscos. Trata-se na busca de um instituto novo com nova atividade, no caso de produtos nanotecnológicos. Portanto, o entendimento jurídico é que poderá fixar seu convencimento na previsibilidade normal, estabelecida em razão de regras técnicas gerais, ou seja, a responsabilidade do agente surge na exposição de perigo ou de risco, o que, por si só, gera o dever de indenizar independentemente da culpa.

Supondo que o dano ainda não tenha ocorrido ou que não consigamos identificar o dano, seria possível impedi-lo? Quando estamos trabalhando com partículas nanométricas (a bilionésima parte do metro ( $10^{-9}$ )), não sabemos quais seus riscos nem seus danos. Nesse caso, Silveira<sup>314</sup> defende a utilização do instituto do abuso de direito, no intuito de justificar a adoção de obrigações de fazer ou não fazer, não destinadas a reparar um dano, mas de precaver situações cuja lesividade é presumível, porém não há dano identificável.

Silveira<sup>315</sup> assevera que, quando estamos nos referindo ao meio ambiente, não devemos nos limitar somente à responsabilidade civil por ato ilícito para fins de adotar, judicialmente, mecanismos inibitórios. Temos de desenvolver critérios processuais para a melhor utilização do instituto “abuso de direito”, associado não à responsabilidade civil, porém à precaução. Não se trata de justificar a atribuição de uma obrigação de reparar um dano, já que os impactos não são possíveis de aferição, embora sejam presumíveis. Trata-se de uma justificativa legal para a adoção de medidas precaucionais para a proteção do meio ambiente e da saúde humana.

Com base no abuso de direito, medidas de prevenção e precaução poderiam ser tomadas sem que houvesse a constatação do dano, somente pelo fato de que as evidências indicam a produção de riscos intoleráveis para a sociedade. A ideia é trabalhar sobre o exercício do direito em si, ou seja, aferir quando a produção de riscos ecológicos e sanitários, ainda que decorrentes de atividades lícitas, são socialmente intoleráveis por ameaçar os direitos de outrem.

Em suma, a revisão dos pressupostos da responsabilidade civil ambiental exigirá, além da modificação legislativa, a intervenção do juiz estabelecendo convencimentos. Segundo Engisch,<sup>316</sup> atualmente, as leis não são dispostas de tal forma que as decisões dos juízes sejam fundamentadas através de conteúdos fixos e a conceitos que, mediante uma simples

---

<sup>314</sup> Ibid., p. 226.

<sup>315</sup> SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo**: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável. Caxias do Sul: Educs, 2014, p. 226-235.

<sup>316</sup> ENGISCH, Karl. **Introdução ao pensamento jurídico**. 7. ed. Tradução de J. Batista Machado. Lisboa: Fundação Calouse Gulbenkian, 1996, p. 207.

interpretação, sejam explicitados com segurança. Ao contrário, caberá ao magistrado valorar autonomamente e, por vezes, decidir e agir de modo semelhante ao do legislador.

Logo, o limite da responsabilidade civil está no evento danoso que seja resultado do risco em razão do qual foi vedada a conduta. É justamente por isso que a degradação ambiental decorre de funções complexas de concausas, sendo difícil individualizar a responsabilidade que não deve estar amparada somente no dano, mas também no limite de tolerância do risco com enfoque no princípio da precaução.

### 3.6 RISCOS ECOLÓGICOS E APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

A avaliação dos riscos ecológicos que motivam a aplicação proporcional do princípio da precaução é pautada na compreensão de que esse princípio se vincula ao plano das possibilidades para conseguir agir preventivamente aos danos, protegendo, de fato, o meio ambiente e a sociedade. As preocupações ambientais são reflexos de que as consequências de anos de degradação da natureza já estão sendo sentidas em proporções cada vez maiores, exigindo ainda mais a prevenção de novos problemas com a utilização de mecanismos que busquem alterar, pelo meio legal, a concretização de ações que gerem riscos.

Os impactos ambientais sentidos pelo homem são fruto da sua própria ação de exploração ilimitada, já que o desenvolvimento industrial e a visão social que o homem tem de si, com o foco em progresso e poderio econômico fazem com que ele sabote o meio que lhe provê a sobrevivência ao explorá-lo excessivamente para crescer, sem compreender que prejudica a si mesmo quando não promove medidas sustentáveis de crescimento.

A vulnerabilidade humana aos problemas ambientais e suas consequências é sentida dia após dia, e se faz cada vez mais necessário a intervenção estatal nas possibilidades que vislumbra de danos que piorem ainda mais a situação e coloque em xeque a saúde do ser humano e a possibilidade de recuperação do meio ambiente. Wedy trouxe à baila a compreensão de Cafferatta e de Goldenberg sobre os danos ambientais:

Os danos ambientais, segundo Néstor Cafferatta e Isidoro Goldenberg, podem ser: 1) continuados— originados por uma sucessão de atos de um mesmo autor ou de vários autores, realizados em épocas diversas; 2) de efeitos prolongados – os que permanecem através dos tempos; 3) progressivos— produzidos por uma série de atos sucessivos de uma mesma pessoa ou de pessoas diferentes cuja conjunção provoca um dano maior (CAFFERATTA, Nestor; GOLDENBERG, Isidoro. *Daño Ambiental: problemática de su determinación causal*. Buenos Aires: AbeledoPerrot, 2003. p. 73). Exemplo de danos continuados pode ser o de uma fábrica de

refrigerantes que despeja dia a dia resíduos poluentes em rio próximo. Quanto aos danos prolongados pode se referir aos efeitos nocivos da radiação causados à saúde dos seres humanos e ao meio ambiente, que ainda hoje se fazem sentir, nas populações de Hiroshima e Nagasaki no Japão. Em relação aos danos progressivos se pode exemplificar com o caso das indústrias de Cubatão em São Paulo que ao longo de décadas emitiram gases poluentes de forma concomitante naquela localidade.<sup>317</sup>

A complexidade que se percebe na grande variedade de danos ambientais torna ainda mais necessário o estabelecimento da utilização prática e proporcional do princípio da precaução. Os danos ambientais encontram o seu significado de forma ampla, já que a sua ocorrência tem formas variadas de inserção. A compreensão do significado de sua alteração no meio e junto às pessoas foi trazida à discussão por Albuquerque:

Sendo assim, a noção de dano ambiental deve ser associada com um conceito amplo de meio ambiente, levando em consideração que o meio ambiente não se limita aos elementos naturais, mas também inclui elementos artificiais e culturais, sendo o fruto das interações entre os seres humanos e o meio natural.

Para José Rubens Morato Leite, o dano ambiental “constitui uma expressão ambivalente, que designa, em certas vezes, alterações nocivas ao meio ambiente e outras, ainda, os efeitos que tal alteração provoca na saúde das pessoas e em seus interesses”.

Acrescenta, o autor, que existem duas acepções do dano ambiental, a primeira significa uma alteração indesejável ao conjunto de elementos chamado meio ambiente, e na segunda se refere aos efeitos que esta modificação gera à saúde das pessoas e em seus interesses.

Portanto, tem-se que o dano ambiental não designa apenas uma lesão sobre o patrimônio ambiental juridicamente protegido, entendido como um bem de toda coletividade, mas também pode se referir a um bem de interesse individual, nesse caso é denominado de dano ricochete, que também enseja uma reparação pelo prejuízo patrimonial e extrapatrimonial.<sup>318</sup>

Albuquerque<sup>319</sup> infere sobre a visão social que permeia o entendimento do dano ambiental, já que a garantia constitucional do meio ambiente o trata pelo que é: um bem coletivo que deve ser preservado pela interferência direta da sociedade, não regional ou brasileira, mais mundial, já que as consequências dos riscos são sentidas pela população mundial. O ordenamento jurídico brasileiro traz o dano ambiental como uma forma de dano e

---

<sup>317</sup> ENGISCH, Karl. **Introdução ao pensamento jurídico**. 7. ed. Tradução de J. Batista Machado. Lisboa: Fundação Calouse Gulbenkian, 1996, p. 26.

<sup>318</sup> ALBUQUERQUE, Fernanda Cavalcanti de. O dano ambiental: o princípio da proporcionalidade se constitui em uma autêntica salvaguarda dos direitos individuais contra ações indevidas do poder público que violem a sua liberdade. **Conteudojuridico.com.br**, [s.l.], p. 1-2, 9 set. 2014. Disponível em: <https://www.conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/40868/o-dano-ambiental>. Acesso em: 24 dez. 2019.

<sup>319</sup> Idem.

lesão que se causa, mesmo que aconteça sem dolo, apenas de forma culposa, pelo homem ao meio ambiente, já que a responsabilização acontece de forma objetiva.

Compreender o dano ambiental e a responsabilidade civil do Estado em relação a esse tipo de dano traz à tona a necessidade de estudo e de aplicação do Princípio da Precaução. Importante mencionar que a Constituição não faz distinção entre dano comum e ambiental. Para o caso de danos ambientais, a invocação da CF/88 (art. 37, §6º) é o suficiente para que o Estado possa ser demandado por danos causados ao meio ambiente, nos casos em que agir de forma insuficiente ou excessiva.<sup>320</sup> Wendy fala sobre as causas excludentes da responsabilização civil do Estado:

Importante que se faça referência às excludentes do dever de indenizar que interrompem o nexo causal. O nexo causal, ordinariamente, deve ser demonstrado para que esteja presente o dever de indenizar nos casos de responsabilidade objetiva. A regra na teoria da responsabilidade objetiva, que envolve diretamente o dano ambiental, é que a vítima do dano deve demonstrar a ocorrência do dano e o nexo causal para que presente esteja o dever de indenizar. Apenas, por exceção, nos casos de aplicação da teoria do risco integral é que o dever de indenizar estará presente sem a demonstração do nexo causal. Ou seja, em regra, inexistindo a relação de causa e efeito estará ausente o dever de indenizar. No mesmo sentido, por exemplo, naquelas causas que envolvem a responsabilização do empresário, previstas no Código Civil, a inexistência de defeito do produto é causa excludente do dever de indenizar. O caso fortuito e a força maior também são excludentes da responsabilidade objetiva. O caso fortuito é o evento natural, derivado de força da natureza, ou fato das coisas, como o raio, a inundação, o terremoto, o ciclone, a tsunami, o temporal etc. Na força maior há um elemento humano a influenciar o evento. Por exemplo, a doutrina entende como caso de força maior a ação de autoridade (*factum principis*), a revolução, o furto, ou o roubo, o assalto ou, noutro gênero, a desapropriação. Eismein, enxerga na força maior o caráter invencível do obstáculo e no caso fortuito o caráter imprevisto (Planiol, Ripert e Eismein. *Traité pratique de Droit Civil*, v. 6, n. 382. Apud STOCO, Rui. *Tratado de responsabilidade civil*. 6. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.p. 1734 e 184). Para Rui Stoco, embora nítida a diferença entre o caso fortuito e a força maior, os dois eventos correspondem a um só efeito, e nesse sentido foram às previsões dos Códigos Civis de 1916 e 2002. A cláusula de não indenizar também é uma causa excludente da responsabilização civil. Nada obsta que esta cláusula seja adotada no âmbito da responsabilidade objetiva, todavia, se o direito tutelado pela lei que prevê a teoria do risco for de tal monta mais relevante que a simples declaração unilateral da parte de não ser indenizada, sem efeito estará a referida cláusula, sempre dentro de um juízo de ponderação de valores e de proporcionalidade.<sup>321</sup>

---

<sup>320</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014, p 20-26.

<sup>321</sup> *Ibid.*, p. 20.

A implementação do princípio da precaução pela administração pública tem um cabimento de grande importância no amparo aos danos ambientais que trazem consequências à coletividade social, e a correta compreensão dos riscos ambientais e de como as medidas preventivas e de intervenção são essenciais é um fator importante para a eficácia das medidas estatais. A observação desse princípio é fundamental para que a intervenção estatal ocorra de forma proporcional, trazendo mudanças preventivas à afirmação dos danos ambientais, percebendo riscos e neutralizando-os para que não se configurem como danos, para além do seu potencial contra o meio ambiente.

A importância de que o Estado observe o princípio da precaução é tamanha, que a sua não observação traz violações aos princípios da moralidade e legalidade. A averiguação de riscos, quando constatada, torna obrigatória a ação do Estado para com a prevenção e aplicação da precaução, tornando-o responsável pelos danos quando tem o dever de fazê-lo e não o faz.<sup>322</sup> A respeito da ocorrência de danos por ação omissiva do ente Estatal, o STJ<sup>323</sup> nos mostra que é responsabilidade do Estado, conforme Wedy<sup>324</sup> mencionou:

O STJ entendeu, interpretando a norma infraconstitucional, que a responsabilidade do Estado, em casos de omissão causadora de danos ambientais, é objetiva, em acórdão assim ementado: “AMBIENTAL– UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL (LEI Nº 9.985/2000) – OCUPAÇÃO E CONSTRUÇÃO ILEGAL POR PARTICULAR NO PARQUE ESTADUAL DE JACUPIRANGA – TURBAÇÃO E ESBULHO DE BEM PÚBLICO – DEVERPODER DE CONTROLE E FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO – OMISSÃO – ART. 70, § 1º, DA LEI Nº 9.605/1998 – DESFORÇO IMEDIATO – ART. 1.210, § 1º, DO CÓDIGO CIVIL – ARTS. 2º, I E V, 3º, IV, 6º E 14, § 1º, DA LEI Nº 6.938/1981 (LEI DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE) – CONCEITO DE POLUIDOR– RESPONSABILIDADE CIVIL DO ESTADO DE NATUREZA SOLIDÁRIA, OBJETIVA, ILIMITADA E DE EXECUÇÃO SUBSIDIÁRIA – LITISCONSÓRCIO FACULTATIVO – [...] 4. Qualquer que seja a qualificação jurídica do degradador, público ou privado, no Direito brasileiro a responsabilidade civil pelo dano ambiental é de natureza objetiva, solidária e ilimitada, sendo regida pelos princípios do poluidor-pagador, da reparação in integrum, da prioridade da reparação in natura, e do favor debilis, este último a legitimar uma série de técnicas de facilitação do acesso à Justiça, entre as quais se incluía inversão do ônus da prova em favor da vítima ambiental. Precedentes do STJ. 5. Ordinariamente, a responsabilidade civil do Estado, por omissão, é subjetiva ou por culpa, regime comum ou geral

<sup>322</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014, p. 25.

<sup>323</sup> [STJ, REsp 1071741, 2ª Turma, Rel. Min. Herman Benjamin, DJe 16.12.2010]. (WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014, p. 26. Disponível em: [https://www.mpma.mp.br/arquivos/ESMP/Responsabilidade\\_Civil\\_do\\_Estado.pdf](https://www.mpma.mp.br/arquivos/ESMP/Responsabilidade_Civil_do_Estado.pdf). Acesso em: 24 dez. 2019).

<sup>324</sup> Idem.

esse que, assentado no art. 37 da Constituição Federal, enfrenta duas exceções principais. Primeiro, quando a responsabilização objetiva do ente público decorrer de expressa previsão legal, em microsistema especial, como na proteção do meio ambiente (Lei nº 6.938/1981, art. 3º, IV, c/c o art. 14, § 1º). Segundo, quando as circunstâncias indicarem a presença de um standard ou dever de ação estatal mais rigoroso do que aquele que jorra, consoante a construção doutrinária e jurisprudencial, do texto constitucional.[...] 14. No caso de omissão de dever de controle e fiscalização, a responsabilidade ambiental solidária da Administração é de execução subsidiária (ou com ordem de preferência). 15. A responsabilidade solidária e de execução subsidiária significa que o Estado integra o título executivo sob a condição de, como devedor-reserva, só ser convocado a quitar a dívida se o degradador original, direto ou material(= devedor principal) não o fizer, seja por total ou parcial exaurimento patrimonial ou insolvência, seja por impossibilidade ou incapacidade, inclusive técnica, de cumprimento da prestação judicialmente imposta, assegurado, sempre, o direito de regresso (art. 934 do Código Civil), com a desconsideração da personalidade jurídica (art. 50 do Código Civil). 16. Ao acautelar a plena solvabilidade financeira e técnica do crédito ambiental, não se insere entre as aspirações da responsabilidade solidária e de execução subsidiária do Estado – sob pena de onerar duplamente a sociedade, romper a equação do princípio poluidor-pagador e inviabilizar a internalização das externalidades ambientais negativas – substituir, mitigar, postergar ou dificultar o dever, a cargo do degradador material ou principal, de recuperação integral do meio ambiente afetado e de indenização pelos prejuízos causados. 17. Como consequência da solidariedade e por se tratar de litisconsórcio facultativo, cabe ao autor da ação optar por incluir ou não o ente público na petição inicial. 18. Recurso especial provido.

A concepção do poder estatal como parte apenas nas ações em que praticar a promoção de danos ambientais não se justifica, na medida em que a sua omissão diante de um caso de potencial dano pode causar consequências graves e negativas para o meio tanto quanto se tivesse causado a ação prejudicial por decisão própria. A aplicação do princípio da precaução induz a administração pública a agir em prol da averiguação do risco anterior à ocorrência do dano, e a sua inércia diante de uma situação que claramente se percebe como prejudicial traz consequências graves, já que a mera percepção do risco, sem uma ação preventiva que traga uma solução anterior à concretização do dano, não resolve o problema.

A administração pública tem o dever de buscar informação e concepções reais sobre a ocorrência de riscos, para que consiga efetivar soluções válidas, e não meramente observar e não agir quando as evidências apontam que a situação pode se tornar um grave dano ambiental, com consequências permanentes para o mundo. Há ainda a possibilidade de que o excesso aconteça, trazendo prejuízos sociais, já que, quando não se estuda a proporcionalidade e a razoabilidade, os danos podem trazer inúmeros problemas ou ser barreira na resolução de potenciais danos.

O embasamento estatal não deve se pautar em pesquisas escassas ou em riscos sem evidências claras para tomar a decisão de coibir uma conduta que traria benefícios diretos à um grupo enorme de pessoas. Um exemplo fictício é a ação estatal para proibir a instalação de uma empresa de geração de energia renovável em uma localização distante e com pouca acessibilidade para os benefícios de energia fornecidos para a sociedade. A ação estatal que, baseada no princípio da precaução, proibir a instalação da empresa de geração de energia renovável, sem um estudo que embase que o impacto ambiental para os animais e para a natureza do local das instalações, será considerada excessiva, já que o benefício é constatado para a população que terá acesso à qualidade de vida e a melhorias significativas no seu desenvolvimento.

O acesso aos benefícios poderá, muitas vezes, significar um acesso a meios de promoção de cuidados ainda maiores com o meio ambiente, com o desenvolvimento de tecnologias e a utilização destas para cultivar a natureza e impactá-la menos de forma negativa. A correta aplicação do princípio da precaução se dá quando ela ocorre em conformidade com a situação e de acordo com a proporcionalidade e razoabilidade que é aplicada, visualizando-se não apenas de forma superficial de como a ação vai modificar o meio e trazer um impacto ambiental sobre esse, mas realizando um estudo profundo sobre essas questões. A compreensão da precaução no sentido de analisar o risco ao qual ela irá se opor também deve considerar o risco eminente, conforme diz Bohnert:

Não deve apenas ser considerado o risco eminente de uma determinada atividade, mas sim os riscos futuros decorrentes de empreendimentos humanos. A respeito dos riscos é possível considerar que são “reais e irreais ao mesmo tempo. De um lado, existem ameaças e destruições que são já bem reais: a poluição ou a morte das águas, a desapareção de florestas, a existência de novas doenças, etc. Do outro lado, a verdadeira força social do argumento do risco reside justamente nos perigos de que se projetam para o futuro. Na sociedade do risco, o passado perde sua função determinante para o presente. É o futuro que vem substituí-lo e é, então, alguma coisa inexistente, de construído, que se torna a ‘causa’ da experiência e da ação no presente.” (BECK, 2001, *apud* MACHADO, 2004, p. 62). Em sendo assim, o princípio da precaução visa a continuidade da qualidade de vida para as futuras gerações, bem como para a natureza existente no planeta.<sup>325</sup>

---

<sup>325</sup> BOHNERT, Luciana neves. Princípio da Precaução no Direito Ambiental analisa a aplicação do Princípio da Precaução no Direito Ambiental, tendo em vista a melhor qualidade de vida para as presentes e futuras gerações. **Direitonet.com.br**, [s.l.], p. 1-3, 27, dez. 2007. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/3939/Principio-da-Precaucao-no-Direito-Ambiental>. Acesso em: 25 dez. 2019.

Uma visão completa do Estado, para que não sofra as consequências da omissão e nem haja com excesso diante da situação de risco ambiental deve abranger as possibilidades que o empreendimento trazer, e não apenas como o impacto ambiental vai acontecer naquele momento. O princípio da precaução traz o objetivo de primar pela preservação do meio ambiente em longo prazo e, portanto, uma análise de como o impacto ambiental vai acontecer ao longo das décadas, e como será realizada a manipulação dos resíduos gerados pelo empreendimento são fundamentais para que o Estado haja em prol da sociedade, pensando também nas futuras gerações.

### 3.7 CRITÉRIOS PARA A APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO MEIO AMBIENTE, NAS RELAÇÕES DE CONSUMO E NO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO

O princípio da precaução ambiental traz o entendimento de que é necessário haver um equilíbrio para embasar a sua utilização da forma correta, trazendo o amparo necessário ao meio ambiente com a prevenção de danos causados pela ação humana. A compreensão da figura da prevenção é importante especialmente quando se percebe que há uma responsabilidade civil que se insere tanto no teor da reparação quanto no que antecede o dano, agindo na iminência do risco em si. Os danos em potencial também geram uma responsabilização, que se torna cada vez mais primordial, já que as consequências não são vistas como danos fixos, mas como riscos que não se efetivaram em danos. A respeito desse tema, Machado falou:

A abordagem teórica, mais encontradiça, do tema “responsabilidade civil” tem focalizado somente os danos causados, deixando de tratar da potencialidade de causar o dano. Os danos causados ao meio ambiente encontram dificuldade de serem reparados. É a saúde do homem e a sobrevivência das espécies da fauna e da flora que indicam a necessidade de prevenir e evitar o dano. Posicionamento importante sobre responsabilidade passou a ter o instituto de direito internacional, em sua sessão de Estrasburgo, em 1997. Na comissão de n. 8 diversos temas sobre meio ambiente foram abordados. A responsabilidade em direito internacional nos casos de danos ao meio ambiente foi tratada em 32 artigos. O art. 13 tem a rubrica: “mecanismos preventivos ligados à responsabilidade” – sendo do seguinte teor: “os regimes em matéria de meio ambiente deverão estabelecer ligações apropriadas entre a função preventiva da responsabilidade e outros mecanismos preventivos, tais como a notificação e a consulta, a troca regular de informações e o emprego intenso das avaliações de impacto sobre o meio ambiente. Eles deverão igualmente tomar em consideração os princípios da

precaução, do poluidor-pagador e da responsabilidade comum, mas diferenciada.”<sup>326</sup>

A citação acima traz a importância de que há uma grande questão que se compreende diretamente na redução do impacto ambiental causado quando ele é percebido como risco e, assim, prevenido, com os danos ambientais consideravelmente reduzidos ou até mesmo anulados. A visão do princípio da precaução, e como deve ser aplicado, se encontra com a afirmação da existência dos direitos socioambientais, que caminham ao lado dos direitos fundamentais, e se firmam como uma terceira geração desses, com um raio de aplicação global, na medida em que os danos ambientais percebidos são também sentidos pela sociedade e não apenas por um indivíduo ou grupo.

A aplicação desses direitos socioambientais deve ocorrer de forma a esclarecer esses direitos como sendo comuns ao mundo todo, e com a necessidade de preservação da sua aplicação, conforme diz Wedy:

Denota-se, pois, a necessidade de solidariedade, traduzida na restrição de soberanias estatais, fato que se evidencia mediante o desenvolvimento do Direito Internacional e comum. Assim considerados, os direitos socioambientais podem ser visualizados sob a perspectiva jurídico-objetiva, em se considerando as posições jus fundamentais, a partir da doutrina de Jellinek.<sup>327</sup>

A doutrina de Jellinek citada por Wedy,<sup>328</sup> nos diz que os poderes públicos devem resguardar os direitos fundamentais intervindo para condicioná-los, garanti-los e restringi-los, quando houver a necessidade de salvaguarda dos valores e interesses comunitários, mas, respeitando o núcleo essencial e devendo ser concebidos pelo prisma da comunidade. O equilíbrio que deve ocorrer entre a intervenção estatal e o resguardo dos direitos fundamentais, que também agregam a necessidade de proteção ambiental, é atingido quando os princípios constitucionais são respeitados, e quando há uma proporcionalidade na aplicação dos meios de proteção ambiental pelo Estado.

---

<sup>326</sup> MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito ambiental brasileiro: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012. 21. ed. [s.l.]: Malheiros editores, 2014. 1302 p. (Vol. 1). Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MACHADO-Paulo-Affonso-Leme.-DIREITO-AMBIENTAL-BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2019.

<sup>327</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014, p. 29.

<sup>328</sup> Idem.

A administração pública deve ser preparada para que a adequação de suas ações seja baseada em um pensamento de proporcionalidade aliado à efetividade das decisões que levem em consideração a sociedade. Isso significa que a ação estatal deve sempre buscar a resolução que menos interfira sobre os direitos fundamentais dos indivíduos, traçando um planejamento de ação baseado na visão de cada situação e na intervenção menos danosa. O princípio da precaução deve ser aplicado de forma a se exercer sem excessos, buscando uma intervenção satisfatória, como corrobora Wedy<sup>329</sup>:

O princípio da precaução deve sempre observar o princípio da proporcionalidade e, obviamente, as cláusulas que dele são corolários. As vedações de excesso e de insuficiência devem estar sempre presentes no manejo do princípio da precaução pelo Estado em suas três funções: administrativa, judiciária e legislativa. Assim, o ato administrativo que deve visar sempre a um fim de interesse público não pode ser excessivo a ponto de mutilar direitos e destruir garantias constitucionais e nem insuficiente a ponto de nenhuma finalidade atingir e nenhum direito tutelar.

A visão que se busca estabelecer quando a proporcionalidade é estimada e tida como de grande importância na execução de um princípio de precaução é que não seja uma forma de restringir arbitrariamente as pessoas de buscarem desenvolvimento no âmbito econômico e social, mas que uma análise profunda das consequências de cada ato leve à conclusão de qual o impacto que as ações terão, e qual a medida mais correta de aplicação de uma restrição.<sup>330</sup>

Seguindo a reflexão de Wedy,<sup>331</sup> o magistrado, ao aplicar o princípio da precaução no litígio, não deve simplesmente tolher, de forma infundada, o progresso industrial privado sem evidências razoavelmente fundadas pela ciência que produtos causem danos à saúde do usuário. Apenas como exemplificação, não poderá o juiz proibir a utilização de telefones celulares por todos os cidadãos por mera suposição de radiação que cause danos à saúde, porque não há provas disso no campo eletromagnético. O autor acima mencionado, trouxe a relevante concepção de Streck no contexto da aplicação estatal da precaução:

Segundo Lenio Streck, “o Estado, depois de sua fase absenteísta, em que o Direito tinha uma função meramente ordenadora, pode/deve ser visto, hoje, como amigo dos direitos humanos –fundamentais. Afinal, é no Estado –mormente em países de modernidade tardia – que encontramos as possibilidades do resgate das promessas da modernidade. E é a partir da busca desse desiderato, previsto amplamente no texto compromissário e dirigente da Constituição, é que podem ser encontrados os limites do sentido

---

<sup>329</sup> Idem.

<sup>330</sup> WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014, p. 7.

<sup>331</sup> Idem.

e o sentido dos limites do Direito Penal, a partir do teorema da proporcionalidade que sustenta (essa) a sua (nova) função no Estado Democrático (e Social) de Direito, em dois pilares: a (ampla) possibilidade de sindicância de índole constitucional não somente das normas penais violadoras da proibição de excesso (Übermassverbot), como também das normas penais que violem o princípio da proporcionalidade por proteção deficiente (Untermassverbot)” (STRECK, Lenio. A dupla face do princípio da proporcionalidade: da proibição de excesso (übermassverbot) à proibição de proteção deficiente (untermassverbot) ou de como não há blindagem contra normas penais inconstitucionais.<sup>332</sup>

Compreende-se, pelas palavras de Streck,<sup>333</sup> que o posicionamento estatal deve sempre ocorrer como uma forma de se conferir efetividade sem excessos, em um regramento amparado constitucionalmente que traga soluções prévias aos danos ambientais, já que o meio ambiente encara uma crise ambiental em que a melhor solução é a prevenção de novos problemas para o correto manejo dos problemas.

A prevenção no sistema normativo vigente não é uma possibilidade suficiente em matéria de segurança e saúde do trabalhador nanotecnológico e, por isso, a precaução é o instrumento ligado aos riscos desconhecidos e futuros. Não há dúvidas de que o cenário de desenvolvimento das nanotecnologias tem por principal característica a incerteza de feitos e desdobramentos. No mundo, no meio ambiente do trabalho em particular, a situação do risco se agrava. Os trabalhadores são os primeiros destinatários dos efeitos das nanopartículas, tanto na produção, como na sua utilização. Em se tratando de novas tecnologias, a modernização e a industrialização acometem diretamente aqueles vinculados à sua produção, estando ligados à possibilidade de ocorrência de acidentes e doenças laborais.

Assim, o princípio da precaução pode ser definido como a obrigação de tomar medidas que venham evitar e impedir que os efeitos nocivos se concretizem, indagando sempre se existe relativo grau de perigo nas consequências da ação a ser iniciada. Nota-se claramente que a precaução se alinha com a ideia de mobilização contra os riscos casando perfeitamente com a pretensão de garantir a saúde e a segurança do trabalhador.

As relações de consumo exigem uma reavaliação. A sociedade de risco, junto ao Direito, institutos tradicionais da responsabilidade, não são mais capazes de impedir a ocorrência de danos e de ressarcir-los integralmente. É nesse contexto que a responsabilidade ganha caráter de objetividade e o nexos de causalidade e o dano ganham importância na intenção de reparação integral dos danos.

---

<sup>332</sup> Ibid., p. 11.

<sup>333</sup> STRECK, Lenio Luiz. **O que é isto:** decido conforme minha consciência? Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.

Contudo, quando nos referimos à nanotecnologia, para impedir que danos aconteçam, os mecanismos de prevenção ganham força para a aplicação do princípio da precaução. Tal princípio, nas relações de consumo, areja o sistema e cria uma atitude intelectual e moral, ou seja, as pessoas passam a perceber que evitar danos é sempre mais vantajoso ao liberal do que a simples reparação dos danos. Portanto, medidas de precaução devem ser tomadas para evitar a ocorrência de danos à saúde das pessoas tomando atitudes de tal sorte que o dano não venha a ocorrer.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito embora sem a pretensão de esgotar o debate, o presente estudo permitiu chegar a algumas importantes conclusões. As indústrias, em certa medida, e o mundo estão no período de alta-modernidade, solto de suas amarras da tradição e reivindicando conhecimento que tenha conotações diferentes em diversas ciências. Inerentemente, a globalidade e a modernidade são consequências desestabilizadoras quando combinam com o caráter reflexivo de um universo de eventos onde o risco e o acaso assumem uma nova faceta. Muitos dos fenômenos da pós-modernidade tornam-se esvaziados no conteúdo conforme a circularidade da modernidade se afirma. A modernidade está orientada para o futuro.

Em vista disso, o meio ambiente, fruto da era tecnológica, está submetido à degradação e à poluição, cabendo ao judiciário intervir no Direito privado com o fim específico de combater os danos oriundos da tecnologia, e o instituto da responsabilidade civil, atualmente, é uma das formas mais eficazes de intervenção e proteção do meio ambiente pelo Direito Ambiental. Contudo, o nexa causal dificulta a configuração do dano praticada pela tecnologia e de forma específica, pela nanotecnologia.

O estudo realizado foi pautado na visão da nanotecnologia em relação à responsabilidade civil e à aplicação do princípio da precaução como uma forma de auxílio para que a execução de projetos de nanotecnologia não trouxessem prejuízos para o desenvolvimento, e que preservasse o meio ambiente através de atitudes pautadas no pensamento da busca por soluções para os danos ambientais e para a prevenção da ocorrência de novos danos.

Nesse aspecto, esta pesquisa buscou investigar se a responsabilidade civil ambiental é o instrumento jurídico adequado para a verificação e para a proteção dos eventuais danos decorrentes da nanotecnologia, discutindo o alcance do instituto no enfrentamento social do problema. Para tanto, houve a necessidade, em um primeiro momento, de abordar a dogmática jurídica na responsabilidade civil, pois suas bases estruturais foram utilizadas pela responsabilidade civil ambiental. Entretanto, o objetivo primordial da responsabilidade civil está no ressarcimento da vítima trazendo como base a dignidade da pessoa humana e a solidariedade social. Salientamos que o nexa causal é um elemento indispensável para a caracterização da responsabilidade civil, embora seja difícil de identifica-lo quando o relacionamos à nanotecnologia.

A nanotecnologia tem como principal característica a capacidade de serem absorvidas pelas células e tecidos humanos, e não há real certeza de sua competência benéfica, como no

caso da fabricação de medicamentos ou se ela é prejudicial por se tratar de partículas tóxicas. Ocorre que não há conhecimento sólido sobre as propriedades físico-químicas das partículas nano, seu potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente, sua toxicidade ambiental ou mesmo sua toxicidade em relação ao trabalhador.

No entanto, as teorias trazidas pela responsabilidade civil ambiental foram criadas em um contexto de danos certos e imediatos, cujas bases estruturais se apoiam em padrões individuais de responsabilidade. Dessa forma, os danos aqui tratados são de difíceis mensurações e são contraditórios à lógica a sociedade de risco, pois sabe-se que as nanopartículas, por serem muito pequenas, não são de fácil manipulação ou mesmo de detecção no meio ambiente.

Quando se observa a estrutura de uma sociedade de risco, especialmente sobre o ponto de vista sociológico, e não meramente sob o temor do risco iminente de desastres naturais ou crimes ambientais, compreende-se que a estrutura proposta por Beck<sup>334</sup> carrega consigo elementos que podem ser modificados e levados a outras questões na medida em que a prevenção é uma alternativa viável e satisfatória para que a sociedade e a natureza não tenham que lutar contra as consequências negativas.

A nanotecnologia ocupa um lugar de destaque na tecnologia, na evolução industrial e no desenvolvimento socioeconômico da humanidade, já que está em constante transformação e buscando aprimorar o potencial de modificação com um olhar para as questões ambientais de forma a buscar a proteção junto com o desenvolvimento. A tecnologia que se relaciona com as partículas diminutas e moléculas busca se inserir no sistema já existente com um olhar centrado no essencial, para conseguir efetivar mudanças que a superfície não alcança.

O principal problema da sociedade do risco está na oportunidade de prognosticar o futuro com base no passado, especificamente, porque o Direito não comporta um ideal seguro para o futuro. A concepção do risco na nanotecnologia é o mecanismo de antecipação para evitar o acontecimento danoso e, a partir daí, afirmar seguramente o conhecimento do risco como futuro é fundamental na estrutura social e para o Direito, pois sua identificação antecipada desestrutura a dogmática tradicional do Direito. Na presente dissertação, precisamos focar na solução dos acontecimentos sociais importantes, pois as incertezas passam a integrar a tomada de decisão, levando em conta os riscos daquilo que se decide no presente e o que pode acarretar no futuro.

---

<sup>334</sup> BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

Diante desse cenário, ficou demonstrado que a nanotecnologia é fantástica em seus benefícios cumprindo seu papel nas mais diversas finalidades. Lado outro, não há na legislação pátria leis capazes de inibir os efeitos nocivos que essa tecnologia pode ou poderá ocasionar. Não obstante, trazemos a problemática da investigação sobre a nanotecnologia ser controlada, aplicando somente o princípio da precaução em conjunto com a responsabilidade civil ambiental, cabendo considerar, conforme investigado, que nem mesmo as hipóteses objetivas da responsabilidade civil são suficientes para conter os efeitos nocivos da nanotecnologia. O impacto dessa tecnologia está sendo tema de investigação, pois desafia a responsabilidade civil, que não está pronta para ampará-la e proteger suas vítimas. Cabe lembrar que o cerne do medo humano está naquilo que é desconhecido. E, quando falamos de nanotecnologia, cabe tão somente afirmar que existem.

Contudo a prática da regulação versa sobre o regime jurídico de atividade econômica desenvolvida nos mais diversos ambientes (inclusive o natural), no âmbito do Estado, do mercado e da sociedade, e revela-se no uso do poder de coação do Estado na disciplina e na limitação das decisões dos agentes econômicos, esses que se substituíram ao Estado na intervenção e operação, especialmente dos setores de infraestrutura de qualquer tipo, para garantir os investimentos necessários, para promover o bem-estar dos consumidores e usuários, tudo objetivando a aumentar a eficiência econômica.

De outro modo, a regulação pode ser um poderoso instrumento para intervir na repartição das responsabilidades e na prestação de contas, seja de matriz vertical ou horizontal, fato extremamente importante quando vinculado às questões ambientais. A importância de se estabelecer parâmetros de verificação da utilização de nanotecnologias é devido à existência de um risco iminente causado pela própria natureza dessa tecnologia, que não tem precisão e previsão exata dos efeitos da utilização de moléculas e estruturas tão diminutas. Assim, a problemática mora nas consequências incertas que vem junto com a instabilidade de conhecimento da exatidão de problemas que possam surgir.

A possibilidade de acúmulo de resíduos e, principalmente, sua toxicidade evidenciam e refletem a necessidade de que haja um sistema organizado que traga uma maneira mais centrada para a utilização do princípio da precaução, aliado à nanotecnologia, para que a maneira preventiva de agir dê origem à busca por mais proteção a quem está mais exposto às nanopartículas e ao meio ambiente que sofrerá com os resíduos sem seu correto descarte. A fim de atender uma sociedade evoluída e ao mesmo tempo sedenta de proteção jurídica, há o entendimento de uma releitura em relação à responsabilidade civil ambiental. O risco do

desenvolvimento e do não conhecido não pode servir de excludente para responsabilizar quem causou o dano.

No decorrer de toda a pesquisa, se observou que todas as teorias passam a ter a necessidade de uma legislação pátria para assegurar a proteção à vítima e ao meio ambiente, pois o sistema da responsabilidade civil se mostra insuficiente. Engelmann e Carvalho Góes propõem uma nova definição, qual seja:

Todo o fato que, por sua natureza ou desdobramentos, suscita a atuação do Direito para preservar o caráter humano envolvido, com vistas a valorizar a dignidade dos sujeitos envolvidos nas relações jurídicas estabelecidas, mas, sempre, com o objetivo primordial de estar sempre “a serviço” do “acontecer” dos direitos humanos.<sup>335</sup>

Diante das investigações realizadas, consideramos que o caminho, atualmente, até existir uma legislação competente, deve ser o interpretativo, que deve reduzir a complexidade causal, encontrando apoio na teoria das probabilidades que tem a teoria do risco como processo principal de decisão.

Todavia, é flagrante que a responsabilidade civil tem como objetivo principal a reparação do dano. Logo, na investigação apresentada, a nanotecnologia traz incertezas quanto aos danos e sobre se em algum momento poderão ocorrer. Não ocorrendo dano ou não estando na iminência de um dano, não será possível utilizar-se da responsabilidade civil no meio jurídico para buscar ressarcimento. Mesmo não havendo dano juridicamente aferível, a tecnologia nano traz riscos, que devem ser administrados com base no princípio da precaução.

Portanto, quando não é o caso de responsabilidade civil, faz-se necessário adotar outros mecanismos associados ao princípio da precaução. Nesse sentido, há o entendimento doutrinário de que o instrumento do abuso de direito poderia trazer resultados capazes de evidenciar que os limites a serem procurados em noções normativas transcendem o direito positivo. É necessário conceber formas socialmente justas de limitar o exercício de direitos subjetivos que criam riscos intoleráveis para os direitos de categorias de pessoas ou de toda a sociedade, ainda que não se tenha a comprovação de danos específicos ligados de maneira causal a agentes específicos.

Os direitos não podem ser absolutos, e é preciso desenvolver mecanismos que permitam impor limites de tolerabilidade para fins de proteção da dignidade do ser humano

---

<sup>335</sup> GÓES, Maurício de Carvalho; ENGELMANN, Wilson. **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado. Editora, 2015, p. 144.

em uma sociedade justa, livre e solidária.<sup>336</sup> O instituto possui um vasto campo, podendo ser aplicado em todas as áreas do Direito como instrumento de limitação do excesso no exercício dos direitos subjetivos, podendo ensejar “quaisquer outras medidas judiciais adequadas ao combate, à cessação ou limitação do abuso. Não é necessariamente a lesão comprovada para que se caracteriza o abuso de direito por parte do poluidor.”<sup>337</sup>

De certa forma, a nanotecnologia se destaca pelo conflito da exigência de responsabilidades sob o foco prospectivo, se desenvolvendo em torno da problemática de como podem distribuir, evitar, controlar e legitimar as consequências dos riscos provenientes do desenvolvimento e da produção de mercadorias e serviços, diferentemente do que ocorre com os perigos discerníveis, sem margem para dúvidas e que são mensuráveis. Em suma, certos riscos são imperceptíveis em um tempo imediato, pois, no futuro, podem ou não gerar danos às pessoas ou ao meio ambiente.

Assim, conclui-se que os riscos resultantes da nanotecnologia devem ser geridos, em todos os espaços decisórios, com base no princípio de precaução, sendo necessário desenvolver instrumentos jurídicos, técnicas e métodos para realizar essa tarefa com maior eficácia. Para isso, é longo o caminho a ser percorrido, no sentido da necessidade de desenvolver técnicas e métodos para a tomada de decisão, tanto no plano acadêmico quanto na prática das instâncias decisórias. O princípio da precaução pode ser utilizado tanto na esfera administrativa, com o desenvolvimento de métodos mais eficazes de gestão de riscos, quanto na esfera judicial.

É fato que o princípio de precaução já é utilizado na esfera judicial, no Brasil. Porém, isso ocorre sempre associado à responsabilidade civil, visando introduzir-se o princípio com a finalidade de flexibilizar a prova do dano e do nexo de causalidade. Entretanto, como este trabalho permitiu sustentar, a responsabilidade civil ambiental, embora importante na reparação de danos efetivos e comprováveis, não é o melhor instrumento para lidar com os riscos de impactos ambientais e sanitários de difícil identificação. Assim, faz-se necessário discutir a adoção de medidas precaucionais face aos riscos ambientais e sanitários decorrentes das nanotecnologias, discutindo soluções judiciais inovadoras para as situações em que o foco não é a reparação do dano, e sim a tolerabilidade do risco em si mesmo.

---

<sup>336</sup> SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável.** Caxias do Sul: Educs, 2014, p. 228.

<sup>337</sup> Ibid., p. 233.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, Virgínia García. El riesgo como construcción y la construcción social de riesgos. **Desacatos**, México, n. Centro de Investigaciones y Estudios en Antropología Social, Distrito Federal, 19, p. 11-24, set./dez., 2005.

AGUIAR DIAS, José de. **Cláusula de não indenizar**. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1976.

ALBUQUERQUE, Fernanda Cavalcanti de. O dano ambiental: o princípio da proporcionalidade se constitui em uma autêntica salvaguarda dos direitos individuais contra ações indevidas do poder público que violem a sua liberdade. **Conteudojuridico.com.br**, [s.l.], p. 1-2, 9 set. 2014. Disponível em: <https://www.conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/40868/o-dano-ambiental>. Acesso em: 24 dez. 2019.

ALMEIDA, L. T. **Instrumentos de Política Ambiental: debate internacional e questões para o Brasil**. Campinas, IE/Unicamp, (Dissertação de Mestrado). 1994, p. 55-57. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=2986659&pid=S0188-4557200900020001200002&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2986659&pid=S0188-4557200900020001200002&lng=es). Acesso em: 15 fev. 2020.

ALVES, Camila. Quais os Benefícios e Riscos da Nanotecnologia na Saúde? **Saudebusiness.com.br**, [s.l.], p. 1-3, 12 jun. 2014. Disponível em: <https://saudebusiness.com/hospital/quais-os-beneficios-e-riscos-da-nanotecnologia-na-saude/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

ANTUNES, Paulo Bessa. **Dano Ambiental: uma abordagem conceitual**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2002.

ATHIAS, Jorge Alex Nunes. **Responsabilidade civil e meio ambiente: breve panorama do direito brasileiro**. In: BENJAMIN, Antônio Herman V. (Coord.). **Dano Ambiental: prevenção, reparação e repressão**. São Paulo, 1993. (Vol. 2).

BAHIA, Carolina Medeiros. Juridicidade da causalidade ambiental. In: LEITE, José Rubens Morato (Coord.). **Manual de Direito Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2015.

BARRETO, Vicente de Paulo. O “admirável mundo novo” e a teoria da responsabilidade. In: TEPEDINO, Gustavo; FACHIN, Luiz Edson (Coords.). **O direito e o tempo: embates jurídicos e utopias contemporâneas**. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

BARROS, Rosa Maria da Silva. **Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos: riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente**. Orientador: William Waissmann. 2011. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

BASTOS, Ricardo Martins de Paiva. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. 35 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2006. Disponível em:

[https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006\\_1\\_Ricardo.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/c5xbb462558ebza/2006_1_Ricardo.pdf?dl=0). Acesso em: 12 jan. 2020.

BATISTA, Rodrigo Siqueira *et al.* Nanotecnologia e Ensino de Ciências à Luz do Enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. **Revista Ciências&Ideias, Rio de Janeiro**, v. 1, n. 1, out./mar. 2009-2010, p. 82. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/27-442-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BECK, Ulrich. **La sociedade del Riesgo Global**. Madrid: Siglo Vientiuno, 2002.

BECK, Ulrich. A Reinvenção da Política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. *In*: GIDDENS, Anthony; BECK, Ulrich; LASH, Scott. **Modernização Reflexiva**. São Paulo: UNESP, 1995.

BECK, Ulrich. **La Sociedad del riesgo**. Hacia una nueva modernidad. Barcelona: Paidós, 1998.

BECK, Ulrich. **Liberdade ou capitalismo**: Ulrich Beck conversa com Johannes Willms. Tradução de Luiz Antônio Oliveira de Araújo. São Paulo: UNESP, 2003.

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

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

BENJAMIN, Antônio Herman V. **Responsabilidade civil pelo dano ambiental**. São Paulo: Revista de Direito Ambiental, 1998.

BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcellos. **O impacto ambiental**, [s.l.], p. 1-47, [s.d.]. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/79069093.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

BERGER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e governança dos riscos das nanotecnologias**. Belo Horizonte: Arraes Editores, 2018.

BITTAR, Carlos Alberto. **Responsabilidade civil**: teoria e prática. 2. Ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990.

BOBBIO, Norberto. **A era dos Direitos**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BODIN DE MORAES, Maria Celina. **Na medida da pessoa humana**: estudos de direito civil. Rio de Janeiro: Renovar, 2010.

BOHNERT, Luciana neves. Princípio da Precaução no Direito Ambiental analisa a aplicação do Princípio da Precaução no Direito Ambiental, tendo em vista a melhor qualidade de vida para as presentes e futuras gerações. **Direitonet.com.br**, [s.l.], p. 1-3, 27 dez. 2007. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/3939/Principio-da-Precaucao-no-Direito-Ambiental>. Acesso em: 25 dez. 2019.

BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, **Política Nacional do meio ambiente**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 14 dez. 2018.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CEM UMAD), realizada em 1992. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>. Acesso em: 5 jan. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Princípio da Precaução: O princípio da precaução foi formulado pelos gregos e significa ter cuidado e estar ciente. Precaução relaciona-se com a associação respeitosa e funcional do homem com a natureza. Trata das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas. Precaução é um dos princípios que guia as atividades humanas e incorpora parte de outros conceitos como justiça, equidade, respeito, senso comum e prevenção. [s.l.], p. 1-2, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 24 dez. 2019.

BRITO, Edivaldo. Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro. **Techtudo.com.br**, [s.l.], p. 1-2, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

CANARIS, Claus-Wilhelm. **Pensamento sistemático e conceito de Sistema na ciência do Direito**. Introdução e tradução de Antônio Meneses Cordeiro. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

CANOTILHO, J. J. Gomes. **Direito constitucional e teoria da constituição**, 3. ed. Coimbra: Almedina, 1999.

CARMO, Wagner. A sociedade de risco. **Empório do direito**, [s.l.], p. 1-3, 23 set. 2018. Disponível em: <https://emporiiododireito.com.br/leitura/a-sociedade-de-risco>. Acesso em: 24 dez. 2019.

CARVALHO, Délton Winter de. **Desastres ambientais e sua regulação jurídica**: deveres de prevenção, resposta e compensação ambiental. Porto Alegre: Revista dos Tribunais. 2015.

CARVALHO, Sonia Aparecida de; SOBRINHO, Liton Lanes Pilau; ZIBETTI, Fabiola Wust. Globalização e Riscos Ambientais e Ecológicos: consequências da Sociedade Moderna. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v. 12, n. 3, 3º quadrimestre de 2017. Disponível em: [www.univali.br/direitopolitica](http://www.univali.br/direitopolitica). Acesso em: 24 dez. 2019.

CARVALHO, Talita de. A origem do sistema capitalista. **Politize**, [s.l.], p. 1-5, 5 dez. 2018. Disponível em: <https://www.politize.com.br/sistema-capitalista-origem/>. Acesso em: 24 dez. 2019.

CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de responsabilidade civil**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Programa de Responsabilidade Civil**. 2. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2000.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 25 dez. 2019.

COSTA NETO, Nicolau Dino de Castro e. **Proteção jurídica do meio ambiente**: I- Floresta. Belo Horizonte: El Rey, 2003.

CUSTÓDIO, Helita Barreira. **Responsabilidade civil por danos ao meio ambiente**. Tese (livre-docência). São Paulo: Faculdade de Direito da USP, 1983.

CRAMER, J.; Zegveld, W. C. L. The Future Role of Technology in Environment Management. **Future**, Holanda, v. 23, n. 5, p. 465, 1991, p. 466. Disponível em: [http://https://doi.org/10.1016/0016-3287\(91\)90095-J](http://https://doi.org/10.1016/0016-3287(91)90095-J). Acessado em: 15 fev. 2020.

CRUZ, Gisela Sampaio da. **O problema do nexo causal na responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Renovar, 2005.

CHERMONT, Leane Barros Fiuza de Mello. **A responsabilidade civil por dano ao meio ambiente**. Belém: Paka-Tatu, 2003.

DAVID, Ana Paula Sawaya Pereira do Vale B. O surgimento do risco na sociedade contemporânea: a necessidade do pensamento complexo. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 23, n. 5507, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/65200>. Acesso em: 25 dez. 2019.

**Declaração do Rio**. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio ambiente e o Desenvolvimento (CEM UMAD), realizada no **Rio de Janeiro** de 3 a 14 de junho de **1992**. Declaração do Rio 92. Disponível em: [http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Declaracao\\_Rio\\_Meio\\_Ambient\\_e\\_Desenvolvimento.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Declaracao_Rio_Meio_Ambient_e_Desenvolvimento.pdf). Acesso em: 10 jul. 19.

DIAS, José de Aguiar. **Da responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Forense, 1944.

DOUGLAS, Mary; WILDAVSKY, Aaron. **Risco e cultura**: um ensaio sobre a seleção de riscos tecnológicos e ambientais. 2. ed. Tradução de Cristiana de Assis Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/karl\\_marx/](https://www.ebiografia.com/karl_marx/). Acesso em: 13 jan. 2020.

EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/emile\\_durkheim/](https://www.ebiografia.com/emile_durkheim/). Acesso em: 13 jan. 2020.

EBIOGRAFIA. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/max\\_weber/](https://www.ebiografia.com/max_weber/). Acesso em: 13 jan.

2020).

EDISCIPLINA.USP. Disponível em:  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod\\_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/170812/mod_resource/content/1/A1-No%C3%A7%C3%B5es-Hist%C3%B3rico-Fun%C3%A7%C3%B5es-Responsabilidade%20Civil.pdf). Acesso em: 24 dez. 2019.

ENGISCH, Karl. **Introdução ao pensamento jurídico**. 7. ed. Tradução de J. Batista Machado. Lisboa: Fundação Calouse Gulbenkian, 1996.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; FROHLICH, Afonso. Das nanotecnologias aos nanocosméticos: conhecendo as novidades na escala manométrica. *In*: ENGELMANN, Wilson. **Nanocosméticos e o Direito à Informação**. Erechim: Devian, 2015, p. 15-76.

FARIAS, Paulo José Leite. **Competência federativa e proteção ambiental**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1999.

FARIAS, Edinete Maria de. **Nanotecnologia e meio ambiente: um levantamento sobre os riscos e benefícios dessa nova tecnologia em um contexto atual**. 2011. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2011.

FERREIRA, Henrique Felipe. **Fundamentos da responsabilidade civil: dano injusto e ato ilícito**. São Paulo: Revista de Direito Privado, 2000.

GARCÍA-TORNEL, F. C. **Sociedades y territorios en riesgo**. Ediciones del Serbal, Barcelona, 2001.

GARÍ, M. **Nano amizades perigosas**. 2010. Disponível em:  
<https://outrapolitica.wordpress.com/2010/05/15/nano-amizades-perigosas>. Acesso em: dez. 2018.

GAZETA DO POVO. O que é o princípio da proporcionalidade: O princípio da proporcionalidade se constitui em uma autêntica salvaguarda dos direitos individuais contra ações indevidas do poder público que violem a sua liberdade. p. 1-2, 29, abr. 2017. Disponível em: Leia mais em: <https://www.gazetadopovo.com.br/opinia/nossas-convicoes/o-que-e-o-principio-da-proporcionalidade-897jvub4stvy051arbqws702c/>. Acesso em: 24 dez. 2019.

GÓES, Maurício de Carvalho. ENGELMANN, Wilson **Direito das nanotecnologias e o meio ambiente do trabalho**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, Editora 2015.

GOLDIM, José Roberto. O Princípio da Precaução: Institut Servier. La prévention et la protection dans la société du risque: le principe de précaution. Amsterdam: Elsevier, 2001, p. 15-16 e 23-34. UFRGS, [s.l.], p. 1-2, 11 abr. 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/bioetica/precau.htm>. Acesso em: 24 dez. 2019

GOMES, Claudino; ENGLEMANN, Wilson. Nanotecnologia e a vulnerabilidade dos trabalhadores em seu ambiente laborativo: os desafios gerados pela in (existencia) de normas

protetivas trabalhistas. **Revista de Direitos Fundamentais nas Relações do Trabalho, Sociais e Empresariais.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330972477\\_](https://www.researchgate.net/publication/330972477_). Acesso em: 14 mar. 2020.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de Águas:** disciplina jurídica das águas doces. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

GUIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade.** Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rodrigo; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília:** 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 ago. 2019.

IANNI, Octavio. A sociologia e o mundo moderno. **Tempo Social; Rev. Sociol. USP,** São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-27, 1º sem. 1989.

International Labour Organization (ILT). **Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en ransformación.** 2010. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_124341.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf). Acesso em: 14 mar. 2020.

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

JURISWAY. Quais são as pessoas jurídicas de Direto Público e Direito Privado? Perguntas e respostas sobre Introdução ao Estudo do Direito: Introdução ao Estudo do Direito. [s.l.], p. 1, [s.d.]. Disponível em: <https://www.jurisway.org.br/v2/pergunta.asp?idmodelo=6412>. Acesso em: 24 dez. 2019.

KISS, Alexandre; SHELTON, Dinah. **Guide to international environmetal law.** Leiden/Boston: Martinus Hijhoff Publishers, 2007, p. 107.

KOHLER, Graziela de Oliveira. **Responsabilidade civil ambiental e estruturas causais:** o problema do nexos causal para o dever de reparar. Curitiba: Juruá, 2011.

LANFREDI, Geraldo Ferreira. **Política ambiental:** busca de efetividade de seus instrumentos. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002.

LEITE, José Rubens Morato. **Dano Ambiental:** do individual ao coletivo extrapatrimonial. São Paulo: RT, 2000.

LEITE, José Rubens Morato.; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na Sociedade de Risco.** 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.

LEITE, José Rubens Morato; CAETANO, Matheus Almeida. **A Responsabilidade Civil por Danos Ambientais na Sociedade de Risco: um Direito Reflexivo frente as Gerações de Problemas Ambientais**. São Paulo: Atlas, 2013.

LIMA, Alvino. **Culpa e Risco**. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1998.

LENZ E SILVA, Guilherme Frederico Bernardo. **Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Escola de Engenharia da UFMG. 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/ea000445.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

LEVI-FOUR, L.; COMANESHTER, H. The Risks of Regulation and the Regulation of Risks: The Governance of Nanotechnology. *In*: HODGE, G.; BOWMAN, D.; LUDLOW, K. (Orgs.). **New Global Regulatory Frontiers in Regulation: the Age of Nanotechnology**, Australia, v. 149, n. 155, set./nov., 2007.

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

LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. Guadalajara: Universidad Iberoamericana de Guadalajara, 1992.

MACEDO, Roberto F de. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade: Os atentados ao redor do mundo que culminaram com o 13 de novembro de Paris. O desastre ambiental em Mariana (MG). A obra de Ulrich Beck previu o que estava por vir. **Jusbrasil**, [s.l.], p. 1-4, [s.d.]. Disponível em: <https://ferreiramacedo.jusbrasil.com.br/artigos/160037557/sociedade-de-risco-rumo-a-uma-outra-modernidade>. Acesso em: 24 dez. 2019.

MACHADO, Augusto Seibel. **A questão das embalagens e sua relação com a sustentabilidade**. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado em artes e design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13110/13110_1.PDF). Acesso em: 20 dez. 2019.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012. 21. ed. rev. atual. e aum. [s.l.]: Malheiros editores, 2014. 1302 p. v. 1. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/05/MACHADO-Paulo-Affonso-Leme.-DIREITO-AMBIENTAL-BRASILEIRO.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2019.

MARTINS, Paulo Roberto *et al.* Nanotecnologias na indústria de alimentos. **Pucsp**, [s.l.], p. 1-15, 2007. Disponível em: [https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eitt/vi\\_ciclo\\_paulomartins\\_marisabarbosa\\_nano\\_puc.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eitt/vi_ciclo_paulomartins_marisabarbosa_nano_puc.pdf). Acesso em: 13 jan. 2020.

MAYNARD, Andrew. **Nanotechnology and occupational health**. Disponível em: [http://es.epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard\\_06\\_13\\_05\\_presentation.pdf](http://es.epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard_06_13_05_presentation.pdf). Acesso em: 14 mar. 2020.

MAZEAUD, Henry; MAZEAUD, Léon; TUNC, André. **Tratado teórico Y práctico de la responsabilidad civil delictual y contractual**. 5. ed. Tradução de Luís Alcalá-Zamora y Castilhos. Buenos Aires: Jurídicas Europa- América, 1961. (Tomo Primeiro, Vol. I).

MENDES, José Manuel. **Ulrich Beck: a imanência do social e a sociedade do risco**. Scielo Portugal, Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra, p. 1-2, 1 mar. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0003-25732015000100012](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0003-25732015000100012). Acesso em: 13 jan. 2020.

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário**. 4. ed. São Paulo: RT, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, [s.l.], p. 1-2, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/item/7512>. Acesso em: 24 dez. 2019.

MONTEIRO, António Pinto. **Cláusulas limitativas e de exclusão de responsabilidade civil**. Coimbra: Almedina, 2003.

MONTENEGRO, Magda. **Meio Ambiente e responsabilidade civil**. São Paulo: IOB Thomson, 2005.

NALINI, José Renato. **Ética ambiental**. 2. ed. Campinas: Millenium, 2003.

Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, report by The Royal Society Academy of Engineering 2004. Disponível em: <http://www.nanotec.org.uk/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). **Source of information about nanotechnology products**. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

NERY JUNIOR, Nelson; NERY, Rosa Maria de Andrade. Responsabilidade Civil, meio ambiente e ação coletiva ambiental. *In*: BENJAMIN, Antônio Herman V. (Coord.). **Dano Ambiental: prevenção, reparação e repressão**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993.

NOLASCO, Loreci Gottschlk; SANTOS, Nivaldo dos. Avanços nanotecnológicos e os desafios regulamentares. **Revista Faculdade Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 71, p. 375-420, jul./dez. 2017.

OECD. **Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology**. Disponível em: <http://www.oecd.org/>. Acesso em: 10 dez. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Disponível em: [www.http://www.nacoesunidas.org/agencia/oem\\_umeioambiente/](http://www.nacoesunidas.org/agencia/oem_umeioambiente/). Acesso em: 9 ago. 2019.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT) **Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación**. Ginebra, 2010. Disponível em:

[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_124341.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_124341.pdf). Acesso em: dez. 2018.

OST, François. **A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

OST, François. **Le temps du droit**. Paris: Editions Odile Jacob, 1999.

OST, François. **O tempo do direito**. Tradução de Élcio Fernandes. Bauru: Edusc, 2005.

PASCHOAL, Sandra Regina Remondi Introcaso; VIEIRA JUNIOR, Fernando Amorelli. **Teoria do risco abstrato como instrumento eficaz para garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado**. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XIII, n. 75, abr. 2010. Disponível em: [http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=7344](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7344). Acesso em: 20 dez. 2018.

PASSOS, José Joaquim Calmon de. O imoral nas indenizações por dano moral. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 7, n. 57, jul. 2002.

PENSAMENTO VERDE. Entenda a diferença entre o impacto ambiental positivo e negativo. [s.l.], p. 1-3, 26 maio 2014. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/entenda-diferenca-entre-o-impacto-ambiental-positivo-e-negativo/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Forense, 1998.

QUINA, F. H. Nanotecnologia e o Meio Ambiente: perspectivas e riscos. **Quím. Nova**, v. 27, n. 6, p. 1028-1029, nov./dez. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600031>. Acessado em: 15 fev. 2020.

RAMOS, Vanderlei. Responsabilidade civil no Direito brasileiro: pressupostos e espécies: o objetivo da Responsabilidade Civil é reparar o dano causado que tenha levado a diminuição do bem jurídico da vítima, sendo que sem dano não há reparação, só podendo existir a obrigação de indenização quando existir dano, que pode ser de ordem material ou imaterial. **Direitonet**, [s.l.], p. 1-5, 2 nov. 2014. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/8754/Responsabilidade-civil-no-Direito-brasileiro-pressupostos-e-especies>. Acesso em: 24 dez. 2019.

RAVETZ, Jerome R. Public Perceptions of Acceptable Risks as Evidence of Their Cognitive, Technical and Social Structure. **Tecnological Risks: its pand handling in the European Community**. 1980. p. 46-47. Disponível em: <http://liacs.leidenuniv.nl/assets/PDF/TechRep/tr91-21.pdf>, acesso em: 24 dez 2019.

RESPOSTAS BÍBLICAS. Disponível em: <https://www.respostas.com.br/olho-por-olho/>. Acesso em: 24 dez. 2019).

RESUMO ESCOLAR. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/historia/lei-das-doze-tabuas/>. Acesso em: 24 dez. 2019.

Revista Cad. Iber Amer. Direito. Sanit., Brasília, v. 2, n. 2, jul./dez. 2013. Anais dos III Congresso Iberoamericano de Direito Sanitário / II Congresso Brasileiro de Direito Sanitário. Disponível em: <https://www.cadernos.prodisa.fiocruz.br/index.php/cadernos/article/view/114>. Acesso em: 15 fev. 2020.

Revista Scientific American Brasil. Nastari Editores. Disponível em: <https://sciam.uol.com.br/cientistas-eliminam-hiv-de-celulas-de-animais-vivos-pela-primeira-vez>. Acesso em: 14 mar. 2020.

REVISTA RIL Brasília: 21ª edição, revista, ampliada e atualizada, de acordo com as Leis 12.651, de 25.5.2012 e 12.727, de 17.10.2012 e com o Decreto 7.830, de 17.10.2012, Brasília, ano 53, v. 209, ed. 209, p. 151-172, 2016. Disponível em: [https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril\\_v53\\_n209\\_p151.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/53/209/ril_v53_n209_p151.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Eds.). **Converging technologies for improving Human Performance**, NSF-DOC Report, junho 2002, Virginia; based on National Science Foundation (NSF) workshop in December 2001. Springer (formerly Kluwer): Dordrecht, 2003.

RODRIGUES, Marcelo Abellha. **Instituições de Direito Ambiental**. São Paulo: Max Limonad, 2002, p. 224.

RODRIGUES, Ana. O Estudo de Impacto Ambiental. **Jurisway**, [s.l.], p. 1-26, 26 maio 2014. Disponível em: [https://www.jurisway.org.br/v2/cursoonline.asp?id\\_curso=1026&id\\_titulo=12170&pagina=19](https://www.jurisway.org.br/v2/cursoonline.asp?id_curso=1026&id_titulo=12170&pagina=19). Acesso em: 13 jan. 2020.

ROMERO, A.; SALLES, F. S. Dinâmica de Inovações sob Restrições Ambientais. I Seminário de Economia do Meio Ambiente do Instituto de Economia da Unicamp, Campinas, 1995, p. 10. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-4557200900020001200013&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2986670&pid=S0188-4557200900020001200013&lng=es). Acesso em: 15 fev. 2020.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER. **Princípios do direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

SANSEVERINO, Paulo de Tarso Vieira. **Princípio da reparação integral: indenização no Código Civil**. São Paulo: Saraiva, 2010.

SENADO. Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. [s.l.], p. 1. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobr>.

SENDIM, José de Souza Cunhal. **Responsabilidade Civil por danos ecológicos: da reparação dos danos através da restauração natural**. UEM: Coimbra Editora, 1998.

SIQUEIRA, Giselle; SILVA, Priscilla Monique da. Teoria do risco aplicada à responsabilidade civil do Estado: risco administrativo ou integral: perguntas e respostas sobre

Introdução ao Estudo do Direito: introdução ao Estudo do Direito. **Jus.com.br**, [s.l.], p. 1-5, 1 nov. 2017. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/62476/teoria-do-risco-aplicada-a-responsabilidade-civil-do-Estado-risco-administrativo-ou-integral>. Acesso em: 24 dez. 2019.

SILVA, Thamires Olimpia. **O que é impacto ambiental?** *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-impacto-ambiental.htm>. Acesso em: 14 jan. 2020.

SILVA, Antônio Braga da; FARIAS, Paulo José Leite. O meio ambiente do trabalho como nova diretriz constitucional da tutela ambiental: o contraste entre o ideal constitucional e a realidade brasileira. **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 144-174, abr. 2017, p. 154-156. Disponível em: [http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao\\_e\\_divulgacao/doc\\_biblioteca/bibli\\_servicos\\_produtos/bibli\\_informativo/bibli\\_inf\\_2006/Rev-Dir-Pub\\_v.12\\_n.1.05.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-Dir-Pub_v.12_n.1.05.pdf). Acesso em: 19 fev. 2020.

SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. **Risco ecológico abusivo: a tutela do patrimônio ambiental nos Processos Coletivos em face do risco socialmente intolerável**. Caxias do Sul: Educs, 2014.

SILVEIRA, Sandra Maria Batista; FOLADORI, Guillermo. **Acta Scientiarum. Humam and Social Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 153-161, jul./dec., 2016. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/viewFile/32668/pdf>. Acesso em: 2 jan. 2019, p. 154.

SOARES, Vilhena. Plástico: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%: O uso do material revolucionou a indústria, mas também gerou acúmulo de lixo. **Correio brasileiro**, [s.l.], p. 1-4, 27 jul. 2017. Disponível em: [https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna\\_ciencia\\_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml](https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml). Acesso em: 24 dez. 2019.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade Civil Ambiental: as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro**. 3. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2017.

STOCCO, Rui. **Responsabilidade civil e sua interpretação jurisprudencial: doutrina e jurisprudência**. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1997.

STRECK, Lenio Luiz. **O que é isto: decido conforme minha consciência?** Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.

THIBIERGE, Catherine. Libres porpôs sur l'évolution du droit de la responsabilité. **Revue Trimestrielle de Droit Civil**, Paris, v. 98, n. 3, anual 1999.

TEPEDINO, Gustavo. **O direito-civil constitucional e suas perspectivas atuais**. In: Carlos Eduardo Pianovski Ruzyk; Eduardo Nunes de Souza; Joyceane Bezerra de Menezes; Marcos Ehrhardt Junior (Org.). **Temas de Direito Civil**. Rio de Janeiro: Renovar, 2009.

UNIVR.EDU.BE. Disponível em: <http://www.univr.edu.br/conteudos/fckfiles/files/8%20-%20IMPORT%C3%82NCIA%20HIST%C3%93RICA%20E%20AS%20PRINCIPAIS%20CARACTER%C3%8DSTICAS%20DOS%20C%C3%93DIGOS%20DE%20HAMURABI%20>

E%20DE%20MANU(1).pdf. Acesso em: 24 dez. 2019).

VILANOVA, Lourival. **Causalidade e Relação no Direito**. Recife: OAB, 1985.

WEDY, Gabriel. O princípio da precaução e a responsabilidade civil do Estado. **Revista da AJURIS**, [s.l.], v. 41, ed. 134, junho 2014.

WEDY, GABRIEL. **O princípio da precaução**: como instrumento de tutela do meio ambiente e da saúde pública. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2017.